



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y
TECNOLOGÍA

TEMA:

Módulo Didáctico del Turbocompresor de Geometría
Variable del Motor Mazda BT50 WLC 2.5 CRDI

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en
Mantenimiento Automotriz.

AUTOR:

ORTIZ HERNÁNDEZ ALEX RAÚL

DIRECTOR:

EDGAR MENA

IBARRA 2013

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como director de la tesis del siguiente tema “ELABORACION DE UN MÓDULO DIDÀCTICO PARA LA ENSEÑANZA, ACERCA DEL TURBOCOMPRESOR DE GEOOMETRÍA VARIABLE DEL MOTOR MAZDA BT50 WLC 2.5 CRDI” Trabajo realizado por el señor egresado: Ortiz Hernández Alex Raúl, previo a la obtención del Título de Ingeniero en la especialidad de Mantenimiento Automotriz.

A ser testigo presencial, y corresponsable directo al desarrollo del presente trabajo de investigación, que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puedo certificar por ser justo y legal.

Ing. Edgar Mena

Director de Tesis

DEDICATORIA.

A mis padres por su apoyo en todo mi proceso de formación como ingeniero, quienes me enseñaron siempre a luchar por mis objetivos, a mi abuelito Agustín (+) por sus palabras de aliento siempre oportunas.

A mis hermanos, y amigos por siempre estar en los momentos más difíciles de la carrera.

ORTIZ HERNÁNDEZ ALEX RAÚL

AGRADECIMIENTO

A Dios, por enseñarme la humildad, la paciencia y darme aliento cada día.

A la Universidad Técnica del Norte, templo del saber quién nos acogió en sus aulas para formar parte de este proceso de nuestra formación ética y profesional, como también a su personal docente de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología.

Al Ing. Edgar Mena, por su constante labor en dirigir este proyecto desde el inicio, su gran colaboración y empeño como tutor del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

Aceptación del Tutor.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de gráficos.....	vi
Índice de tablas.....	xiii
Resumen.....	14
Summary.....	15
Introducción.....	16
Capítulo I.....	18
1.Contextualización del problema.....	18
1.1 Antecedentes.....	18
1.2 Planteamiento del Problema.....	19
1.3 Formulación del problema.....	20
1.4 Delimitación del Problema.....	20
1.4.1 Unidades de Observación.....	20
1.4.1.1 Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.....	20
1.4.1.2 Alimentación de los Motores Ciclo Diésel (MEC)	20
1.4.1.3 Ventajas de los motores sobrealimentados.....	20

1.4.2 Espacial.....	20
1.4.2.1 Temporal.....	20
1.5 Justificación.....	20
1.5.1 Objetivo.....	21
1.5.2 Objetivo general.....	21
1.5.3 Objetivos específicos.....	21
Capítulo II.....	22
2. Marco teórico.....	22
2.1 Módulo pedagógico instruccional.....	22
2.2 El bosquejo instruccional.....	23
2.3 Fundamentación Teórica.....	23
2.3.1 Funcionamiento del turbo compresor.....	25
2.4 Turbo compresor de Geometría Variable (TGV).....	27
2.4.1 Funcionamiento del turbo compresor TGV.....	31
2.4.2 Gestión electrónica de la presión del turbo TGV.....	39
2.4.3 Intercooler.....	42
2.5 Posicionamiento teórico personal.....	43
2.6. Glosario Técnico.....	43

2.7 Interrogantes de la investigación.....	45
2.8 Matriz Categorial.....	46
Capítulo III.....	47
3 Metodología.....	47
3.1 Diseño de la investigación.....	47
3.2 Procedimiento de la investigación.....	48
3.2.1 Tipo de investigación.....	48
3.2.2 Documental.....	48
3.2.3 Práctica.....	48
3.3 Métodos.....	49
3.3.1 Inductivo.....	49
3.3.2 Deductivo.....	49
3.3.3 Tecnológico.....	49
Capítulo IV.....	50
Presiones del turbocompresor convencional.....	51
Presiones del turbo de geometría variable.....	51
Capítulo V.....	54
6.2. Conclusiones y recomendaciones.....	54

6.2.1. Conclusiones.....	54
6.2.2. Recomendaciones.....	55
Capítulo VI.....	56
6 Propuesta alternativa.....	56
6.1 Título de la propuesta.....	56
6.2 Justificación e importancia.....	56
6.3 Fundamentación Tecnológica.....	58
6.4 Objetivos.....	58
6.4.1 Objetivo general de la propuesta.....	58
6.4.2 Objetivos específicos.....	57
6.5 Ubicación sectorial y física.....	57
6.6 Desarrollo de la propuesta.....	58
Unidad 1.....	60
Turbocompresor de geometría variable del motor Mazda BT50 Diésel.....	60
Características.....	61
Componentes.....	62
La rueda del compresor.....	63
La Rueda de Turbina.....	64

Eje de la turbina.....	65
Plato/corona.....	65
Alabes.....	65
Cápsula neumática.....	66
Vástago o varilla.....	67
Cámara de la presión del turbo.....	67
Funcionamiento del Turbocompresor de Geometría Variable.....	69
Válvula electrónica de accionamiento de la presión del turbo.....	70
Beneficios del Turbocompresor de Geometría Variable (TGV).....	71
Temperatura en el Turbocompresor.....	72
Intercooler.....	73
El engrase del turbo.....	74
 UNIDAD 2.....	 76
Ventajas de la sobrealimentación del Motor.....	76
Ventajas de la Turbo Alimentación.....	78
Incremento de la relación potencia-peso.....	78
Reducción del ruido del motor.....	78
Economía de combustible.....	78

Reducción de humos.....	78
Inconvenientes.....	78
Comparación de la sobrealimentación.....	79
Mantenimiento del turbocompresor.....	79
Lubricantes.....	83
IMPACTOS.....	86
6.7.1 Impacto Social.....	86
6.7.2. Impacto Educativo.....	86
6.7.3. Impacto Tecnológico.....	86
6.8 Socialización.....	87
Bibliografía.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig1. Sección de un turbocompresor y turbocompresor completo.....	24
Fig2. Funcionamiento del turbocompresor.....	26
Fig3. Circulación de gases de admisión refrigerados.....	28
Fig4. Sección de un turbo de geometría variable.....	28
Fig5. Sección real de un turbo de Geometría variable.....	29
Fig6. Motor Mazda BT50 Diésel.....	30

Fig7. Sistema de mando de la geometría variable.....	31
Fig8. Esquema electrónico de funcionamiento.....	32
Fig9 Funcionamiento de la Geometría variable según las rpm del motor.....	34
Fi10. Variación de los alabes según el régimen del motor.....	34
Fig11. Distintas posiciones que adoptan los álabes.....	35
Fig12. Control de la presión del turbocompresor de TGV.....	37
Fig13. Electroválvulas de control.....	39
Fig14. Intercooler.....	40
Fig15. Turbocompresor Tgv Mazda BT50 Diésel.....	42
Fig16. Turbocompresor Mazda BT50 Diésel.....	60
Fig17. Motor Mazda BT50 equipado con equipado con turbo TGV.....	61
Fi18. Alabes móviles y corona del turbo de geometría variable.....	62
Fig19. Rueda del compresor del turbo de geometría variable.....	63
Fig.20 Rueda de turbina del turbocompresor de geometría variable.....	64
Fig21. Eje de la turbina del compresor.....	65
Fig23. Alabes móviles y corona del turbocompresor.....	65
Fig24. Cápsula neumática del turbocompresor de geometría variable.....	66
Fig. 25. Vástago o varilla de accionamiento.....	67

Fig.26. Cámara de presión del turbo de geometría variable.....	68
Fig.27 Partes de un turbocompresor.....	68
Fig.28. Funcionamiento según las rpm.....	70
Fig.29. Control de la presión del turbo del Motor Mazda BT50 Diésel.....	71
Fig.30. Temperatura de un turbocompresor.....	72
Fig.31. Intercooler del Motor Mazda BT50 Diésel.....	74
Fig.32. Circuito de engrase de un motor TDI con turbocompresor.....	75
Fig.33. Motor Mazda BT50 sobrealimentado.....	76
Fig.34. Mantenimiento del turbocompresor.....	82
Fig.35. Motor Mazda BT50 Diésel.....	92
Fig.36. Motor Mazda BT50 Diésel vista superior.....	93
Fig.37. Motor Mazda BT50 Diésel vista lateral.....	93
Fig. 38. Motor Mazda BT50 Diésel vista frontal.....	94
Fig.39. Maqueta real del motor Mazda BT50 Diésel.....	94
Fig. 42 Socialización del módulo.....	95

Índice tablas

Tabla 1 Características del motor Mazda BT 50.....	799
Tabla 2 Comparacion entre un motor atmosferico y turbo cargado	79
Tabla 3 Mantenimiento del turbo compresor.....	81
Tabla 4 Tabla de averias y soluciones del turbo.....	84
Tabla 5 Matriz de coherencia.....	91

Resumen

La presente propuesta de investigación se basa en la implementación de un Módulo didáctico del funcionamiento del Turbocompresor de Geometría Variable el cual viene equipado en el motor Mazda BT50 Diésel en el área de talleres de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología. La metodología para realizar este módulo se efectuó mediante la importancia de la turbo alimentación de los motores diésel mediante la investigación documental, bibliográfica, práctica y teórica. Este documento permite comprender la importancia de la sobrealimentación de los motores diésel mediante los turbocompresores que brindan más potencia y menos consumo de combustible. Los gases de escape son aprovechados para con ellos accionar una turbina en la que posee un eje solidario conectado en el otro extremo otra turbina con la cual eleva la presión de aire para introducir en los cilindros. Los gases de escape son aprovechados para con ellos accionar una turbina en la que posee un eje solidario conectado en el otro extremo otra turbina con la cual eleva la presión de aire para introducir en los cilindros.

La implementación del módulo didáctico tiene como objetivo visualizar todos sus componentes y conocer su respectivo funcionamiento, sus partes que lo componen y mantenimiento del mismo cuya intención es motivar el aprendizaje de la sobrealimentación en los motores diésel, mejorando resultados en el conocimiento y de esta manera ser más competitivos profesionalmente y obteniendo más valoración de esta rama aportada al mejoramiento de la educación universitaria, complementando el taller de ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la institución.

SUMMARY

This research proposal is based on the implementation of a Module Didactic del turbo compressor de geometry variable which is equipped in the Mazda BT50 Diesel engine in the workshop area of the Engineering in Automotive Maintenance of Empowered Science Education and Technology. The methodology for this module is performed by the importance of turbocharger feeding diesel engines through desk research, literature, practical and theoretical. This paper provides insight into the importance of diesel engines with turbocharging models turbochargers that provide more power and less fuel consumption. The exhaust gases are utilized to drive a turbine to them in the joint having an axis connected at the other end with the other turbine which increases the air pressure introduced into the cylinders. The implementation of the training module aims to display all its components and know their respective operations, its component parts and maintenance instructions that are intended to motivate learning of supercharging on diesel engines, improving results in knowledge and thus be more competitive and getting more professional valuation of this branch contributed to the improvement of university education, complementing the engineering workshop in maintenance automotive.

INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de brindar más potencia a los motores diésel, se optó por la sobrealimentación, mediante dispositivos mecánicos accionados por los gases de escape.

El principal componente para la sobrealimentación en los motores diésel es el turbocompresor, el cual su funcionamiento se realiza mediante los gases quemados del motor (gases de escape).

Al introducir mayor cantidad de aire (sobrepresión) en el interior de un cilindro eleva la potencia y el par motor (torque).

Los turbocompresores de geometría variable tienen la misma función que cumplir en el motor, pero su funcionamiento es diferente ya que viene complementado con una serie de mecanismos que funciona según las r.p.m. del motor, es la única forma que se diferencia de un turbocompresor convencional.

El tema de investigación realizado en este informe, Módulo didáctico para la enseñanza del funcionamiento del Turbocompresor de Geometría Variable del motor Mazda Bt50 Diésel está estructurado de acuerdo con las especificaciones dispuestas por la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte por capítulos.

El informe final describe el proceso cumplido que inicia en el capítulo uno con el marco contextual del problema, las generalidades, objetivos y justificación.

El segundo capítulo corresponde al Marco teórico que permite aclarar y presentar el contenido científico del Turbocompresor del motor Mazda BT50 Diésel.

El tercer capítulo narra la metodología aplicada durante el procedimiento de la investigación.

El cuarto capítulo corresponde al análisis e interpretación de resultados obtenidos por la sobrealimentación del motor, detallados mediante la explicación práctica.

El quinto capítulo se encuentra detallado las conclusiones y recomendaciones en el que se da a conocer las innovaciones de este sistema y recomendaciones del mismo.

En el sexto capítulo se desarrolla la propuesta alternativa Elaboración un Módulo Didáctico para la enseñanza del Turbocompresor de Geometría Variable del Motor Mazda BT50 Diésel. En el cual complementa la enseñanza teórico-práctica fomentada en el capítulo dos.

CAPÍTULO I

1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Para la potenciación de los motores se han realizado varias investigaciones y mecanismos para obtener mayor eficiencia y buen rendimiento del motor.

La sobrealimentación es antigua como la del motor Diésel, a finales de los años de 1895 el alemán Rudolph Diésel y Daimler investigaron incrementar la potencia y también reducir el consumo de combustible mediante la pre combustión.

El inventor de este sofisticado sistema fue el ingeniero suizo Alfred Buchi fue quien logro turbo alimentar o turbo cargar un motor. Esto marco el inicio de la turbo alimentación y aplicarla en todos los motores gasolina y diésel especialmente.

En los años ochenta aumento las normativas contra la contaminación ambiental especialmente las emisiones de gases de escape de los motores, esto contribuyó a que todos los motores diésel de esos años tengan turbocompresor.

En los años 70 el turbocompresor se puso de moda especialmente en las carreras de la fórmula 1 de ese tiempo y en las 500 millas de Indianápolis.

En la actualidad el turbocompresor cumple una función importante en los motores brindándoles así mejor potencia, menor consumo de combustible y reducción de emisiones de escape.

Todo lo expuesto al principio se da a conocer lo importante de la utilización del turbocompresor ya que además de ser un dispositivo mecánico de potencia a la vez es un ahorrador de combustible y un reductor de las emisiones de escape.

En esta introducción se propone que el Ingeniero en Mantenimiento Automotriz este totalmente enfocado a obtener conocimientos científicos y técnicos y a su vez prácticos que le permitan realizar trabajos en áreas técnicas de las empresas o talleres mediante la utilización e interpretación de manuales técnicos y didácticos de mantenimiento. Por ello se ha optado realizar un módulo didáctico que será utilizado para poder conocer a fondo el funcionamiento y desempeño del Turbo compresor de geometría Variable y Turbos convencionales.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a los avances de la tecnología en el motor Diésel y la nueva sofisticación en turbocompresores, el turbocompresor de Geometría Variable es un elemento de potencia que ha ido evolucionando poco a poco hasta ser adaptado en su totalidad en lo motores Diésel de nueva generación junto con los sistemas Common Rail están revolucionando motores.

Por esta razón se optó en la elaboración de módulos didácticos de enseñanza para el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de ingeniera en mantenimiento automotriz, para adquirir nuevos conocimientos de aprendizaje tanto técnicos como prácticos en beneficio de su formación profesional.

1.3. Formulación del Problema

¿Cómo describir el funcionamiento, mantenimiento del Turbocompresor de Geometría Variable del Motor Mazda BT 50 Diésel, basado en un módulo didáctico de enseñanza?

