



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y
DIAGNÓSTICO PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

RUBIO TOMALÁ JULIO CÉSAR

GUAYAQUIL, FEBRERO 2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

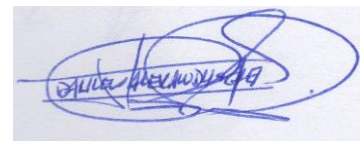
Ing. Daniela Jerez

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”** realizado por el estudiante: **Julio César Rubio Tomalá**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Julio César Rubio Tomalá, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Febrero del 2015



Ing. Daniela Jerez

DOCENTE DE CATEDRA

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Julio César Rubio Tomalá

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Febrero del 2015



Julio Rubio Tomalá

C.I. 0918805623

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Julio César Rubio Tomalá

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Febrero del 2015



Julio Rubio Tomalá

C.I. 0918805623

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado de forma muy especial y cariñosamente a mi esposa y mi hija, que con su apoyo incondicional, paciencia y amor me dieron las fuerzas suficientes y necesarias para culminar este trabajo satisfactoriamente.

Dedico también especialmente y con mucho orgullo a mis padres Fernando Rubio y Paula Tomalá, que fueron las personas fundamentales de mi formación personal, y que en base a su trabajo con esfuerzo y sacrificio me brindaron una educación con valores y principios consiguiendo así esta nueva meta

A todos mis hermanos que siempre estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos de mi vida, que confiaron en mí, y que en todo momento me brindaron su apoyo y sus consejos motivándome y dándome fuerzas para conseguir este sueño alcanzado.

Julio César Rubio Tomalá

AGRADECIMIENTO

Primeramente y ante todo quiero agradecer a DIOS, por ser mi guía en el camino, por darme fortaleza iluminando mi mente, gozando de buena salud y sobre todo por crecer dentro de una familia unida y maravillosa que amo íntimamente y que en todo momento estuvo a mi lado.

Agradezco a mis padres Fernando Rubio y Paula Tomalá, que siempre han permanecido a mi lado, y sobre todo en los momentos más difíciles de mi vida, han sabido guiarme y darme sus mejores consejos decidiendo así el mejor camino a seguir, fortaleciendo de esta forma mi personalidad, mi carácter y ser perseverante para alcanza nuevas metas.

Agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador y a tos su cuerpo de docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, por compartir sus conocimientos y experiencia durante mi formación académica, y un especial agradecimiento a mí tutora de tesis la Ing. (a) Daniela Jerez, que con sus consejos y direccionamiento se hizo posible el correcto funcionamiento de este proyecto de tesis.

Agradezco a todos mis hermanos y amigos por su apoyo incondicional, me brindaron sus mejores consejos motivándome cada día para obtener el sueño alcanzado.

Julio César Rubio Tomalá

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRAC.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
PRELIMINARES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN, Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Planteamiento.....	1
1.1.2. Formulación.....	2
1.1.3. Sistematización.....	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1. Justificación teórica.....	4
1.3.2. Justificación metodológica.....	5
1.3.4. Justificación práctica.....	6
1.3.5. Delimitación temporal.....	6
1.3.6. Delimitación geográfica.....	6
1.3.7. Delimitación del contenido.....	7

1.4. HIPÓTESIS.....	7
1.4.1. Variables de hipótesis	8
1.4.2. Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO II.....	9
Marco teórico	9
2.1 DEFINICIÓN DEL MOTOR DIÉSEL Y SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	9
2.2. Ciclos del motor diésel	10
2.2.1. Ciclo teórico	10
2.2.2. Ciclo práctico	15
2.2.3. Diferencias entre ciclo teórico y ciclo práctico	17
2.2.4 Análisis del diagrama real	18
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DIÉSEL	20
2.3.1. Cilindrada y relación de compresión	20
2.3.2. Tipos de cámara de combustión	21
2.3.3. Clases de potencia	24
2.3.4. Rendimiento del motor diésel.....	26
2.3.5. Velocidad de carga del motor diésel	26
2.4. ESTRUCTURA Y COMPONENTES DEL MOTOR DIÉSEL	27
2.4.1. La culata	27
2.1.1 Block.....	29
2.5. SISTEMAS DEL MOTOR DIÉSEL	33
2.5.1. Sistema de admisión escape	33
2.5.2. Sistema de sobrealimentación	34
2.5.3. Sistema de refrigeración	36
2.5.4. Sistema de lubricación	39
2.6. Sistema de inyección de combustible.....	41
2.6.1. Principio de funcionamiento del sistema de inyección diésel.....	41