1.4. Delimitación del Problema

1.4.1 Unidades de observación

1.4.1.1. Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.4.1.2. Alimentación de los motores Ciclo Diésel (MEC).

1.4.1.3. Ventajas de los motores sobrealimentados.

1.4.2. Espacial

Se efectuará en los Talleres de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz FECYT.

1.4.2.1. Temporal

La investigación se efectuará en el período establecido entre Julio/2012 hasta Diciembre/2012.

1.4. Justificación

Nuestra investigación se centra en el tema de la Sobrealimentación del motor, por la cual se ha optado en elaborar un módulo didáctico en la cual se basa en conceptos y fundamentos teóricos del mismo y la realización de

mantenimientos respectivos para así de esta manera el estudiante de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz pueda interpretar estos módulos didácticos para de esta forma alargar la vida útil de estos dispositivos mecánicos de precisión que necesitan mantenimiento.

Durante los últimos años se ha optado por dar mejoras a los motores diésel que necesitaban operar a mayor torque sin modificar el motor a grandes dimensiones, con el estudio efectuado lograron crear los sopladores los cuales eran unos dispositivos mecánicos que introducían aire a un valor elevado de la presión atmosférica.

1.5.1 Objetivos

1.5.2. Objetivo General

Módulo didáctico del Turbocompresor de Geometría Variable del Motor Mazda BT50 Diésel.

1.5.3. Objetivos Específicos

* Investigación bibliográfica acerca del Turbo compresor de Geometría Variable.

* Implementar en el Taller de la carrera un motor Mazda BT50 Diésel con el turbo compresor de geometría variable.

*Elaborar el módulo del Turbo compresor de Geometría Variable, para describir su funcionamiento.

* Socializar el módulo con los estudiantes de niveles superiores de la carrera de Ing. en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Módulo pedagógico o didáctico

Un módulo pedagógico es un material didáctico que abarca todos los resúmenes que son necesarios para el aprendizaje de destrezas al ritmo de/la estudiante y sin el elemento presencial continuo del instructor, es decir sin el mediador.

Con la elaboración de estos módulos instruccionales ayudan al alumno a comprender e interpretar la información recopilada y basada en conceptos concretos.

Un módulo está formado, por secciones en las que se interpreta las ilustraciones (imágenes), conceptos técnicos y la información detallada mediante capítulos. Pueden también tener mapas teóricos (mentefactos), matrices categoriales y mapas conceptuales.

La información se recopila o se almacena mediante fuentes de libros, internet que ayude a interpretar la búsqueda del tema investigado.

2.2. El Bosquejo Instruccional

Se fundamenta en estructuras de reglas instruidas y prácticas, que tienen el efecto de extender la intuición, uso y aplicación de la información, a través de estructuras ordenadas, metódicas y pedagógicas.

En su ilustración más natural, es una metodología de organización pedagógica, que sirve de referencia para producir una diversidad de materiales educativos, asegurándose así la calidad de aprendizaje.

Los períodos del diseño instruccional: constituyen la estructura legal sobre el cual se produce la instrucción de forma metodológica, las fases son:

- Observaciones
- Bosquejo
- Proceso
- Creación e Implementación

2.3. Fundamentación Teórica

El turbocompresor es un mecanismo que se encuentra ubicado en el colector del escape está sometido a temperaturas elevadas. Su funcionamiento se logra mediante los gases de escape producto de la quema del combustible. Los gases de escape accionan una turbina que se encuentra localizada en la caracola del escape y transmite su movimiento hacia la rueda del compresor mediante un eje solidario o eje de la turbina, elevando así la presión de soplado hacia el interior de los cilindros.

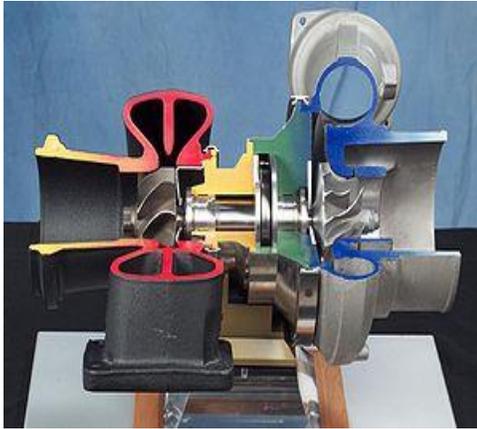


Fig. 1 Sección de un turbocompresor y turbocompresor completo

Fuente: (varios)

(Stephen Michael, 1999)“Al sobrecargar, en lugar de que el motor jale aire de la atmosfera, el aire es forzado a entrar en los cilindros inyectando a una presión de 10 psi por encima de la atmosférica. Entonces se aumenta la potencia de salida del motor en un 40% aproximadamente.”

La sobrecarga se acostumbra ampliamente en grandes alturas. Puesto que el aire es menos denso, el motor necesita más aire para quemar la misma cantidad de combustible que al nivel del mar, un motor atmosférico por cada 1000 metros de altura pierde 10% de potencia, mientras que el motor turbo cargado mantiene la potencia.

De esta manera aumenta la presión media efectiva, sin aumentar el tamaño del cilindro ni trabajar más rápido.

2.3.1. Funcionamiento del turbocompresor

Para conseguir el aumento de presión necesaria para la sobrealimentación utilizamos compresores que pueden ser turbo compresores (accionados por los gases de escape) o compresores mecánicos (accionados por el cigüeñal mediante piñones o correas).

Los turbocompresores, o simplemente turbos trabajan como una bomba centrífuga, los gases de escape que salen del colector hacen girar una turbina a gran velocidad. Esta turbina de escape está unida por un eje a otra turbina (compresor) en el lado de la admisión.

Los turbocompresores accionados por los gases de escape, constituyen el método mejor para la sobrealimentación del motor de mediana y gran potencia. El turbocompresor o turbo soplante es un soplador movido por una turbina impulsada por los gases de escape.

El aire ya filtrado a través del filtro de aire ingresa hacia el compresor y se eleva la presión de soplado hacia los cilindros, con una temperatura más o menos considerable. Este efecto se contrarresta en gran medida por el intercooler ya que ayuda a disipar el calor convirtiéndose así en un radiador de aire.

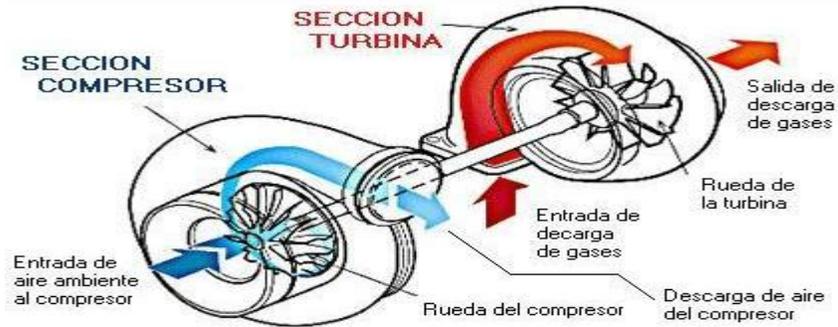


Fig. 2 Funcionamiento del turbocompresor

Fuente:(granadaracingclub, 2009)

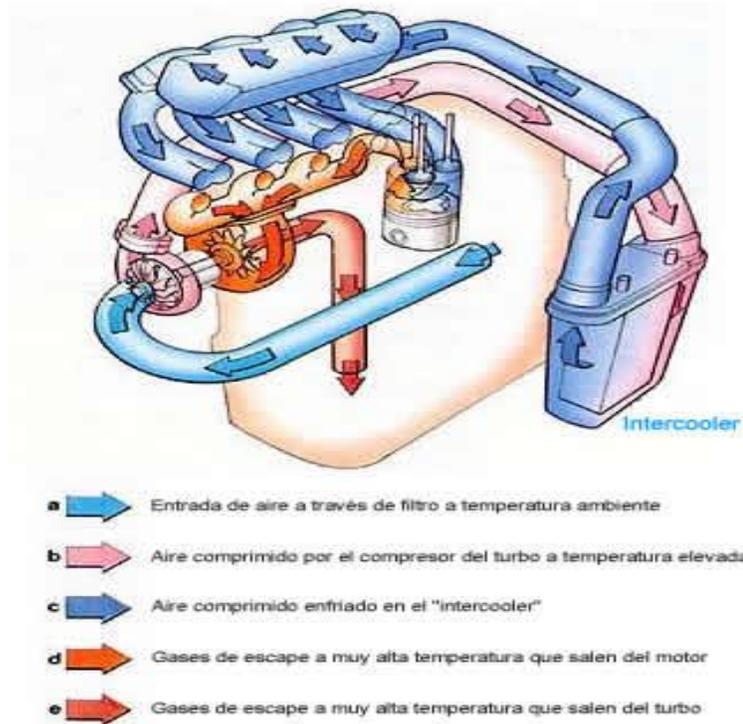


Fig. 3 Circulación de gases de admisión refrigerados por el intercooler

Fuente:(leroy-mundotuning, 2008)

Con la presión de soplado se eleva la eficiencia volumétrica (cantidad de aire que ingresa al cilindro en la carrera de admisión del pistón) obteniéndose así un mejor llenado del cilindro, es decir ingresa más cantidad de oxígeno (masa) obteniendo así un par motor eficiente y por tanto más potencia que un motor atmosférico de igual cilindrada.

En los motores diésel la masa de aire no es directamente igual al caudal del combustible, constantemente en un motor diésel entra más aire al carecer de mariposa de aceleración, por eso es que los motores diésel son más eficientes que los de gasolina y a la vez los motores diésel poseen cilindrada unitaria mayor que uno a gasolina.

2.4. Turbo compresor de Geometría Variable (TGV)

En la actualidad existe un turbocompresor llamado turbo de geometría variable (TGV), este turbo especial posee en su interior una corona y álabes móviles que direccionan los gases de escape dentro de su coraza. Los álabes móviles son controlados por la presión de vacío de la admisión y por medio de la cápsula neumática.

De esta manera los gases de escape pasan por la rueda de la turbina en dos condiciones diferentes según el número de revoluciones (rpm).

Este turbocompresor viene equipado especialmente en motores sofisticados y equipados con sistemas common rail para obtener un mejor rendimiento del motor.

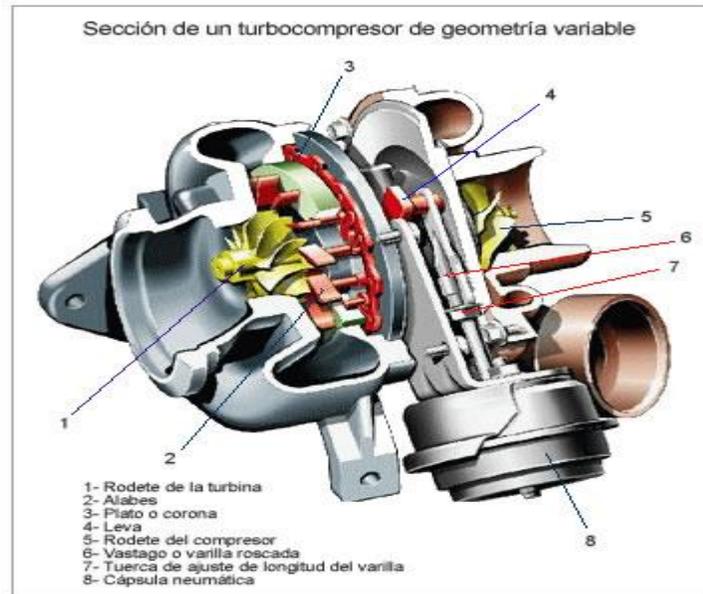


Fig. 4 Sección de un turbocompresor de geometría variable.

Fuente: (Naikotuning, 2006)

Los turbocompresores normales cuando operan a bajas revoluciones del motor, el eje de la turbina apenas es impulsado por los gases de escape, por lo que el motor se comporta como si fuera atmosférico (no ejerce presión en la admisión).

La medida (solución) para esto es emplear un turbo pequeño de bajo soplado que comprima el aire desde bajas rpm (revoluciones) del motor, pero tenemos inconveniente en altas revoluciones porque ahí necesitamos aportar más aire hacia los cilindros, por lo tanto la potencia que ganamos en bajas vueltas las perdemos en altas.

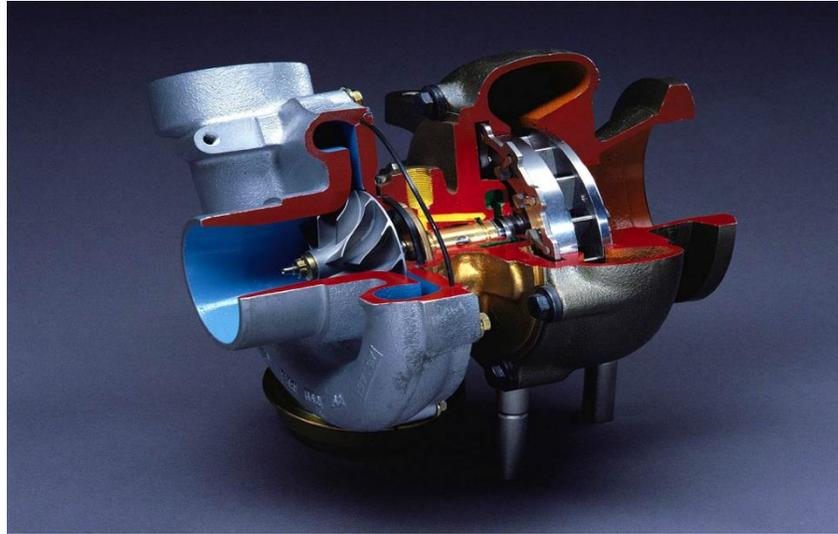


Fig. 5 Sección real de un turbocompresor de geometría variable.

Fuente: (arpem, 2012)

El turbocompresor de geometría variable se ha implantado en motorizaciones modernas aunque su aplicación fue dada a principio de los años 80 en los camiones de la marca Nissan.

La ventaja de este turbocompresor es que no tiene válvula de descarga (válvula waste gate) con ello se evita los molestos tirones cuando entraba al turbo ya que lo hacía de golpe esto en los turbos convencionales. Con la implementación de la geometría variable se controla la presión y el régimen de giro desde bajas revoluciones a altas revoluciones.

La diferencia que existe entre un turbo normal y uno de geometría variable (tgv) es que los primeros disponen de un bypass para que en regímenes superiores y cuando se producen elevadas presiones, una parte de los gases de escape ingresa por la válvula de descarga sin pasar por la turbina controlando así la presión y el número de revoluciones de la turbina.

La cápsula neumática, las válvulas de alta y baja presión controlan los álabes móviles y se efectúa su apertura y cierre según el número de revoluciones que nos da el motor.

Los elementos que conforman el turbo tgv son de durabilidad muy alta siempre y cuando se cumpla su plan de mantenimiento, siendo muy importante tener un aceite de motor específico, en buen estado y siempre a su nivel correcto.



Fig. 6 Motor Mazda BT50 Diésel

Turbocompresor Geometría Variable

Fuente: (pic.autoscout, 2011)

Para corregir este inconveniente se diseñó construir y otorgar a un motor la capacidad de comprimir el aire y mejorar el llenado del cilindro tanto a bajas revoluciones como a altas revoluciones, para ello se han desarrollado los Turbos de Geometría Variable.

2.4.1. Funcionamiento del turbocompresor TGV

El turbocompresor de geometría variable se diferencia del otro turbo convencional en el uso de un plato o corona en el que van acoplados los álabes móviles y son accionados por un conjunto de varillas controlados por la cápsula neumática parecida a la válvula waste gate. Existen sistemas electrónicos para el accionamiento de la geometría variable mediante un motor de corriente continua y otros mediante el vacío de la admisión del motor (neumático).

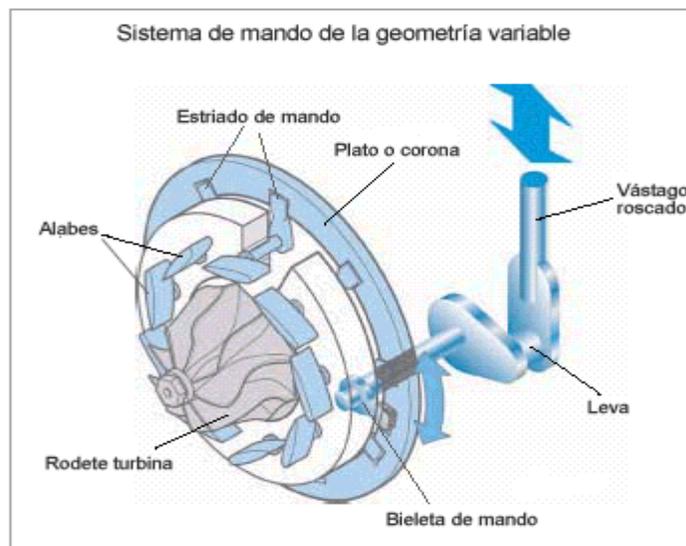


Fig. 7 Sistema de mando de la geometría variable.

Fuente: (Lujan, 2010)

Para obtener la máxima presión de soplado de aire a bajas revoluciones del motor (relanti, marchas bajas o media carga) deben cerrarse las compuertas (álabes) ya que reduciendo la sección entre ellos, aumenta la velocidad de

los gases de escape e inciden con mayor fuerza las paletas o aspas del rodete de la turbina (menor sección=mayor velocidad).

Cuando el motor amplía las revoluciones y aumenta la presión de soplado en el múltiple de admisión, la cápsula neumática lo detecta a través de un tubo conectado hacia el múltiple de admisión y lo convierte en un movimiento que el sistema de mando de los álabes para que estos actúen de inmediato y reduzca la velocidad de la turbina (mayor sección=menor velocidad).

En primer lugar se comprueban que las guías o compuertas trabajen correctamente. Las guías o compuertas van montadas o insertadas sobre una corona. Los elementos que intervienen en el funcionamiento de los turbos de geometría variable son: Transmisor de temperatura en el colector de admisión, trasmisor de r.p.m. Transmisor de presión del colector de admisión, señales de entrada y la Unidad Electrónica de Control.

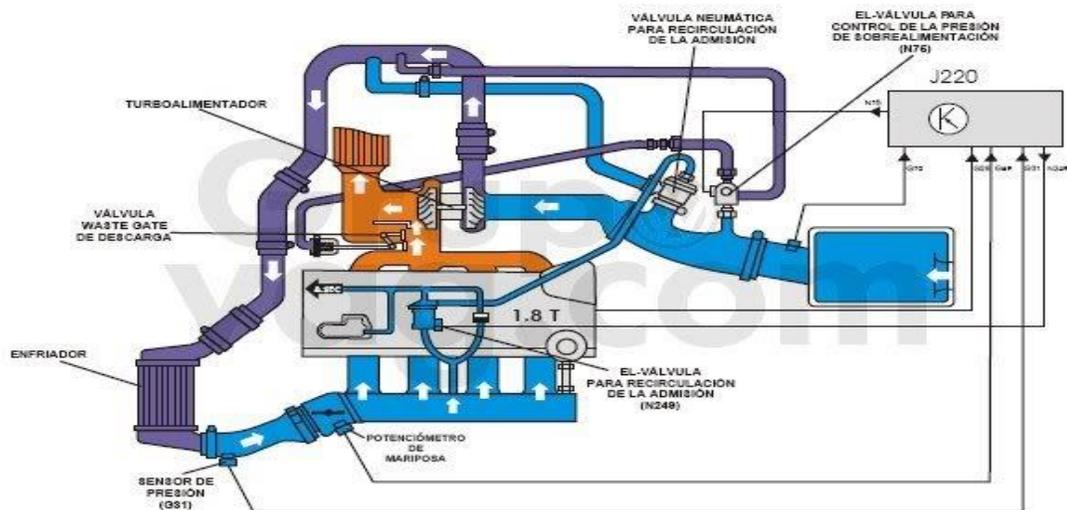


Fig. 8 Esquema electrónico de funcionamiento

Fuente:(autoxuga)

El funcionamiento se basa según el número de revoluciones que nos del motor, esto ya viene controlado por la cápsula neumática y las electroválvulas gobernadas por la computadora UCD (Unidad de Control Diésel).

Bajas revoluciones del motor: con el motor a bajas revoluciones, la presión de los gases de escape es más reducida debido a que la sección de apertura es menor de los álabes. Entonces cuando las aspas se cierran, la velocidad de los gases de escape aumenta y esto hace q la turbina gire más rápido. De esta forma la turbina suministra una cantidad más alta de aire al motor con ello mejora el llenado del cilindro a bajas revoluciones y genera más potencia.

Altas revoluciones del motor: con el motor a altas revoluciones, en que la velocidad de los gases de escape ya es elevada, las aspas se abren para no acelerar aún más dichos gases. Cuando se abren los álabes la presión disminuye y se logra controlar el régimen de giro de la turbina y este a la vez se comporta como una válvula waste gate.

Mapa Electrónico de la asistencia del Turbo compresor de geometría variable

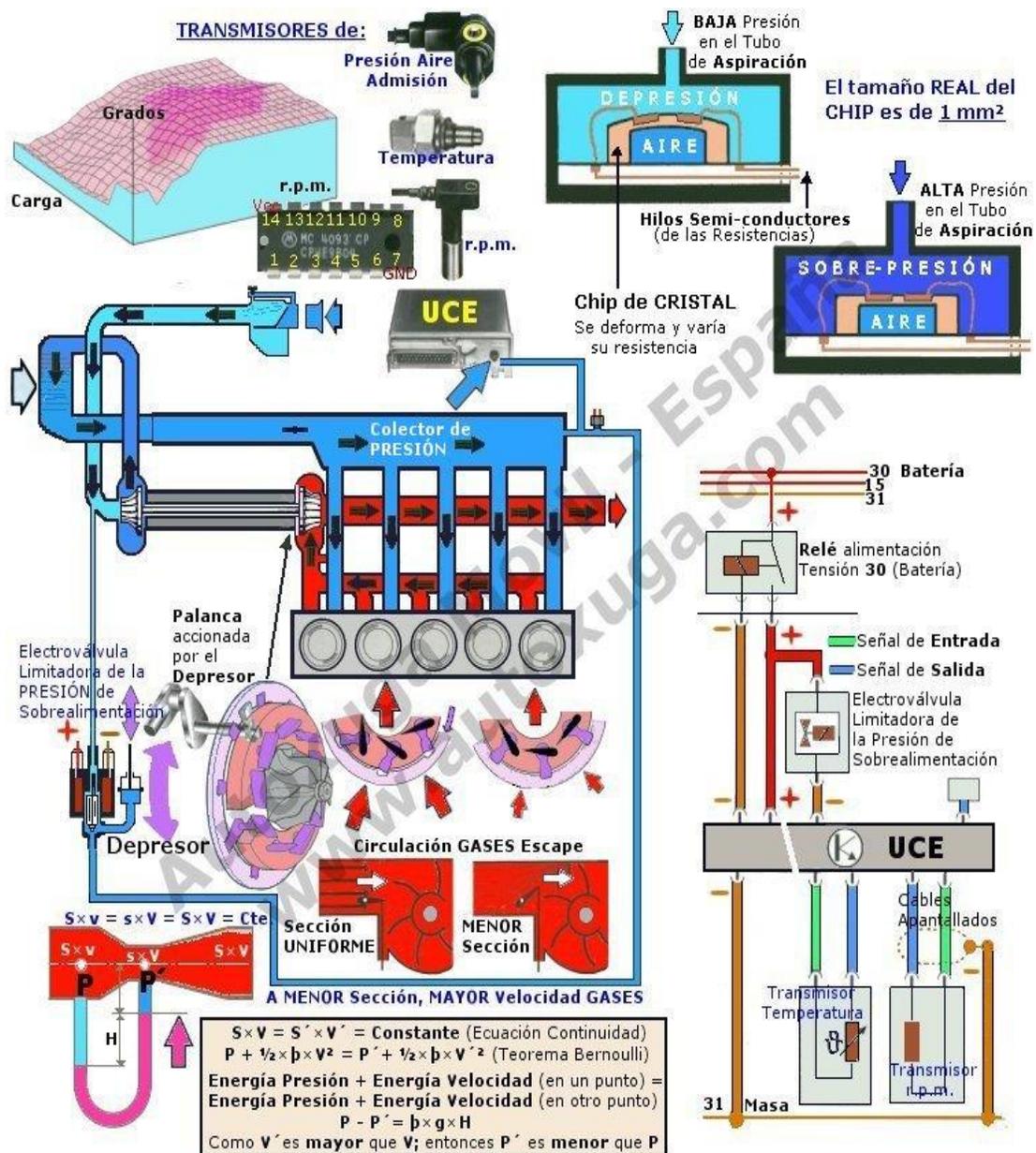


Fig. 11 Esquema electrónico de asistencia electrónica del turbo

Fuente: (autoxuga, 2010)

El control y monitoreo de los sensores viene comandado por la unidad electrónica de control la que se encarga de recibir órdenes a través de los sensores y enviar las señales hacia los actuadores.

Los motores diésel a igual que los de gasolina tienen incorporado la unidad electrónica de control, tienen un microprocesador que compara las distintas señales que recibe de los sensores.

Los motores diésel common rail equipados con turbos TGV, poseen sensores y actuadores que son los encargados de la comunicación según el comportamiento del motor.

Los componentes electrónicos que intervienen en el funcionamiento del turbocompresor de geometría variable son: Transmisor de temperatura en el colector de admisión, Transmisor de rpm, Transmisor de presión en el colector de admisión estas son básicamente como señales de entrada.

Básicamente son sensores tipo Hall, (sensor de rpm) y sensores de coeficiente de temperatura negativo (NTC) (sensor de temperatura).

La unidad electrónica de control (UEC) envía cadencias de negativo (frecuencias en $\text{Hz} = \text{frecuencias/sobre segundo}$) calculados por el microprocesador que hace que la Electroválvula limitadora de presión de sobrealimentación abra más o menos las guías, compuertas o alabes por medio de la palanca del depresor o la capsula neumática consiguiendo que entren más o menos gases a la turbina.

No llegando tensión a la electroválvula limitadora de presión, llega presión atmosférica al depresor y las guías o los álabes de paso de gases de escape adoptan posición de apertura máxima.

El funcionamiento del turbocompresor de geometría variable se basa en el vacío proveniente de la admisión el cual adopta los álabes en las siguientes posiciones:

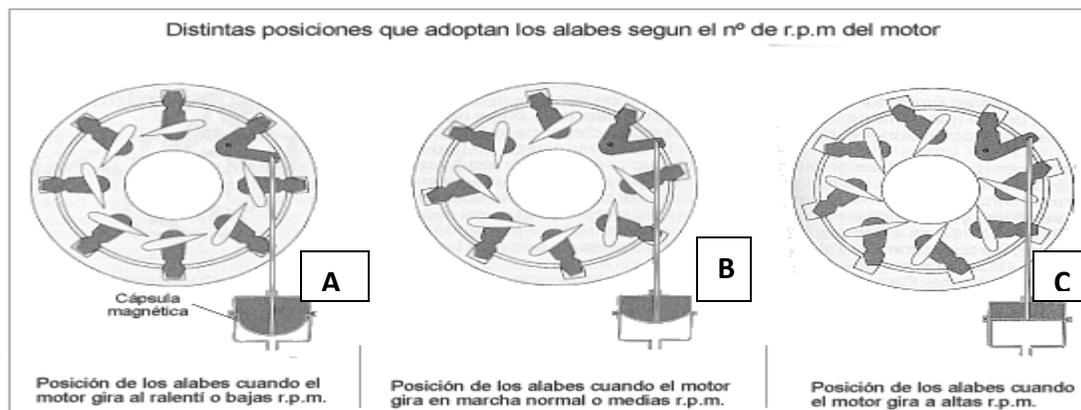


Fig. 12 Distintas posiciones que adoptan los álabes según el número de r.p.m.

Fuente: (fullcustom, fullcustom.com)

En la figura A, apreciamos que los álabes adoptan una posición cerrada que apenas deja un espacio límite para el paso de los gases de escape. Esta fase se da en el turbo cuando el motor gira a bajas revoluciones y la velocidad de los gases de escape es baja. En esta fase los gases ingresan con más rapidez debido a la pequeña sección de paso de las compuertas (álabes) y la rueda de la turbina gira con más velocidad.

En la figura B, los álabes toman una posición un poco más abiertos (una mayor sección que la de bajas revoluciones) que corresponde a una marcha del motor con un régimen de revoluciones medio y marcha normal (media carga), en esta fase el turbo TGV se comportaría como un turbo normal.

En la figura C, los álabes adquieren una posición muy abierta debido a que el motor gira a altas revoluciones, al existir mayor revoluciones se incrementa la presión y la velocidad de los gases es elevada. En esta posición los álabes

hacen de freno a los gases de escape para controlar el régimen de giro de la turbina y la sobrepresión existente en el interior del turbo, es decir los álabes actúan como una válvula waste gate.

Un turbo variable sirve para disminuir el retraso de respuesta. Un turbo variable no tiene necesariamente válvula de descarga (válvula waste gate de los turbos compresores convencionales), ya que puede llegar a disminuir el giro de la turbina hasta que la presión que genera el compresor descienda al nivel requerido, esto sucede cuando los alabes adoptan la posición abierta y hacen de freno a los gases de escape que salen a gran velocidad.

2.4.2. Gestión electrónica de la presión del turbo TGV

Con la implementación de la electrónica en los motores diésel o gasolina la regulación del control de la presión del turbo se realiza mediante el vacío de la admisión del motor y mediante las válvulas electro neumáticas.

Las electroválvulas de alta y baja presión se comportan como unas válvulas bypass o llaves de paso para dejar pasar o ingresar mayor o menor presión a la cápsula neumática. Están comandadas por la UCD (Unidad electrónica Diésel) mediante impulsos electrónicos que provoca su apertura o cierre.

Cuando el motor gira a bajas r.p.m. la electroválvula deja pasar la presión que haya en el colector de admisión y cuando gira a altas rpm la presión que llega a la cápsula neumática es muy alta y vence el resorte.

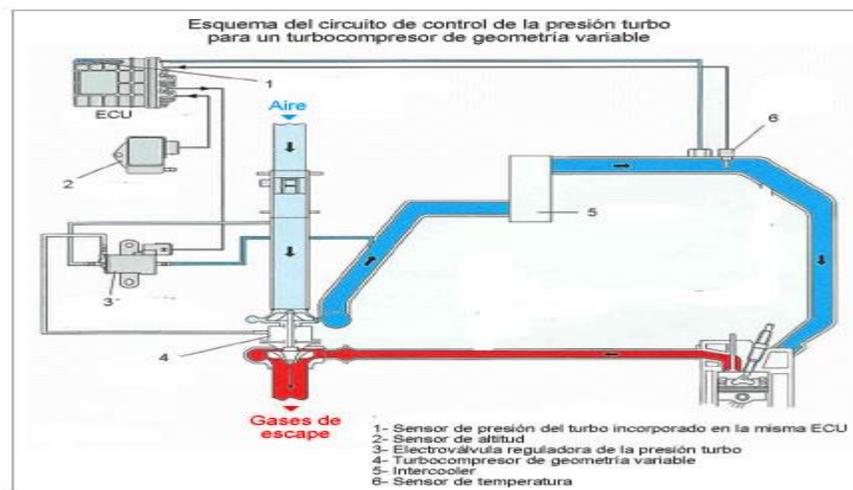


Fig. 13 Control de la presión del turbocompresor de geometría variable.