2.6.2. Características de la inyección.....	42
2.6.3. Función y componentes del circuito de baja presión de combustible	44
2.6.4. Función y componentes del circuito de alta presión de combustible	45
2.6.5. Constitución y función del inyector	45
2.6.6. Constitución y función de la bomba de inyección en línea	46
2.6.7. Proceso de la combustión diésel y retardo de la inflamación	54
2.7. PANEL DE INSTRUMENTO Y SISTEMA ELÉCTRICO	55
2.7.1. Función del panel de instrumento	55
2.7.2. Tipos de indicadores	55
2.7.3. Función y características de los indicadores del panel de instrumento en relación al motor diésel	56
2.7.4. Función y componentes del circuito de carga	58
2.7.5. Función y componentes del circuito de arranque	60
CAPITULO III	61
PUESTA A PUNTO DEL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1	61
3.1 ANÁLISIS DE LA RE-CONSTRUCCIÓN DEL MOTOR Y SISTEMA DE INYECCIÓN	61
3.2. ANTECEDENTES DEL MOTOR DIÉSEL.....	62
3.3. DIAGNÓSTICO DEL MOTOR ANTES DEL PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN.....	63
3.4. DESPIECE, VERIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y COMPONENTES DEL MOTOR.....	64
3.4.1. Culata.	65
3.4.2. Block.....	74
3.5. PROCESO DE ARMADO Y AJUSTE DEL MOTOR.....	89
3.6. ANÁLISIS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	110
3.6.1. Diagnóstico, verificación y comprobación de la bomba de inyección.....	110

3.6.2. Calibración y ajuste de la bomba de inyección.....	111
3.6.3. Inyectores	111
3.6.4. Diagnóstico, verificación y comprobación del inyector.....	112
3.6.5. Calibración y ajuste del inyector.....	113
3.6.6. Verificación y prueba de funcionamiento del inyector.....	113
3.7. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO	114
3.7.1. Análisis del sistema de carga.....	114
3.7.2. Diagrama del circuito del sistema de carga.....	115
3.7.3. Análisis del sistema de arranque	115
3.7.4. Diagrama del circuito del sistema de arranque	116
CAPITULO IV.....	117
Diseño y construcción de la estructura del banco de pruebas.....	117
4.1 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL BANCO DE SOPORTE.	117
4.1.1 Requerimientos del diseño.....	117
4.1.2 Dimensionamiento del banco de soporte.	118
4.1.3 Selección de perfiles y propiedades de material.	119
4.1.4 Análisis estático del sistema.	120
4.1.5 Análisis dinámico del sistema.	124
4.1.6 Selección del método de soldadura.	126
4.1.7 Selección del electrodo.	127
4.1.8 Construcción de la estructura metálica.	128
4.2. MONTAJE DEL MOTOR Y SUS RESPECTIVOS IMPLEMENTOS Y ACCESORIOS	129
4.2.1. Montaje del motor	129
4.2.2. Montaje del radiador.....	129
4.2.3. Montaje de la batería.....	130