Fuente:(Lujan, Lujan4x4, 2010)

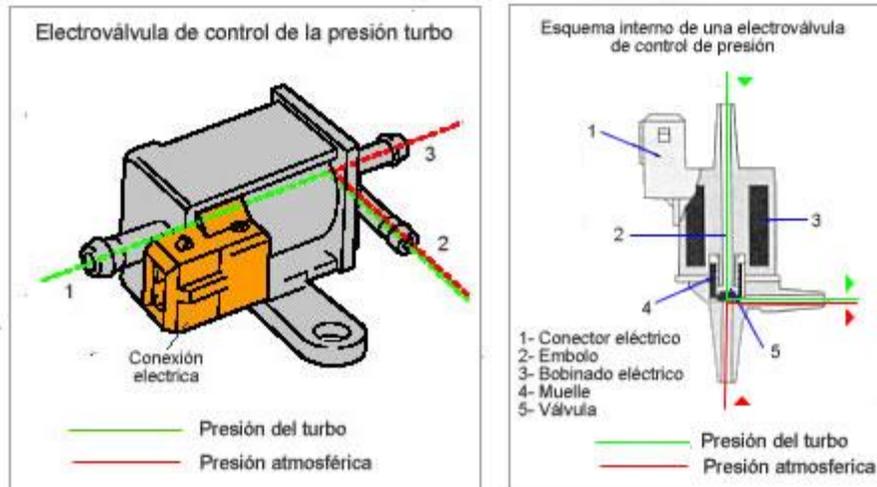


Fig. 14 Electroválvulas de control

Fuente: (Naikotuning, Naikotuning.com, 2006)

Las características principales de estos sistemas son:

- 1.-Permite sobrepasar el valor máximo de la presión del turbo.
- 2.-Tiene corte de inyección a altas revoluciones para controlar el régimen de giro del motor.
- 3.-Proporciona una buena respuesta al acelerador en todo el margen de revoluciones sea en bajas y altas rpm.
- 4.-La velocidad del turbo compresor puede subir hasta las 110.000 r.p.m.

Ventajas

Las primeras motorizaciones diésel dotados de turbo compresor convencional donde había fases de potencia de bajas revoluciones a altas revoluciones, el comportamiento ha dejado de ser brusco para obtener una curva de potencia muy sucesiva con gran aumento de par desde muy pocas vueltas (revoluciones) y manteniendo durante una amplia zona del número de revoluciones del motor. Nos brinda mayor potencia por esa razón los motores dotados de estos turbocompresores se implementan en todas las motorizaciones diésel de toda cilindrada.

Recomendaciones de uso

Deben emplearse aceites al motor homologados por las especificaciones A.P.I, SAE, ACEA (normas técnicas) y el país o continente donde se va utilizar. Al coger suciedades (barnices por deficiente propiedad de los aceites) hacen que se aprieten las guías o compuertas y el turbo deja de trabajar correctamente con pérdida de potencia. Al notar una disminución de potencia conviene hacer como primera aproximación la prueba de diagnóstico de los turbos comprobando las presiones en carretera.

El principal y único inconveniente de este sistema es su mayor complejidad, precio con respecto a un turbo compresor convencional, así como el sistema de lubricación que necesita usar aceites de mayor calidad y cambios más frecuentes (2.500 a 3.500km/hrs) y el mantenimiento se debe efectuar estrictamente para su óptima vida útil.

Por el momento el turbocompresor de geometría variable se emplea solamente en motores diésel debido a que la temperatura de los gases de escape es baja en relación a un motor de gasolina.

Para obtener una refrigeración de los gases de escape es necesario emplear o utilizar un Intercooler.

2.4.3. Intercooler

El intercooler es un intercambiador de calor o disipador de aire que se encarga de enfriar el aire comprimido del sobre alimentador de un motor de combustión interna.

Cuando el aire se calienta pierde densidad y por ende la eficiencia volumétrica disminuye, porque obtenemos menos oxígeno (masa) para una misma unidad de volumen ($d=m/v$). Normalmente el aire que sale del turbo está a una temperatura de 120 a 90 grados centígrados.

En la actualidad los coches emplean intercoolers de aire-aire, aunque también existen intercoolers que añaden un pequeño chorro de agua que humedece el exterior del intercooler para que al evaporarse se enfriara y aumente la potencia del motor debido a que el aire se enfría un poco más y no pierde mucha densidad.



Fig. 15 Intercooler.

Fuente: (enginebasics, 2010)

2.5. Posicionamiento Teórico personal

El turbocompresor de geometría variable es un elemento mecánico accionado por los gases de escape del motor, tienen la función de sobrealimentar el motor igual que el turbocompresor convencional. Gracias a este turbocompresor se logra una mejor respuesta de aceleración y genera mejor par motor debido a que los gases inciden sobre los alabes móviles permitiendo así un soplado según las revoluciones del motor.

Estos turbos son empleados en motores diésel de nueva generación aplicada en los sistemas common rail.

2.6. Glosario Técnico

Los elementos que forman el turbo son los siguientes:

- **El eje común:** es un eje q se encuentra ubicado longitudinalmente y en él se encuentran ubicadas la turbina y compresor. Esta pieza tiene un régimen común indispensablemente lubricado. Debe estar totalmente balanceado.

La turbina: es una turbina centrífuga que se accionan mediante un eje axial, convierte los gases de escape del motor en energía mecánica para accionar el compresor.

- **El compresor:** está ubicada en el extremo opuesto del eje de la rueda de turbina. Esta rueda del compresor envía el aire a sobrepresión hacia el interior de los cilindros.

- **La Coraza de admisión:** o a la vez llamada la coraza del compresor, es la parte fría del turbo, está fabricada de materiales ligeros como aluminios o aleaciones ligeras. En su interior se encuentra el compresor.
- **Coraza de escape:** es la parte caliente del turbo y realmente es caliente debido al contacto directo con los gases de escape, la temperatura excede los 650 grados centígrados, por esa razón es indispensable emplear un intrecooler.
- **Núcleo:** es la parte que acopla las dos corazas y que contienen a las bancadas del eje y a las venas de lubricación o enfriamiento (agua y aceite). Está fabricado de acero o aleaciones pesadas para soportar el calor excesivo de los gases de escape.
- **Los cojinetes:** sirven para reducir el frote (fricción). El eje de la turbina está separado del cojinete por una película de aceite que lo mantiene flotando en el (viscosidad hidrodinámica), impidiendo el contacto entre metal-metal.
- **Válvula Waste Gate:** esta válvula de alivio controla la presión del turbo, posee un bypass que envía los gases de escape directo a la salida para controlar el régimen de giro de la turbina.
- **Entrada de refrigeración:** es la tobera por donde circula el agua de refrigeración para el enfriamiento del turbo compresor.
- **Entrada de lubricación:** es la tobera por donde circula el aceite para su lubricación del eje de flecha y los cojinetes, posee una salida de retorno de aceite.
- **Cañería de entrada de vacío:** por esta circula el vacío generado en la admisión y es aprovechado para accionar la válvula wastegate.

- **Varilla actuadora:** es el mando selector que comunica la presión de la apertura de la válvula wastegate.

- **Membrana o diafragma:** es un caucho, diafragma que se comprime según la presión de vacío que ingresa hacia la capsula.

- **Intercooler:** es un intercambiador de calor (radiador) que se encarga de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor de un motor de combustión interna.

2.7. Interrogantes de la Investigación

1. ¿Es factible realizar un documento de mantenimiento preventivo para el turbo compresor de Geometría Variable y convencionales?

2. ¿Es posible obtener mediante el sistema metodológico módulos, documentos didácticos para realizar los debidos estudios?

3. ¿Es de vital importancia realizar estos documentos del turbo compresor para ser empleados en el área técnica de mantenimiento?

2.8. MATRIZ CATEGORIAL

DEFINICIÓN	CATEGORÍA	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>Módulo de enseñanza</p> <p>Es una propuesta organizada de los elementos o componentes instructivos para que el alumno/a desarrolle aprendizajes</p>	Modelos didácticos	Modelo Didáctico Tecnológico	Conceptos concretos
<p>Turbocompresor de Geometría Variable (TGV) Tipo de turbocompresor que disminuye el retraso de respuesta</p>	<p>Alabes móviles</p> <p>Varían la velocidad de los gases</p> <p>TGV (Turbo de geometría variable)</p>	<p>Gestión controlada ECU</p> <p>Sensores y actuadores</p>	<p>Mayor eficiencia</p> <p>Disminuye el retraso de respuesta</p>
<p>Turbocompresor de geometría Variable no tiene válvula de descarga wastegate</p>	Electroválvulas de control	Sensor bomba de vacío	Menor emisiones contaminantes

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la Investigación

La metodología es la forma de interpretar la teoría del campo de estudio mediante la investigación.

La metodología tiene etapas que van desglosándose mediante la aplicación y selección de temas concretos obteniendo así la recopilación de datos de un tema de estudio.

La investigación expuesta se basa en la creación de un módulo didáctico del turbocompresor de geometría variable, para poder interpretar los conocimientos técnicos hacia los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz y prestar sus servicios hacia la comunidad en general.

El tipo de investigación es práctica y bibliográfica, debido a que se investigará técnicamente los procesos de potenciación de los motores diésel, para ello se concurre a la investigación en libros técnicos en la cual detallan los procesos de la sobrealimentación del motor.

La investigación bibliográfica se obtendrá mediante la información de libros técnicos y manuales que contengan información especializada en el tema del anteproyecto.

3.2. Procedimiento de la investigación

Para obtener el conocimiento técnico de esta investigación fue esencial realizar los siguientes pasos:

- Revisión bibliográfica del anteproyecto
- Establecer la información del objetivo o problema
- Elaboración del marco teórico
- Recopilación de datos

3.2.1. Tipo de Investigación

La investigación se realizó mediante la consulta de libros y a la vez se recopiló información técnica mediante la práctica, debido a que se pudo diferenciar realmente la constitución del turbocompresor de geometría variable y el turbo compresor convencional.

3.2.2. Documental

Para obtener la información se obtuvo mediante fuentes de internet y documentos bibliográficos en la que se obtuvo una amplia información para realizar el anteproyecto.

3.2.3. Práctica

Esta información es práctica debido a que el tema es de conocer el funcionamiento del turbocompresor teóricamente y prácticamente, para así dar su mantenimiento respectivo.

3.3. Métodos

Los siguientes métodos para la investigación se realizaron de la siguiente manera:

3.3.1 Inductivo

La utilización de este método permite orientarse para llegar hacia el objetivo planteado y de esta forma obtener el descubrimiento de un principio de funcionamiento general que rige sobre el tema investigado.

3.3.2. Deductivo

Para llegar a la deducción del objetivo planteado se siguió la aplicación, la comprensión y la demostración de las conclusiones lógicas para realizar el modulo didáctico del turbo compresor.

En este método se establece la elaboración de las teorías o conceptos investigados, con el fin de comprender más profundamente el estudio de un turbocompresor de geometría variable y un convencional.

3.3.3. Tecnológico

Es una secuencia, en esencia un proceso que se obtiene o parte de un planteamiento y análisis de un problema tecnológico y se soluciona mediante la construcción o diseño de conceptos técnicos.

CAPÍTULO IV

4.- Análisis e interpretación de resultados

Mediante el análisis e interpretación de resultados se da a conocer los datos obtenidos del motor Mazda BT50 CRD-I mediante el uso del scanner de diagnóstico automotriz Carman, interpretando así valores reales sobre el comportamiento del motor.

A continuación tenemos los datos obtenidos con el scanner:

DATOS SCANNER CARMAN	UNIDAD DE MEDIDA
Presión Riel de Combustible	43 MPa
Presión Barométrica	14 PSI a 3.06 voltios
Intake Air Temperature (IAT)	23 °C a 2.16
Manifold Absolute Pressure (MAP)	73kPa a 1.27 voltios
Manifold Air Fluid (MAF)	1.29 voltios

Fuente: Autor



Fig. Scanner Carman Plus

Fuente: Autor

En esta tabla se puede apreciar los valores dados por el motor a unas 1000 rpm en la que se puede apreciar la presión de riel de combustible que eleva la presión según el número de rpm del motor.

Tanto así los sensores como el IAT, MAP. MAF, actúan de forma sincronizada cumpliendo cada uno su función.

Estos sensores vienen comandados por la UCD (unidad de control diésel) que es la centralita que envía y comanda las señales hacia los sensores y actuadores del motor.

La presión de soplado en los turbo compresores normalmente viene especificado según la motorización.

Para la eficiencia volumétrica del motor se emplea el cálculo de los pies cúbicos por minuto (CFM), un motor con turbo cargador tiene entre 1.5 y 3.0 de eficiencia volumétrica, esto también viene relacionado con los parámetros del motor cilindrada, relación de compresión, volumen de la cámara, etc.

En un turbo compresor convencional viene especificado la presión de trabajo como se explica en la siguiente tabla:

PRESIONES DEL TURBO CONVENCIONAL

PRESION DE SOPLADO	RPM DEL MOTOR
0.80 a 0.90 bar (11.6030-13.05342)PSI	3000
1.103 a 1.2410 bar (16—18) PSI	2.800

Fuente: Autor

En un turbo compresor de geometría variable, la presión de soplado aumenta estando el motor a bajas revoluciones, esto se debe a la actuación de los álabes y por ende la presión de soplado parte de bajas a altas rpm mejorando así el par motor.

La presión en la cápsula neumática es controlada por las electroválvulas de control de alta y baja, son válvulas tipo by pass controladas por la UED.

PRESIONES DEL TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE

PRESIÓN DE SOPLADO	RPM DEL MOTOR
1.2 bar (17.404) PSI	3000
1.05 bar (21.7557) PSI	1000
Presión Cápsula Neumática	
0.040 a 0.21 bar (0.5801—3.045)PSI	2800 a 3000

Fuente: Autor

La presión de soplado en los turbocompresores depende también de los parámetros del motor como cilindrada unitaria, total, volumen de la cámara y relación de compresión.

En un turbocompresor la presión de sobrealimentación resulta prácticamente proporcional a su régimen de giro, es decir a más velocidad de giro mayor caudal y también mayor valor mayor de sobrepresión.

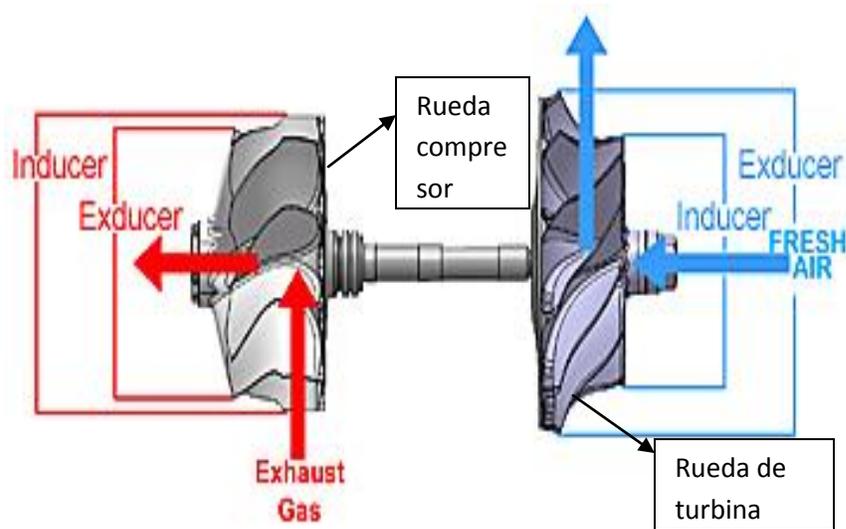
Para la comparación técnica del turbocompresor se tienen en cuenta los parámetros relación A/R (área/radio) se obtiene al dividir el área interior del alojamiento de la turbina o donde el compresor se encuentran las paredes internas entre el radio de alojamiento desde el centro hasta la mitad del área interior.

El Trim es una relación de áreas empleada para detallar tanto la rueda de la turbina como la del compresor (diferencia de áreas), los valores del Trim puede tomar valores de 0 a 100.

Fórmulas para el Trim

Trim compresor $(D_i)^2 / (D_e)^2 \times 100$

Trim turbina $(D_e)^2 / (D_i)^2 \times 100$



Fuente: Autor

En la figura se puede observar la comparación del diámetro externo de la turbina con relación a su diámetro interno, los flancos de los álabes ubicados en el diámetro externo, reciben el contacto directo con los gases de escape para luego girar a altas revoluciones.

En el otro extremo del eje de turbina se puede apreciar el diámetro externo e interno de la rueda del compresor igualmente los flancos de los álabes del compresor están diseñados para comprimir el aire y llevarlo hacia el interior de los cilindros.

CAPÍTULO V

6.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.2.1. Conclusiones

-Los motores sobrealimentados generan mayor cantidad de aire, es decir mejora el llenado del cilindro, un motor con turbo posee 1.5 a 3.0 cfm (pies cúbicos por minuto), por ende aumenta su eficiencia volumétrica, en relación a un motor atmosférico.

-La eficiencia del turbocompresor viene especificada según el Trim, el cual es una relación de áreas empleada para detallar tanto la rueda de la turbina como la del compresor (diferencia de áreas), los valores del Trim puede tomar valores de 0 a 100.

-Las presiones de soplado en un turbocompresor convencional son distintas aun turbocompresor de geometría variable (0.80 a 0.90 bar a 3000 rpm), (1,2 bar a 3000 rpm del motor).

-El turbocompresor de geometría variable que equipa el motor Mazda BT50 funciona con el vacío de la admisión del motor para el accionamiento de la geometría variable es decir es un sistema neumático en relación a otros sistemas que traen incorporado un motor de corriente continua para el accionamiento de la geometría variable.

6.2.2. Recomendaciones

- Al operar o manipular la gestión electrónica de todo el sistema eléctrico que forma parte del Sistema Common Rail y el turbo de geometría variable se debe tener en cuenta los códigos, alambres de colores de los sensores y actuadores que son responsables de la comunicación entre los sistemas.
- Se recomienda realizar los mantenimientos y revisión periódica del filtro de aire y sus conductos, cambiar el filtro cada 8 o 10 meses o 40.000km y a la vez utilizar aceites de alta calidad debido a las exigencias del motor, emplear cambios de aceites cada 2.500 a 3.500 km.
- Se debe comprobar que no existan fugas de aceite y refrigeración (agua) en las conexiones del turbocompresor, para de esta forma mantener el turbo en buen estado sin peligro de daño por alta temperatura.
- Tener precaución de sonidos extraños por presencia de cuerpos extraños en el interior del turbo y el intercooler.
- El turbocompresor no debe operar jamás con una presión de aceite baja de unos 30 psi de presión, debido a que el turbo es sensible a la escasez de lubricación, llegaría a fundirse en cuestión de minutos, controlar la presión mediante el manómetro de presión de aceite ubicado en el tablero del automóvil.
- Cuando se tenga un motor con este tipo de sistema Common Rail las personas que posean marca paso o algún otro tipo de aparatos electrónicos dentro de su cuerpo no debe aproximarse al motor en funcionamiento ya que este genera un campo magnético muy grande.

CAPÍTULO VI

5. Propuesta alternativa

5.1. Título de la propuesta

Elaboración de un Módulo Didáctico del Turbocompresor de Geometría Variable del Motor Mazda BT50 Diésel.

5.2. Justificación e Importancia

El impulso principal por la cual se realizó este módulo didáctico servirá para brindar información a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, aplicando el proyecto de la propuesta de la elaboración de un módulo para la enseñanza.

El interés principal es el de promover el cambio activo, cooperativo y participativo para fomentar la utilización de nueva tecnología en el motor Mazda BT 50 Diésel, que permitan lograr avances en los aspectos académicos, prácticos y tecnológicos.

Con el desarrollo de este proyecto el aporte didáctico y práctico es de dar la solución a los problemas ocasionados por la falta de información de estos elementos mecánicos de acuerdo a la tecnología de hoy.

5.3. FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA

La historia del turbocompresor de geometría variable se dio en la década de 1980. Las marcas de automóviles como Ford, Roll Royce emplearon estos sistemas. Pero la marca Nissan adaptó a sus motores un turbo TVN (Turbine Variable Nozzle). Estos turbocompresores también conocidos como TGV, resuelven el problema de las prestaciones a bajo régimen del motor modificando la forma de la turbina.

Un conjunto de álabes móviles consigue variar el flujo de aire en la turbina (escape) y por consiguiente se logra mayor rendimiento del turbocompresor para diferentes revoluciones del motor.

El futuro de los compresores va de acorde con la tecnología implantada en los motores diésel de nueva generación, debido a las exigencias y al mercado consumidor.

La combinación de componentes de un mismo material permite reducir su construcción y limitar su peso. Debido a que el turbocompresor no debe exceder su peso y utilizar amplio espacio.

5.4. OBJETIVOS

5.4.1. OBJETIVO GENERAL DE LA PROPUESTA

“Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza, sobre el funcionamiento del Turbocompresor de geometría variable de un motor Mazda BT 50 Diésel”.

5.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer e identificar los nuevos componentes que integran el turbocompresor de geometría variable.
- Conocer la gestión de asistencia de la geometría variable del turbocompresor del motor Mazda BT50 Diésel.
- Proporcionar a la universidad el material didáctico acerca del funcionamiento del turbocompresor de geometría variable.

5.5. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

La investigación se realizó en la ciudad de Ibarra, sector El Olivo; específicamente en la Universidad Técnica del Norte, la parte estudiada fue el turbocompresor de geometría variable.

El turbocompresor de geometría variable va montado en el motor del vehículo Mazda BT50 Diésel modelo 2010, presenta las siguientes características:

Tabla 1 Características del Motor MAZDA BT50 CDRI

Características del Motor Mazda BT 50 CRDI 2,5	Parámetros
Cilindraje	2.499 centímetros cúbicos
Relación de compresión	18:1
Diámetro por carrera	93 x 92 mm
Tipo de distribución	Por banda dentada
Alimentación	Diésel Common rail
Potencia máxima Cv/Kw/rpm	143/105/3.500
Par máximo Nm/rpm	330/1.800
Numero de cilindros	4 en línea

Fuente: (Autor)

5.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

5.6.1.-“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA, DEL FUNCIONAMIENTO DEL TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE DE UN MOTOR MAZDA BT 50 DIESEL”

A continuación se detalla la información de la propuesta mediante unidades, el cual describirá el funcionamiento, partes, gráficos, procesos y mantenimientos del tema investigado.

UNIDAD 1
TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE DEL MOTOR MAZDA
BT50 DIESEL



Fig. 16 Turbocompresor TGV Mazda BT50 Diésel

Fuente: (Autor, 2013)

CARACTERÍSTICAS

Un turbocompresor de geometría variable es un turbo que en su interior va montado unos mecanismos llamados la corona y los alabes móviles, especialmente van ubicados en la caracola del escape.

Tiene dos etapas de funcionamiento: a bajas revoluciones y altas revoluciones.

Un turbocompresor de geometría variable (TGV) ayuda a obtener un mejor llenado del cilindro a bajas vueltas y con ello una combustión completa teniendo así un par motor elevado, menos consumo de combustible y menos emisiones de gases contaminantes debido a una combustión completa.

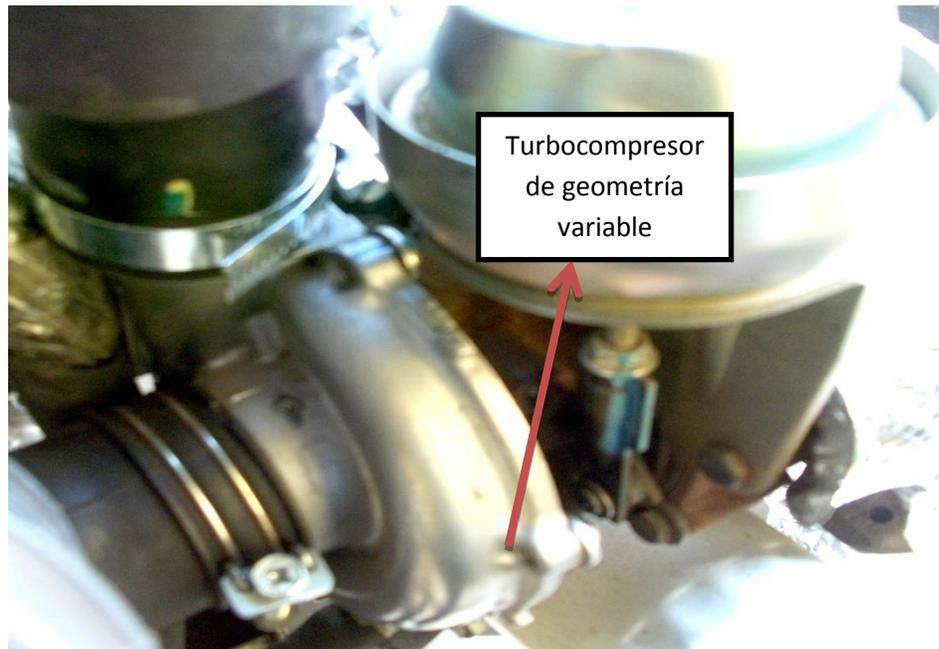


Fig. 17 Turbocompresor TGV Mazda BT50 Diésel

Fuente: (Autor, 2013)



Fig. 18 Motor Mazda BT50 equipado con Turbo de Geometría variable
Fuente: (Autor, 2013)

Componentes

El turbocompresor de geometría variable tiene la misma función que un turbocompresor convencional, la misión de ambos es la de sobrealimentar al motor pero el funcionamiento es distinto ya que el TGV posee otro mecanismo incorporado los alabes móviles y la corona.

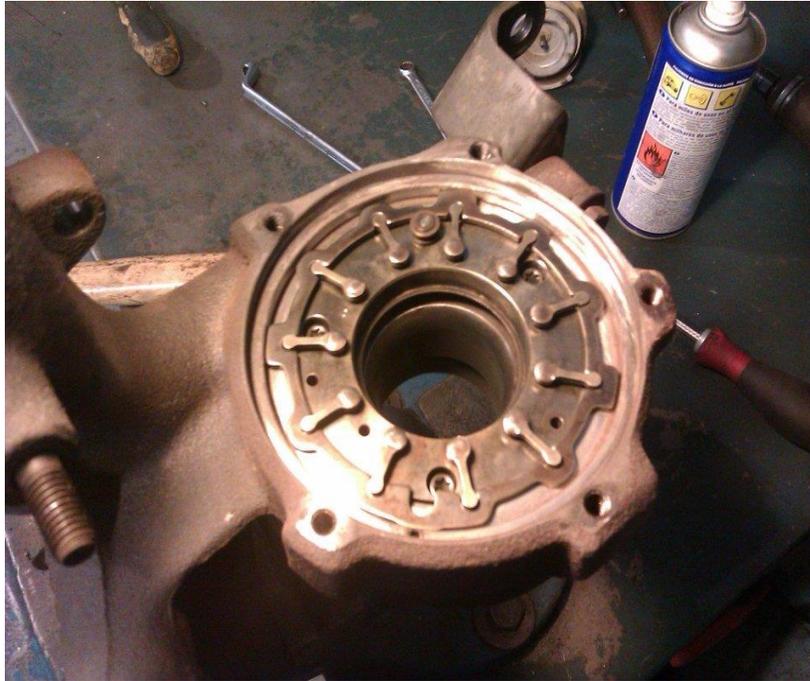


Fig. 19 Alabes móviles y corona del turbo de geometría variable

Fuente: (Autor, 2013)

Los elementos que conforman el turbocompresor de geometría variable (TGV) son:

La rueda del compresor.- Es una turbina que se encuentra alojada en la caracola de la admisión del turbo, recibe su accionamiento mediante el eje solidario o el eje de la turbina y con ello eleva la presión de soplado e ingresa el aire hacia el interior de los cilindros por encima de la presión atmosférica.



Fig. 20 Rueda del compresor del turbo de geometría variable

Fuente: (Autor, 2013)

La rueda de turbina.- Es aquella que se aloja en la coraza del escape, recibe los gases de escape que salen del motor está sometida a grandes temperaturas.



Fig. 21 Rueda de turbina del turbo de geometría variable

Fuente: (Autor, 2013)

Eje de la turbina.- Es un eje solidario que se encarga de transmitir y producir el giro hacia la rueda del compresor. Gira a altas r p m de 20 000 a 120 000 rpm en plena carga, este debe ser lubricado para evitar su desgaste.



Fig. 22 Eje de la turbina del compresor TGV

Fuente: (Autor, 2013)

Plato/corona.- Es el lugar donde se alojan los alabes móviles, esta se encuentra ubicada en la coraza del escape.

Álabes.- Su función es controlar la sección del caudal de aire, según las rpm del motor, de esta forma los alabes se cierran o se abren y por ende inciden con mayor o menor presión sobre la rueda del compresor según el caso.

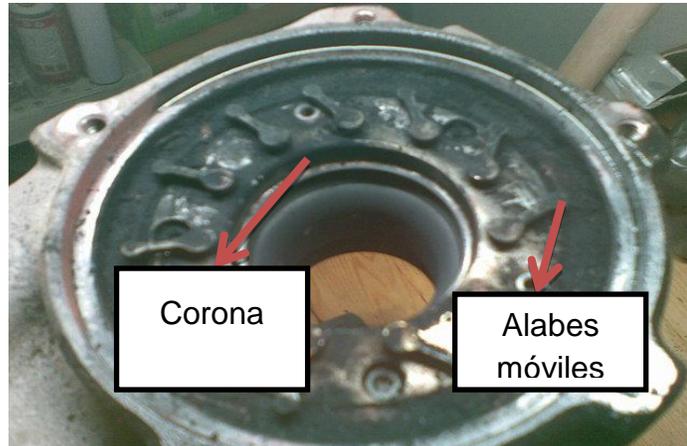


Fig. 23 Alabes móviles y corona del turbo de geometría variable

Fuente (Autor, 2013):

Cápsula neumática.- Es una válvula manométrica que funciona con el vacío del motor, para controlar la presión de soplado del turbo es similar a la válvula wastegate.



Fig. 24 Cápsula neumática del turbo de geometría variable

Fuente: (Autor, 2013)

Vástago o varilla.- Es el mecanismo que acciona la corona de los alabes del turbo, lo realiza mediante un tarado o varilla de accionamiento que conecta con la capsula neumática en la parte inferior.