4.2.4. Montaje del tanque de combustible	131
4.2.5. Montaje del panel de instrumento.....	132
4.2.6. Montaje del tubo de escape	132
CAPÍTULO V.....	134
COMPROBACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	134
5.1. FALLAS Y SOLUCIONES DEL MOTOR DIÉSEL ISUZU 4HG1.....	134
5.2. FALLAS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	138
5.3. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	140
5.4 GUÍAS DE PRÁCTICAS	143
CAPÍTULO VI.....	147
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
6.1 CONCLUSIONES	147
6.2 RECOMENDACIONES	148
BIBLIOGRAFÍA.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa ciudad de Guayaquil.....	7
Figura 2: Motor Turbo Diésel Isuzu 4HG1	9
Figura 3: Gráfico del proceso de admisión	10
Figura 4: Gráfico del proceso de compresión	11
Figura 5: Gráfico del proceso de combustión	12
Figura 6: Gráfico del proceso de escape.....	12
Figura 7: Diagrama del ciclo teórico del motor Diésel.....	13
Figura 8: Diagrama del ciclo mixto del motor Diésel.....	14
Figura 9: Ciclo práctico del motor Diésel	15
Figura 10: Diagrama de la distribución de las válvulas del Motor Turbo Diésel Isuzu 4hg1	16
Figura 11: Diagrama del ciclo teórico vs práctico	17
Figura 12: Diagrama real del motor Diésel	18
Figura 13: Cilindrada y relación de compresión.....	21
Figura 14: Cámara de combustión	22
Figura 15: Cámara de inyección directa	23
Figura 16: Cámaras de inyección indirecta	24
Figura 17: Potencia efectiva o par motor.....	25
Figura 18: Componentes de la culata.....	27
Figura 19: Block del motor	29
Figura 20: Elementos del pistón	31
Figura 21: Turbo compresor	34
Figura 22: Componentes del turbo compresor	35
Figura 23: Circuito del sistema de refrigeración	36
Figura 24: Funcionamiento del termóstato	38
Figura 25: Funcionamiento de la tapa del radiador	38
Figura 26: Circuito de lubricación.....	40
Figura 27: Circuito del sistema de inyección	42
Figura 28: Curva característica de la inyección y combustión del combustible.....	43
Figura 29: Funcionamiento y partes del inyector	45

Figura 30: Sección de la bomba de inyección	47
Figura 31: Funcionamiento de la bomba de inyección.....	47
Figura 32: Elemento de bombeo de la bomba de inyección	49
Figura 33: Posición de la cremallera de control.....	50
Figura 34: Variador de avance de la bomba de inyección	51
Figura 35: Regulador Centrífugo	52
Figura 36: Funcionamiento del regulador - Acción del conductor	53
Figura 37: Funcionamiento del regulador - Acción del regulador.....	54
Figura 38: Tablero de instrumento	56
Figura 39: Verificación de la planitud de la culata	66
Figura 40: Verificación de holgura entre vástago y guía de válvulas	68
Figura 41: Verificación del diámetro del vástago de la válvula	69
Figura 42: Desgaste de la superficie del asiento de la válvula	70
Figura 43: Verificación de desviación del árbol de levas	72
Figura 44: Verificación de alturas de las levas	73
Figura 45: Verificación de la planitud de la superficie del block.....	76
Figura 46: Verificación de los cilindros	78
Figura 47: Verificación de los cilindros	81
Figura 48: Verificación y medición del pistón	82
Figura 49: Verificación de los segmentos-rines.....	83
Figura 50: Verificación de excentricidad del eje cigüeñal	85
Figura 51: Verificación y medición de los apoyos de bancadas y muñequillas de biela del eje cigüeñal.....	86
Figura 52: Desgaste de los cojinetes de bancadas y bielas	88
Figura 53: Montaje de los cojinetes de bancadas.....	91
Figura 54: Comprobación de holgura entre cojinetes y apoyos de bancadas	92
Figura 55: Sentido de ajuste de los pernos de bancada.....	93
Figura 56: Comprobación de holgura entre puntas de los rines	94
Figura 57: Posición de instalación de los rines.....	95
Figura 58: Montaje de los cojinetes de las muñequillas de biela	95
Figura 59: Montaje de los pistones.....	96
Figura 60: Comprobación de holgura de cojinetes y muñequillas de biela	97
Figura 61: Montaje de la bomba y colador de aceite	98