Fig. 25 Vástago o varilla de accionamiento

Fuente: (Autor, 2013)

Cámara de control de la presión del turbo.- En esta cámara se produce un vacío proveniente del múltiple de admisión. Esta cámara posee una válvula electrónica VAC comandada por la ECU. Tiene conductos o cañerías que envían un vacío hacia la capsula neumática del turbo para accionar la geometría variable.

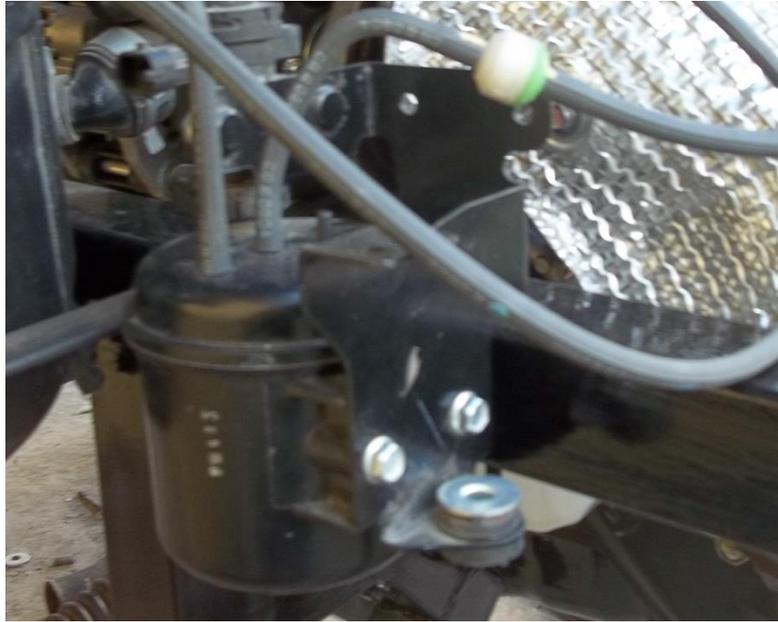


Fig. 26 Cámara de presión del turbo de geometría variable

Fuente: (Autor, 2013)



Fig. 27 Partes de un turbocompresor

Fuente: (Autor, 2013)

Funcionamiento del Turbocompresor de Geometría Variable

El turbocompresor de geometría variable (TGV) está empleado en motorizaciones Diésel de muchos modelos de coches.

Su estructura exterior es similar a la de un turbo compresor normal (convencional).

Su funcionamiento depende del número de revoluciones del motor y está gobernado por un sistema de palancas impulsadas por una capsula neumática de igual estructura que una válvula waste gate.

Cuando el motor gira **bajas revoluciones** los álabes se cierran y con ello los gases de escape inciden con más fuerza sobre la turbina debido a una menor sección de paso. El vástago o la palanca de accionamiento de los álabes realizan un movimiento ascendente cerrando a los álabes.

Cuando el motor **gira altas revoluciones** los álabes se abren para de esta forma controlar la presión de soplado del turbo y mantener un régimen de giro de la turbina controlado, en esta posición los álabes se comportan como una válvula waste gate de un turbo convencional debido a que los gases frenan a la turbina ya que en esta posición la sección es mayor e inciden con menos presión sobre la turbina.

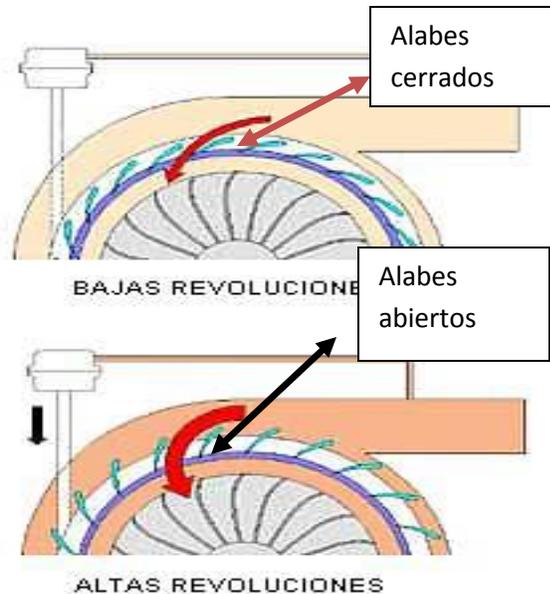


Fig. 28 Funcionamiento según las rpm

Fuente: (Autor, 2013)

Válvula Electrónica de accionamiento de la presión del turbo

Para controlar la presión del turbo tenemos unas válvulas electro neumáticas que funcionan con la presión de vacío generada en la admisión del motor y controlada por la EDC. (Central Electrónica Diésel).

Estas válvulas se encuentran localizadas bajo el múltiple de admisión del motor y funcionan como válvulas tipo bypass.

Estas válvulas bypass existen de dos tipos la de baja presión y alta presión y actúan según el comportamiento del motor dando así el paso de mayor o

menor presión de vacío hacia la capsula neumática para el accionamiento de la geometría variable.

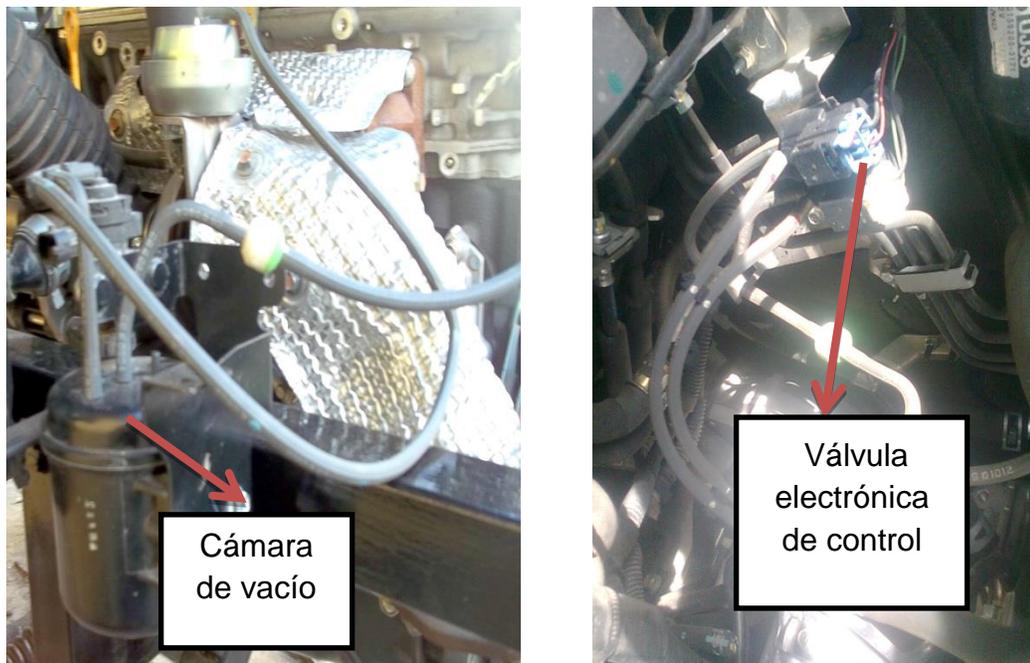


Fig. 29 Control de la presión del turbo del Motor Mazda Bt50 Diesel

Fuente: (Autor, 2013)

Beneficios del Turbocompresor de Geometría Variable (TGV)

- Posee una respuesta mejor en bajas revoluciones mejorando el par motor a bajas vueltas debido al mejor llenado del cilindro.
- Reduce el consumo de combustible y pérdida de potencia.
- Reduce las emisiones contaminantes logrando así un mejoramiento de funcionamiento de la válvula EGR.

Temperatura en el Turbocompresor

El turbo compresor está sometido a altas temperaturas debido a que su funcionamiento depende de los gases de la combustión y al estar directamente en contacto con ellos las zona del compresor especialmente la carcasa del escape donde la temperatura se eleva hasta unos 750 grados centígrados, mientras que en la carcasa de la admisión del turbo al estar en contacto con el aire del exterior su temperatura es menor parte desde los 80 hasta 150 grados centígrados.

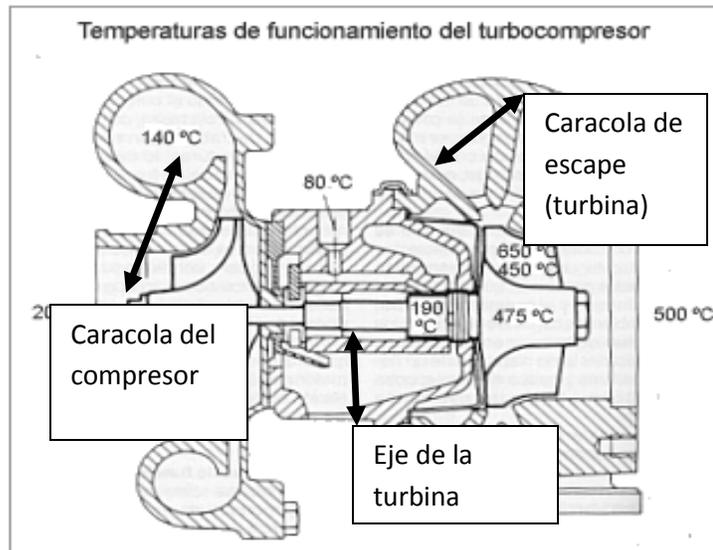


Fig. 30 Temperatura en un Turbocompresor

Fuente: (Autor, 2013)

Intercooler

El intercooler es un radiador de aire similar a la estructura de un radiador del circuito de refrigeración del motor posee canales y una rejilla tipo colmena con la que ayuda a disipar el calor.

Es un intercambiador de calor y enfría el aire que sale del turbocompresor normalmente el aire que sale del turbo está a unos 110 a 120 grados centígrados y al pasar por el intercooler ese calor es disipado y se rebaja a unos 60 grados centígrados.

El aire al estar caliente pierde densidad, normalmente la densidad del aire es de unos 1.29 kg/m³ a una temperatura de 0 grados centígrados, al aumentar la temperatura el aire pierde densidad y existe menos masa para llenar un volumen, por esa razón se crearon los intercoolers.

Tipos de intercoolers:

1. Aire/aire: en estos el aire comprimido es disipado el calor con aire externo, mediante la corriente de aire del exterior.
2. Aire/agua: el aire comprimido intercambia su calor con un depósito de hielo ubicado en el interior del coche, este al evaporarse produce finas gotas de agua y ayuda a enfriar el aire.

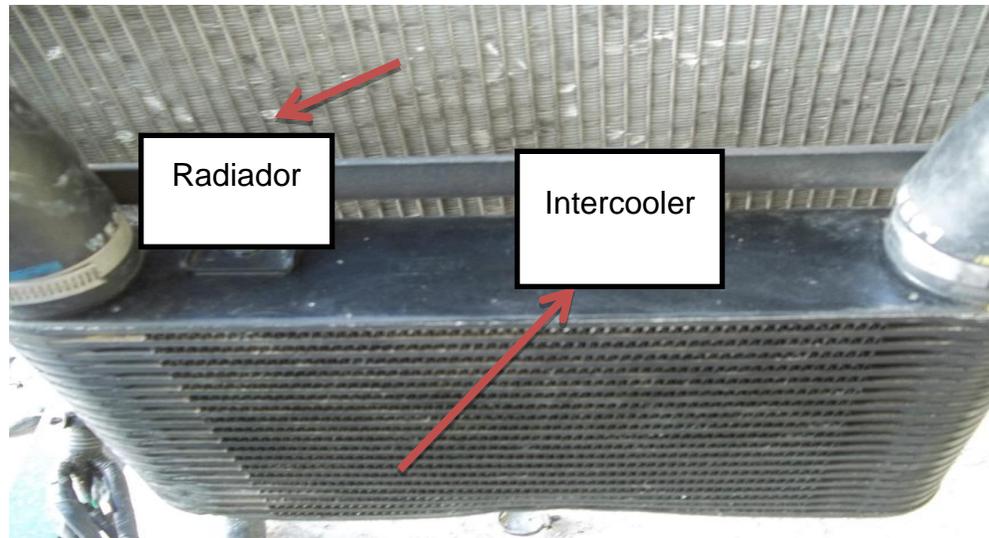


Fig. 31 Intercooler del motor Mazda Bt50 Diesel

Fuente: (Autor, 2013)

El engrase del turbo

La lubricación juega un papel muy importante en el turbo ya que es ella quien controla el desgaste de la fricción del eje de la turbina con los cojinetes.

Se debe emplear aceites que cumplan con las normas SAE y API y realizar cambios más frecuentes debido a las temperaturas que soporta. Un turbocompresor es sensible a la escasez de aceite.

Normalmente el aceite en el turbocompresor está a una temperatura de unos 221 grados centígrados en la que el aceite a esta temperatura puede carbonizarse y con ello reducir la vida útil del turbocompresor.

Existe un dispositivo llamado el turbotimer en que consiste hacer circular el aceite que se encuentra en los cojinetes del turbocompresor (cuña

viscosidad hidrodinámica) para que el aceite circule estando el motor apagado y no se quede estancado el aceite para que no se carbonice.

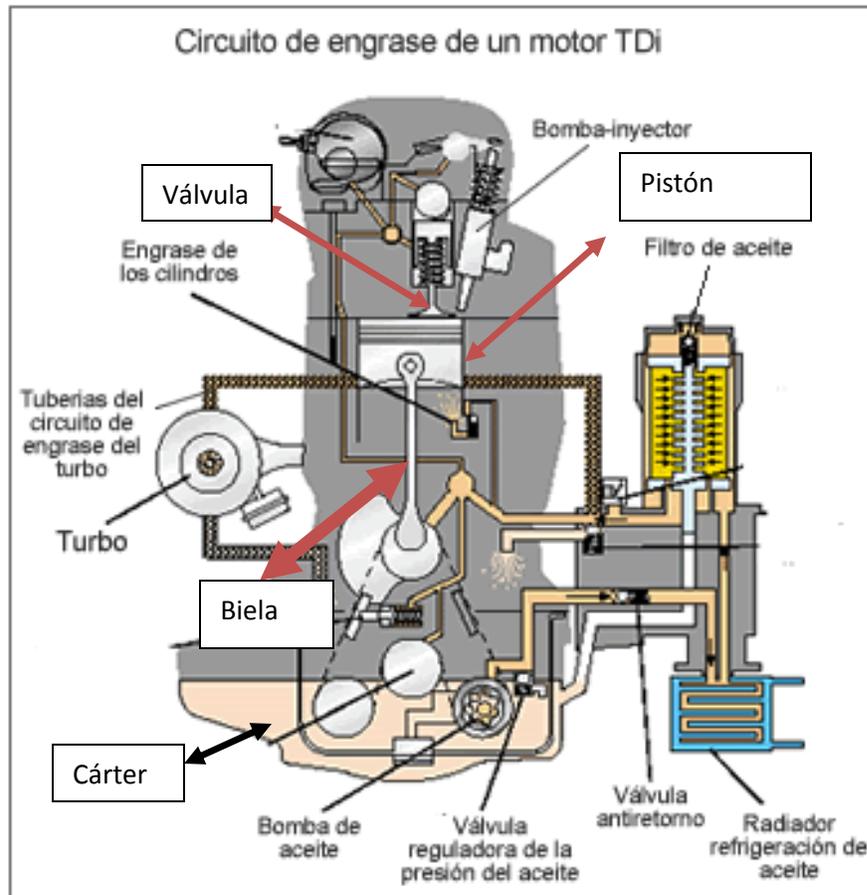


Fig. 32 Circuito de engrase de un motor TDI con Turbocompresor

Fuente: (Autor, 2013)