Figura 62: Sincronización de la distribución del motor.....	99
Figura 63: Montaje de la coraza del block	100
Figura 64: Montaje de la tapa frontal y bomba de agua del motor	101
Figura 65: Montaje del cárter	102
Figura 66: Armado de la culata	103
Figura 67: Montaje de la junta de culata.....	104
Figura 68: Montaje de la culata y sentido de ajuste de los pernos	105
Figura 69: Aplicación del torque de ajuste de los pernos de la culata	105
Figura 70: Montaje de los cojinetes del árbol de levas	106
Figura 71: Comprobación de holgura de cojinetes y árbol de levas.....	107
Figura 72: Despiece de la bomba de inyección	110
Figura 73: Comprobación de la bomba de inyección.....	111
Figura 74: Verificación de atomización del inyector.....	111
Figura 75: Medición de la presión del inyector	112
Figura 76: Calibración del inyector	112
Figura 77: Calibración de presión de los inyectores	113
Figura 78: Inyector Calibrado	113
Figura 79: Diagrama del sistema de recarga del motor	115
Figura 80: Diagrama del sistema de arranque.....	116
Figura 81 Dimensiones principales del banco de soporte	119
Figura 82 Mallado del modelo en Ansys.....	121
Figura 83 Aplicación de cargas estáticas y restricciones del modelo	122
Figura 84 Deformación producida por cargas estáticas.....	122
Figura 85 Esfuerzos producidos por cargas estáticas	123
Figura 86 Deformación producida por cargas dinámicas.....	125
Figura 87 Esfuerzos producidos por cargas dinámicas	126
Figura 88 Equipo utilizado en soldadura SMAW	127
Figura 89 Montaje del motor	129
Figura 90 Montaje del radiador	130
Figura 91 Montaje de la batería	131
Figura 92 Montaje del tanque de combustible	131
Figura 93 Montaje del tablero de instrumentos.....	132
Figura 94 Montaje del tablero de instrumentos.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Operacionalización de variables	8
Tabla 3.1: Características del Motor Turbo Diésel.....	62
Tabla 3.2: Resultados del diagnóstico del motor turbo diésel Isuzu 4HG1	63
Tabla 3.3: Herramientas utilizadas	64
Tabla 3.4: Instrumento de medición y precisión	64
Tabla 3.5: Especificaciones técnicas de la culata y componentes.....	65
Tabla 3.6: Valores de distorsión y altura de la culata	67
Tabla 3.7: Holgura entre vástago y guía de válvulas	69
Tabla 3.8: Diámetro del vástago de las válvulas	70
Tabla 3.9: Altura de levas.....	74
Tabla 3.10: Diámetros de los apoyos del árbol de levas	74
Tabla 3.11: Especificaciones técnicas del block y componentes	75
Tabla 3.12: Valores de distorsión de la superficie del block	76
Tabla 3.13: Diámetro de los cilindros	79
Tabla 3.14: Ovalamiento de los cilindros.....	80
Tabla 3.15: Conicidad de los cilindros	80
Tabla 3.16: Diámetro del pistón	82
Tabla 3.17: Diámetros de los apoyos de bancadas del eje cigüeñal	86
Tabla 3.18: Diámetros de las muñequillas de biela del eje cigüeñal.....	87
Tabla 3.19: Rango de medición del eje cigüeñal	88
Tabla 3.20: Torque de ajuste de los pernos de motor	90
Tabla 3.21: Holgura de montaje de los apoyos de bancada del cigüeñal	92
Tabla 3.22: Holgura entre puntas de los rines	94
Tabla 3.23: Holgura de cojinetes y muñequillas de biela.....	98
Tabla 3.24: Holgura entre cojinetes y árbol de levas	107
Tabla 3.25: Calibración de válvulas.....	109

RESUMEN

La presente tesis presenta el proceso de diseño y construcción de un banco didáctico de pruebas para el motor turbo diésel ISUZU 4HG1, el cual es utilizado principalmente en los camiones Chevrolet NPR. El presente proyecto tiene como objetivo ser una herramienta de apoyo en la enseñanza a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE, permitiendo realizar pruebas y diagnósticos de fallas en motores diésel.

En el Capítulo 1 de este proyecto se incluye la información que detalla el alcance, planteamiento del problema, objetivos, justificación e hipótesis que se han desarrollado en este proyecto.

En el Capítulo 2 se incluye el marco de referencia, detallando las principales características que presentan los motores diésel, analizando la estructura, sistemas y los componentes que constituyen a este tipo de motores.

En el Capítulo 3 se incluye el proceso de reconstrucción al que se ha sometido el motor diésel ISUZU 4HG1, detallando el diagnóstico, despiece y la calibración de los componentes que han presentado un mayor daño o desgaste debido a su uso normal, logrando de esta manera poner en correcto funcionamiento al motor.

En el Capítulo 4 se muestra el proceso de análisis y diseño de la estructura metálica utilizada como banco de soporte, seleccionado el tipo de perfil y material adecuado para la estructura y en base a eso analizar por el Método de Elementos Finitos (MEF) el comportamiento de la estructura frente a las cargas estáticas y dinámicas a las que están sometidas.

ABSTRAC

The present thesis show the design process and construction of a didactic test bench for the ISUZU 4HG1 turbo diesel engine, which is mainly used in the Chevrolet NPR trucks. The present project aims to be a support tool in teaching to students of the Faculty of Mechanical Engineering Automotive of UIDE, allowing make testing and diagnosis of faults in diesel engines.

In the Chapter 1 of this project includes the information that details the scope, problem statement, objectives, justification and hypotheses that have been developed in this project.

In the Chapter 2 is included the framework, detailing the main characteristics of diesel engines, analyzing the structure, systems and components that make up this engine.

In the Chapter 3 is included the reconstruction process that has gone the Isuzu 4HG1 diesel engine, detailing diagnosis, cutting and calibration of components which have submitted further damage or wear due to normal use, achieving put the engine in working order.

In the Chapter 4 shown the process of analysis and design of the steel structure used as supporting bench, choosing the type of profile and suitable material for the structure and based on that analysis by the Finite Element Method (FEM) behavior of the structure against the static and dynamic loads to which it is subjected.

INTRODUCCIÓN

El motor a diésel tiene cuatro tiempos como el motor de gasolina, pero hay dos diferencias determinantes: no precisa ajustar la proporción aire- combustible, dotado, para que se produzca la combustión y se induce el comienzo de combustión por auto inflamación del gasóleo sin necesidad de bujías de encendido.

En atención a estos detalles no es precisa la mariposa de gases en el colector de admisión ni bujías de encendido. Según sea el caudal de gasóleo aportada, siempre por inyección, después de la válvula de admisión, o sea directa.

El menor consumo del motor diésel interesó enseguida a los profesionales del transporte, equipando a camiones con motores diésel de gran tamaño y cilindrada. Para su aplicación en automóviles, con motores bastante más pequeños. Cuando la anticontaminación marcó la evolución técnica, se hizo necesario encontrar la solución para poder aplicar la inyección directa en los motores a diésel de medio y pequeño tamaño.

El excelente rendimiento que se ha logrado en los motores diésel proviene del turbocompresor, que introduce en el motor bastante más aire logrando excepcionales valores de par, bastante más elevados que en motores de gasolina de igual cilindrada sin sobrealimentación. La potencia del motor a diésel está limitada por sus menores RPM.

CAPÍTULO I

PRELIMINARES

1.1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN, Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Planteamiento

La evolución en la industria automotriz avanza y crece significativamente, del cual cabe destacar un factor importante de esta evolución, es que actualmente existen vehículos de cargas ligeras equipados con un motor diésel, que conlleva que los profesionales sean capacitados de forma generalizada y actualizando sus conocimientos de forma constante y continua en esta línea de la rama automotriz.

El siguiente proyecto denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”, será creado con la finalidad de implementar en el laboratorio de inyección de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE extensión Guayaquil, contribuyendo de esta forma al mejoramiento de la enseñanza y aprendizaje de los docentes hacia los estudiantes, de tal forma ser proporcionales a esta evolución del sector automotriz.

Con este proyecto los estudiantes estarán preparados y en capacidad de obtener todo el conocimiento del funcionamiento y sistema del motor turbo diésel, mejorando su calidad de diagnóstico y tiempo de respuestas dando soluciones a las diferentes fallas que pudieran presentarse, sean de tipo mecánicas o eléctricas, utilizando e interpretando el manual del fabricante que nos proporcionará toda la información técnica del motor diésel de este proyecto antes mencionado.

1.1.2. Formulación

¿Es necesario la existencia de un banco de pruebas y diagnóstico para el motor turbo diésel Isuzu 4HG1, que sirva como herramienta fundamental del docente mejorando su calidad de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes donde podrán revisar y aplicar los conceptos teóricos, obteniendo un alto nivel de conocimiento del funcionamiento y realizar diagnósticos de fallas de estos motores durante las prácticas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica automotriz de la UIDE, extensión Guayaquil?

1.1.3. Sistematización

Para sistematizar el problema planteado se describen las causas básicas que conllevan a la elaboración de este proyecto, las cuales indican el detalle del problema central que generaron el tema de estudio.

- Existe correcta apreciación y manipulación de herramientas y equipos para los diagnósticos y soluciones a las posibles fallas que pudieran presentarse durante el funcionamiento del motor turbo diésel.