UNIDAD 2

Ventajas de la sobrealimentación del Motor

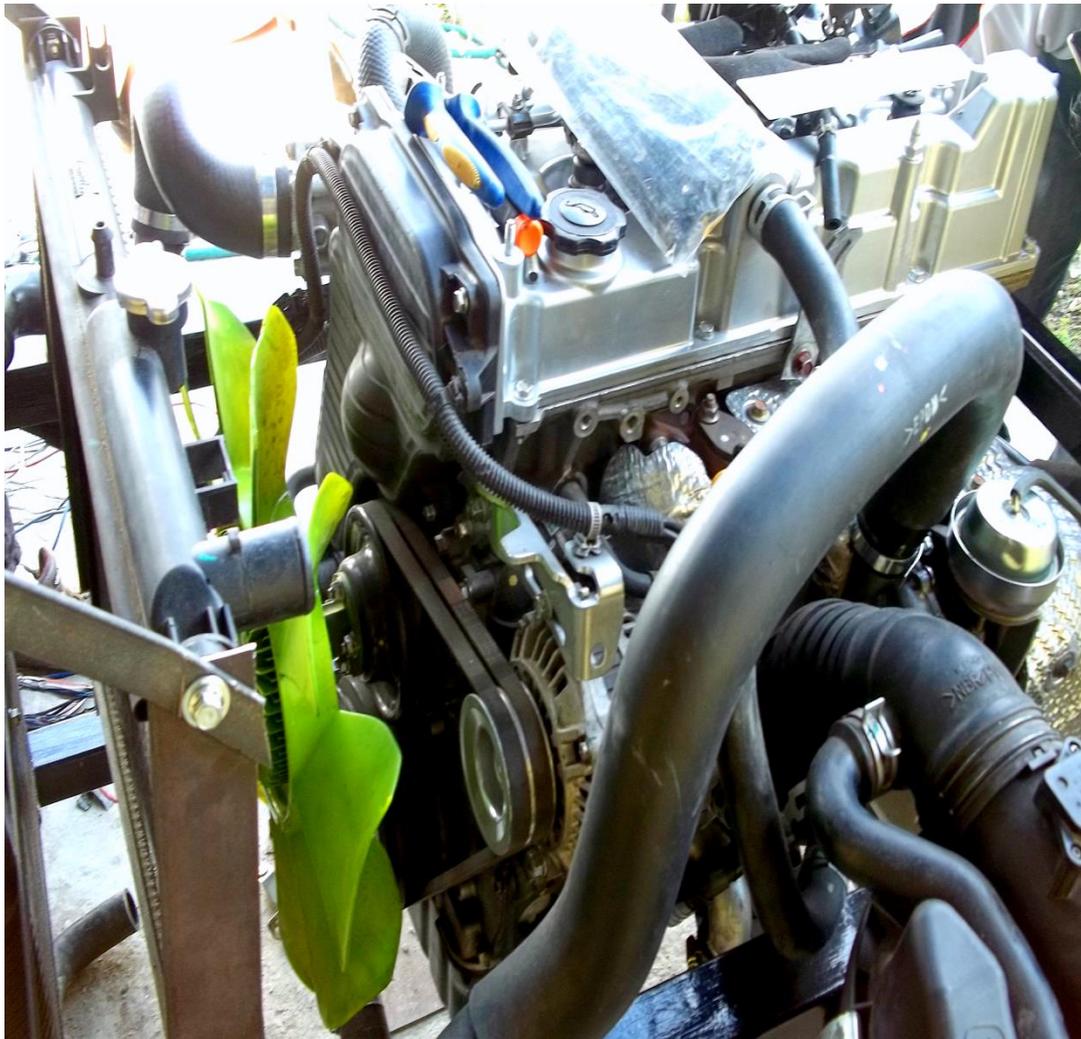


Fig. 33 Motor Mazda Bt50 Sobrealimentado

Fuente: (Autor, 2013)

Para aumentar la potencia de un motor se debe aumentar la cilindrada y la relación de compresión y con ello se eleva la potencia, el caballaje, pero al tener o adaptar pistones más grandes a un motor o mayor cantidad de cilindros se aumenta el peso. Con el turbocompresor se logra mejorar el llenado del cilindro sin cambiar o alterar el tamaño de los mismos, es decir un motor turbo cargado de 4 cilindros puede tener el doble de la potencia de un motor de ocho cilindros atmosférico.

La presión normal de un turbocompresor es de 6 a 8 psi (libras por pulgadas cuadrada) la presión atmosférica es de 14.7 psi a nivel del mar, esto nos quiere decir que unos 50% de potencia recibe el motor pero en realidad recibe 30 a 40%.

El turbocompresor es más empleado en motores diésel debido a que el motor diésel trabaja con aire puro y no tiene mariposa de aceleración el aire entra sin obstrucción hacia el interior de los cilindros.

Cabe señalar también que las presiones de compresión de un motor diésel (40 a 55 bares) en relación a un motor de gasolina (15 a 25 bares) y la relación de compresión es elevada en los motores diésel (14 a 22:1) y mientras tanto en los motores a gasolina de (7 a 10:1) con límite a al autoencendido.

Ventajas de usar turbo alimentador

El turbocompresor es impulsado por la energía del gas de escape, que en su salida al ambiente es desperdiciada, un motor turboalimentado ofrece muchas ventajas sobre los del tipo convencional.

Relación potencia-peso (kw/kg)

Al usar un turbocompresor se incrementa la potencia y el par motor (torque). Normalmente se incrementara en un 35 a 40% por encima de un motor atmosférico diésel, es decir un motor diésel es más potente que un motor de 6 u 8 cilindros, evitando así el peso por la estructura del motor.

Reducción del ruido del motor

Un motor con turbocompresor es más silencioso que un motor convencional debido a que las carcasas absorben el ruido aunque generalmente se logra escuchar un pequeño silbido cuando está el motor a media carga o a plena carga.

Economía de combustible (gal/kw/h)

Un motor turboalimentado tiene un rendimiento volumétrico más alto que el convencional, con el que se logra una combustión más completa, que da como resultado un consumo más bajo de combustible normalmente un motor turbo cargado consume 204gal/kw/h, mientras que un motor atmosférico 230kg/kw/h.

Disminución de humos

Los turbocompresores abastecen al motor una cantidad adicional de aire en el funcionamiento a media y alta velocidad, que da lugar a una etapa de combustión mucho más eficaz y limpia, lo que reduce considerablemente la producción de humos, evitando así también menos emisiones de gases contaminantes al ambiente.

Inconvenientes

Cuando el motor gira a bajas vueltas (rpm) los gases de escape apenas logran impulsar la turbina y se comporta el motor como un motor atmosférico

debido a que no existe velocidad de salida mayor de los gases de escape, para este tipo de inconvenientes se creó el turbo de geometría variable.

Comparación de la sobrealimentación

Tabla 2 Comparaciones entre un motor atmosférico y turbo cargado

MOTOR ATMOSFERICO	MOTOR CON TURBO
Depresión 1,2 atm	Sobrepresión 2 atm
Menor potencia	Mayor potencia
149Kw=203Cv	224Kw=305Cv
Menor torque 760 Nm	Mayor torque 1200Nm
Mayor consumo 230 gal/kW/h	Menor consumo 204 gal/KW/h
Por cada 1000m de altura pierde el 10% de potencia	Mantiene la potencia

Fuente: (Autor, 2013)

Para certificar que la vida útil del turbocompresor se corresponda con la del motor, deben efectuarse de forma precisa las siguientes instrucciones de mantenimiento del motor que proporciona el constructor o el fabricante:

Mantenimiento del turbocompresor

El mantenimiento es de vital importancia ya que un motor turboalimentado requiere más cuidado que un motor atmosférico.

Se debe controlar que no existan presencia de cuerpos extraños en el interior del turbo (polvo, piedras, tuercas) y a la vez mantener bien apretadas las abrazaderas de las mangueras que transportan el aire hacia el interior del tubo y del intercooler.

La presencia de partículas de polvo en el interior del turbo provocan desgaste por abrasión rayando así el eje de la turbina y los cojinetes del turbo, para ello se debe efectuar el cambio del filtro de aire cada 40.000 km o cada 8 meses.

Se debe controlar la temperatura, las conexiones de lubricación y refrigeración del turbo ya que ellas transportan el aceite para lubricar y evitar la fricción y el agua o líquido refrigerante que ayuda a refrigerar el turbo.

El cambio de aceite se debe realizar cada 2.500 a 3.500 km y emplear aceites multigrados con las especificaciones SAE y API. La presión de aceite no debe bajar los 30 PSI ya que un turbocompresor es sensible a la lubricación, se fundiría en cuestión de minutos.

Para el respectivo montaje del turbocompresor una vez reparado, se debe realizar una inspección del giro de la turbina, se debe controlar que no exista desbalanceo del eje de la turbina (juego radial) y a la vez comprobar que no exista cabeceo (juego axial). Esto se realiza mediante la ayuda de un reloj palpador.

Al montar un turbo cargador se debe emplear absoluta limpieza en el manejo del turbo y en todas las conexiones, sean estas de aire, agua y aceite; para asegurarse la ausencia de materiales indeseables como fragmentos de mecanizado, virutas, sedimentos, etc. Tener en cuenta que aun partículas muy pequeñas pueden causar daño a los rotores por la elevada velocidad de rotación.

En el momento de instalar el turbo cargador no usar silicón en los empaques de entrada y retorno de aceite y verificar que todos los tornillos de fijación de las carcasas de turbina y compresor se encuentren bien apretados.

Una vez instalado el turbo cargador en el motor coloque aceite de motor con una aceitera por las entradas de lubricación y verificar que las turbinas giren suavemente sin roce de ninguna clase.

Importante: Antes de parar el motor, dejarlo funcionar en marcha lenta durante un minuto para estabilizar la temperatura de los componentes internos del turbo y evitar que el eje gire sin lubricación.

Respetando estas indicaciones, su turbo cargador y motor tendrán una vida más larga, evitando paradas indeseables y costos adicionales.

Tabla 3 Mantenimiento del Turbocompresor

Mantenimiento del Turbocompresor
Encender el motor sin acelerones
Realizar cambio correcto de aceite 2.500-3.500km
Revisión periódica del filtro de aire y sus conductos, cambiar el elemento entre los 8 y 10 meses o cada 40.000km.
Apagar el motor correctamente

Fuente:(Autor, 2013)

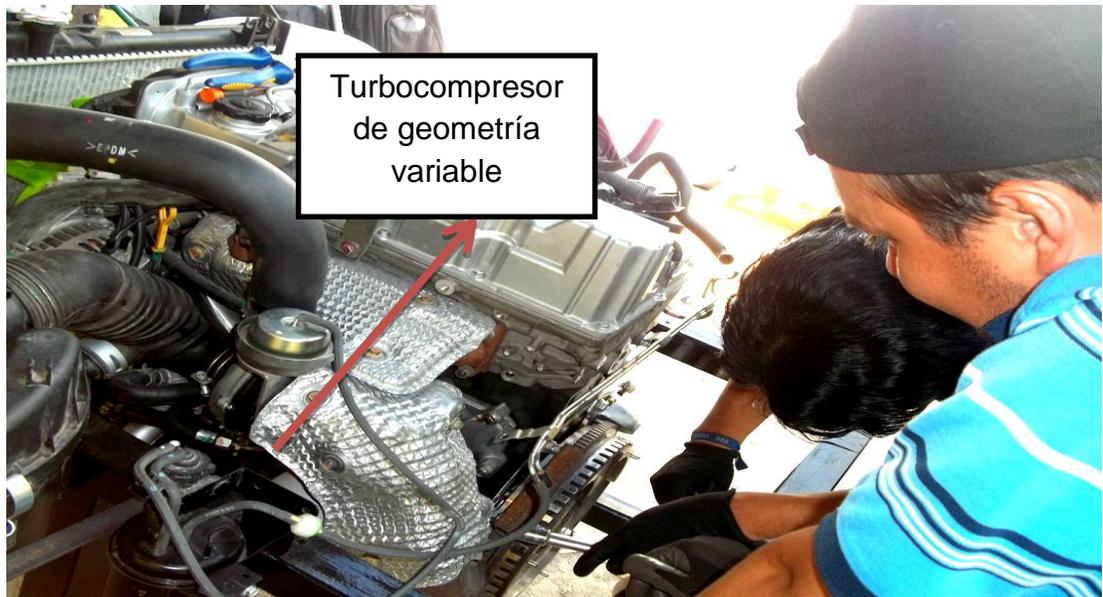


Fig. 34 Mantenimiento del Turbocompresor

Fuente: (Autor, 2013)

Ventajas de usar un turbocompresor

- Mantiene la potencia en altas y bajas altitudes, no influye la presión atmosférica.
- Aprovecha los gases del motor para su accionamiento, no precisa de accionamiento mecánico.
- Posee menos peso para contribuir con la eficiencia y potencia del motor, se acopla fácilmente al motor.

Lubricantes

Para su larga vida del motor y del turbocompresor se debe emplear aceites que cumplan las normas específicas y técnicas según las normas SAE, API, a continuación tenemos los aceites de la marca AMALIE:

Ultra Turbo Diésel UHPD 10W-40

Es un aceite multigrado presto a cumplir las altas exigencias de trabajo en condiciones extremas. Reduce el desgaste, evita la corrosión y formación de espuma. Mantienen el motor limpio de impurezas.

Lubricante Castrol Tection 15W-40

Castrol Tection 15W-40 es un aceite multigrado ajustable a todos los motores diesel turbo cargados, aspirados naturalmente (atmosféricos) o con recirculación de gases de escape (EGR) que soliciten un alto nivel de rendimiento bajo rígidas condiciones de trabajo. Posee máximos tiempos de cambio (3.500 a 4.000 km/hrs), ayuda a neutralizar el porcentaje de azufre.

Lubricante Ursa Premium SAE 15W40

Es un aceite multigrado para motores diésel de muy alto rendimiento (super high performance diésel SHPD) especialmente diseñado para motores sobrealimentados incluso para motores con válvula EGR. Ayuda a controlar la oxidación y depósitos de carbón en el pistón.

Averías y soluciones del turbocompresor

Tabla 4 Tabla de averías y soluciones del turbocompresor

Síntomas	Causas	Soluciones
Falta de potencia del motor	Filtro de aire obstruido	Cambio de filtro de aire
Humo negro en el escape	Obstrucción en la turbina de entrada de aire al turbo	Eliminar obstrucción y cambiar piezas dañadas.
Consumo de aceite	Cuerpo central con aceite carbonizado Fugas de aceite entre turbo y la admisión del motor	Cambiar el aceite y filtro de aceite, reparar turbo cargador.
Humo blanco en el escape	Fuga de aire por tapa válvulas del motor. Obstrucción del respiradero del cárter.	Cambiar juntas Eliminar obstrucción. Consultar manual del motor.
Turbo con ruido extraño	Obstrucción de la turbina de entrada de aire del turbo. Fuga de gases entre múltiples de escape y turbo Turbo alimentador averiado	Eliminar obstrucción, cambiar piezas dañadas si es necesario. Cambiar juntas y apretar pernos. Corregir falla, reemplazar turbo.
Pasaje de aceite por el compresor	Obstrucción en el tubo de drenaje de aceite del turbo. Problemas internos del motor (válvulas, pistones)	Eliminar obstrucción y limpiar el turbo. Enrinar o repara motor.
Pasaje de aceite por la turbina	Obstrucción en el tubo de drenaje de aceite del turbo. Cuerpo central con aceite carbonizado.	Eliminar obstrucción y limpiar el turbo. Cambiar el aceite y filtro

	Turbo alimentador averiado. Problemas internos del motor (válvulas, pistones).	de aceite. Reparar turbo Corregir fallas, reemplazar turbo. Reparar motor según especificaciones del fabricante.
Alabes del turbo atascados en la corona	Carbonilla en la corona Falta de presión de vacío	Desmontar y limpiar Revisar conductos, válvulas electro neumáticas

Fuente: (Autor, 2013)

5.7.- IMPACTOS

5.7.1.- Impacto Social

Con la elaboración de este proyecto los estudiantes de la carrera tendrán la oportunidad de acceder al módulo para reforzar e incrementar sus conocimientos teóricos prácticos.

Con la existencia de este módulo, se estimula el mejoramiento de la calidad de enseñanza tanto de los Ingenieros docentes y estudiantes por cuanto se incrementara el interés de aprendizaje.

5.7.2.- Impacto Educativo

En el ámbito educativo tendrá un impacto positivo por cuanto los estudiantes tendrán a su alcance e información a través de este módulo que generara mayor conocimiento y la oportunidad de aplicarlos en vehículos con motores diésel common rail con turbo de geometría variable.

5.7.3.- Impacto Tecnológico

En el campo tecnológico la aplicación del sistema common rail es de gran eficacia para los motores diésel, por el cual reduce el consumo de combustible manteniendo una eficiencia en su motor y a la vez reduciendo emisiones contaminantes el cual permita mantener un ambiente más limpio.

5.8.- Socialización del módulo

Objetivo: Socializar el módulo con los estudiantes del 10mo semestre de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, dando a conocer la sobrealimentación y el funcionamiento del turbo de geometría variable, sus componentes y mantenimiento.

La socialización se realizó el día martes 23 de Abril del presente año, en el aula de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz con los estudiantes del 10mo semestre, con la presencia del Ing. Edgar Mena director de tesis.

Se presentó la información detallada en diapositivas y se explicó a los estudiantes la importancia de la sobrealimentación del motor y sobre el turbo de geometría variable.

Mediante la socialización se dio a conocer el tema propuesto y por ende se orientó a los estudiantes a dar conocer estas nuevas tecnologías que se encuentran implementadas en los motores de hoy.

Procedimiento de la Socialización

El procedimiento se realizó con la información detallada en diapositivas y fue presentada mediante un proyector en el cual se difundió la información. La socialización abarco los siguientes temas: la sobrealimentación en el motor, el turbocompresor, elementos de la sobrealimentación, el turbocompresor de geometría variable, fases de funcionamiento, el engrase del turbo y mantenimiento.

Bibliografía

- 1.- Autor. (2013).
- 2-Autor. (2013). Ibarra.
- 3.- Autor. (2013). Ibarra.
- 4.- Autor.. (2013). Ibarra.
- 5.- Autor. (2013). Ibarra.
- 6.- Autor. (2013). Ibarra.
- 7-Autor. (2013). Ibarra.
- 8.- Autor. (2013). Ibarra.
- 9.- Autor.. (2013). Ibarra.
- 10.- Autor. (2013). Ibarra.
- 11.- Autor. (2013). Ibarra.
- 12.-aereovag. (2009). www.aerovag.com.
- 13.-arpem. (2012). www.arpem.com.
- 14.-autocity. (s.f.). autocity.com.
- 15.-autoxuga. (s.f.). autoxuga.com
- 16.-enginebasics. (2010). enginebasics.com.
- 17.-Ferrer, G. C. (2008). Camiones y vehículos pesados. España:
CULTURAL S.A.

- 18.-fordv8argentina. (2010). www.fordv8argentina.com.
- 19.-fullcustom. (s.f.). 2007 <http://www.fullcustom.com>
- 20.-fullcustom. (s.f.). [fullcustom.com](http://www.fullcustom.com). Obtenido de <http://www.fullcustom.com>
- 21.-granadaracingclub. (2009). www.granadaracingclub.com.
- 22.-leroy-mundotuning. (2008). www.leroymundotuning.com.
- 23.-lujan. (2010). [lujan 4x4 http://www.lujan4x4.com](http://www.lujan4x4.com)
- 24.-lujan. (2010). [lujan4x4](http://www.lujan4x4.com). Obtenido de <http://www.lujan4x4.com>
- 25.-naikotuning. (2006).
- 26.-Naikotuning. (2006). Naikotuning.com.
- 27.-Naikotuning. (2006). *Naikotuning.com*.
- 28.-Naikotuning. (2006). www.naikotunig.com.
- 29.-naikotuning. (2008).
- 30.-pic.autoscout. (2011). autoscout.
- 31.-Stephen Michael, E. (1999). Operacion de plantas industriales.
McGrawHill.
- 32.-turbodrivn. (2010). www.turbodrivn.com
- 33.-varios. (s.f.). wikipedia. 2013
- 34.-velocidadmaxima. (s.f.). www.velocidadmxima.com.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 5 Matriz de coherencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL
<p>¿De qué manera los docentes de la carrera de Ing. Mantenimiento Automotriz manejan la enseñanza del sistema common rail diésel del motor Mazda BT 50 Diésel hacia los estudiantes?</p>	<p>“Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza, del funcionamiento del turbocompresor de geometría variable de un motor Mazda BT 50 diésel”</p>
SUB PROBLEMA- INTERROGANTES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<p>¿Qué tipo de información bibliográfica existe acerca del Turbocompresor de geometría variable del motor Mazda BT 50 diésel?</p> <p>¿Qué finalidad se busca al elaborar el módulo didáctico para la enseñanza del turbocompresor de geometría variable diésel del motor Mazda BT 50?</p> <p>¿Con que finalidad se realiza la socialización del módulo con los estudiantes de la carrera?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación bibliográfica acerca del funcionamiento del turbocompresor de geometría variable de un motor Mazda BT 50 diésel. - Presentar un modelo didáctico real del turbocompresor de geometría variable conjuntamente con el motor Mazda BT 50 diésel el cual quedara en los talleres de la carrera de Ing. Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte. - Elaborar un módulo didáctico y socializarlo.

ANEXO 2

FOTOS DEL MOTOR MAZDA BT50 DIESEL COMMON RAIL EQUIPADO CON TURBO DE GEOMETRÍA VARIABLE



Fig. 35 Motor Mazda BT50 Diésel

Fuente: (Autor. 2013)



Fig. 36 Motor Mazda BT50 Diésel vista superior

Fuente: (Autor. 2013)



Fig. 37 Motor Mazda BT50 Diésel vista lateral

Fuente: (Autor. 2013)



Fig. 38 Motor Mazda BT50 Diésel vista frontal

Fuente: (Autor. 2013)



Fig. 39 Maqueta real del Motor Mazda BT50 Diésel

Fuente: (Autor. 2013)

Anexos de la socialización del módulo

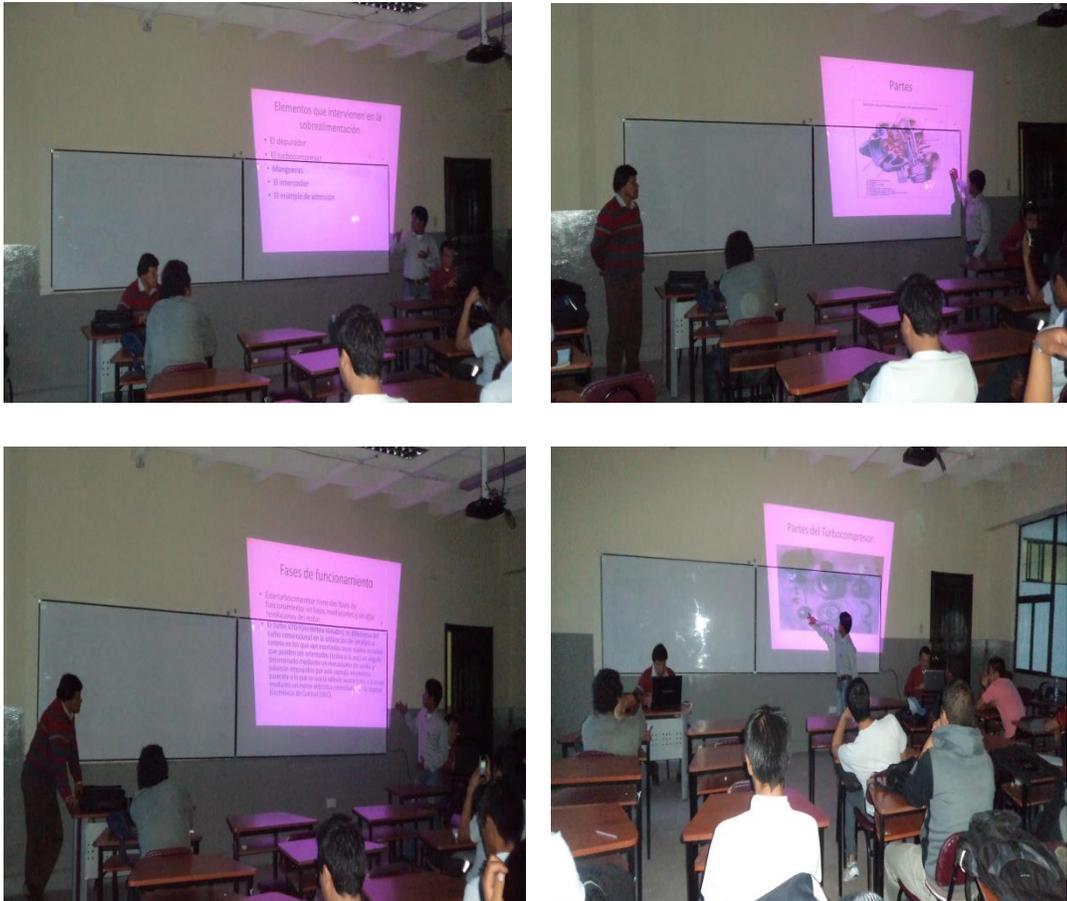


Fig.40 Socialización del módulo



TEST OFICIAL OPACIDAD HUMO

OPACÍMETRO	OPA-100	TACÓMETRO	
Número de Serie	: 110909000111	Número de Serie	:
Número de Homologación	: OY00293bNET	Número de Homologación	:
Fecha vencimiento calibración	: 28/09/2012	Fecha vencimiento calibración	:

DATOS TALLER

TALLERES UTE	
Av. 17 de Julio sector "EL CLIVO"	06 2953 461
IBARRA	www.ute.edu.ec

DATOS DEL VEHICULO

Placa	: ABA03390	Códmetro	: 55000
Marca	: MAZDA	Año de Construcción	: 2011
Modelo	: BT-50		
No. Chasis	: BLFUNYOWNAM000141		

LIMITES PRESCRITOS

Temperatura Motor	: 75 [°C]	Diferencia opacidad	: 10 [%]	Opacidad	: 50 [%]
-------------------	-----------	---------------------	----------	----------	----------

VALORES MEDIDOS

OPACIDAD				
Temperatura Motor	:	104 [°C]		
	Pico opacidad [%]	RPM ralenti [1/min]	RPM max [1/min]	
Aceleración 1	: 1.0 *	750	2220	
Aceleración 2	: 0.5 *	810	2290	
Aceleración 3	: 0.3 *	800	2350	
Aceleración 4	: 5.9 *	800	2490	
Aceleración 5	: 0.6 *	800	2400	

RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS

Valor diferencia de la opacidad	: 5.6
Valor promedio de la opacidad	: 1.7

Fecha y hora de inicio prueba	: 17/04/2013	16:04:13
Fecha y hora de termine prueba	: 17/04/2013	16:07:31

Examinador	: CARRERA IMA UTE
------------	-------------------



Socialización del Modulo del Turbocompresor de geometría variable del Motor
Mazda BT50 Diesel WLC 2.5 CRDI

La socialización se llevo a cabo el día martes 23 de Abril del 2013 con los estudiantes del 10mo semestre de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, en la que se brindo la información de la sobrealimentación del motor y el turbocompresor de geometría variable, dando así a conocer a cerca de estas nuevas tecnologías que presentan los motores diesel de hoy.

La socialización se realizo con la presencia del Ing. Edgar Mena director de tesis.

Alex Ortiz

100344489-8

Ing. Edgar Mena

Director de tesis

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ibarra a 19 de Junio del 2013

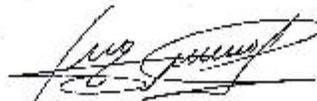
CERTIFICADO

Yo Ing. Edgar Mena en calidad de tutor de tesis certifico:

Que el trabajo de Grado con tema "MÓDULO DIDÁCTICO DEL TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE DEL MOTOR MAZDA BT50 2.5 WL-C CRDI" del señor egresado Ortiz Hernández Alex Raúl, pertenecientes a la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, cumplieron con la comprobación de plagio dando como resultado **negativo** y podrán proceder con la defensa de tesis.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Atentamente


Ing. Edgar Mena

Nombre	cedula	Firma
Jesenia Ayala	100357512-3	
Crisobolena Samuel	100250926-0	
Alma Pazo	040156162-6	
Olga Puntatar	040160868-2	
Carlos Rosero	812022576-0	
Guadalupe Klever	040164308-8	
Henry CHAVEZ	100369854-3	
Patricio Frias	040135663-4	
Franklin Rueda	040180054-5	
Daniela Vargas	100298262-4	
Estelita Gutierrez	84 0100 882-7	
William Jacome	10032275-9	
Geovana David	100334163-1	
Anibal Molina	100 330386-9	
MAURICIO MUÑOZ R.	040130965-3	
Alvaro Toro V.	040181834-5	
Edwin Pastaza Wenger	100270712-1	
Fabian Maestra	040164662-5	
Santiago Jiménez Benavides	040158690-0	
HARCO BOACUUSA	100 580392-3	
Diego Andrés Guevara Pazo	100298018-8	
CHICAIZA JORGE A.	1003094073	

2013-04-23

Luis López	040166046-9	
David Lema	100287962-9	
JOEL OBAUDO	080263066-5	
Luis Pinto Ayala	100356792-0	
JEFFERSON ESTÉVEZ	100333222-6	
GUARO URRUTIA	040163301-1	
Aurita Paredes Játiva	040169076-3	
Cristian Molina	040151862-6	
Jhonatan Cascedo Enriquez	040130050-4	
Pablo Cabrera R.	100314531-3	
Carlos Ortiz	100322957-0	
Stalin Quiroz	040152191-9	


2013-04-23



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003444898-8
APELLIDOS Y NOMBRES:	ORTIZ HERNÁNDEZ ALEX RAÚL
DIRECCIÓN:	ATUNTAQUI-CHALTURA
EMAIL:	alexortizh1987@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 0983803028

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MÓDULO DIDÁCTICO DEL TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE DEL MOTOR MAZDA B150 WLC 2.5 CDRI
AUTOR (ES):	ORTIZ HERNÁNDEZ ALEX RAÚL
FECHA: AAAAMMDD	2013-07-23
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Edgar Mena

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, ORTIZ HERNÁNDEZ ALEX RAÚL, con cédula de identidad Nro. 100344489-8, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio del 2013

EL AUTOR:

(Firma) 
Nombre: Ortiz Hernández Alex Raúl
Cedula: 100344489-8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, ORTIZ HERNÁNDEZ ALEX RAÚL, con cédula de identidad Nro. 100344489-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: MÓDULO DIDÁCTICO DEL TURBOCOMPRESOR DE GEOMETRÍA VARIABLE DEL MOTOR MAZDA BT50 WLC 2.5 CDRI, que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio del 2013

{Firma: 

Nombre: Ortiz Hernández Alex Raúl
Cédula: 100344489-8