- Existe un banco didáctico con un motor turbo diésel en la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE, extensión Guayaquil, donde los estudiantes puedan adquirir conocimientos del funcionamiento del motor diésel.

- Existe un manual de procedimientos técnicos donde los estudiantes puedan interpretar y adquirir habilidades prácticas sobre los procesos de mantenimientos preventivos y correctivos del motor turbo diésel.

- Existen guías prácticas donde los estudiantes puedan llevar un control de diagnósticos de fallas y soluciones que puedan presentarse en el motor y su respectivo sistema de inyección.

Con los términos antes descrito que son los principales fundamentos para el desarrollo de este proyecto denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”.

El uso del banco de estudio es indispensable para los estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, ya que así podrán ver y analizar un ejemplo real de posibles fallas que presentan estos motores en los distintos concesionarios y talleres del país.

La creación del banco de estudio va a facilitar el aprendizaje y logrará un mejor diagnóstico y corrección de fallas en el menor tiempo posible, también va a dar un valor agregado a la universidad y a los estudiantes, ya que van a estar más preparados en lo que respecta al diagnóstico del motor turbo diésel ISUZU 4HG1 y otros similares de iguales de características.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Diseñar y construir un banco didáctico de pruebas y diagnósticos para el motor turbo diésel ISUZU 4HG1, que sirva como herramienta fundamental del docente mejorando la calidad de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes donde podrán aplicar los conceptos teóricos, obteniendo un alto nivel de conocimiento del funcionamiento y realizar diagnósticos de fallas de estos motores durante la practica en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE, extensión Guayaquil.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar y construir la estructura del banco soporte para el MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1.
- Analizar el funcionamiento del MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1 y su respectivo sistema de combustible con bomba de inyección lineal.
- Adquirir habilidades realizando actividades prácticas de mantenimientos preventivos y correctivos del MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG, logrando su óptimo funcionamiento y siendo amigable con el medio ambiente.
- Elaborar y evaluar las guías prácticas de diagnósticos de la fallas y posibles soluciones que pudieran presentarse durante el encendido o en el funcionamiento del MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1.
- Elaborar el manual del banco de pruebas para sus respectivas reparación o reconstrucción del MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1.

1.3 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación teórica

El fundamento de la operación de este proyecto, requiere de analizar el ciclo de un motor turbo diésel, conocer sus principios de funcionamiento, constitución, características y sistemas.

Su justificación teórica estará basada en las consultas bibliográficas de documentos y libros que nos permitirán sustentar su contenido, y de otras tesis de

diferentes autores que han sido aprobadas y relacionadas con las definiciones establecidas de este proyecto.

También se dispondrá con el manual del fabricante que nos proveerá de mucha información técnica siendo más preciso con la elaboración de reconstrucción del motor turbo diésel ISUZU 4HG1.

1.3.2. Justificación metodológica

Con el motor en operación, los estudiantes podrán identificar los componentes y además analizarán las posibles fallas y soluciones del motor haciendo un contraste entre lo aprendido en la teoría y lo respaldado en la práctica.

La metodología que se efectuará en este proyecto se establece con la metodología de investigación aplicada, con el cual se determinará el uso de las técnicas e instrumentos para obtener información de la creación del proyecto denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”.

Para realizar este proyecto se aplicará la investigación documental, así como también experimental que tiene como finalidad principal el beneficio para los estudiantes donde podrán observar y analizar el funcionamiento del motor del proyecto antes indicado.

Este proyecto será de gran importancia en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE, extensión Guayaquil, de tal manera que contribuirá con el mejoramiento de la enseñanza de los docentes hacia los estudiantes y en el progreso del nivel académico de los mismos, su enseñanza será más clara y explícita donde podrán analizar y compartir diferentes ideas relacionadas con el motor del proyecto antes descrito.

1.3.4. Justificación práctica

Este proyecto denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1”, es creado con el afán de contribuir con la enseñanza y los conocimientos del motor turbo diésel en el campo académico, de igual manera en el campo profesional busca reducir el tiempo del diagnóstico de fallas e incrementar consigo los índices de satisfacción de los usuarios y clientes que tengan vehículos con este tipo de motor.

El desarrollo de este proyecto se justifica a los lineamientos del Plan Nacional del Buen Vivir (2012 - 2013) ya que está dentro de las líneas de investigación de asesoría y apoyo tecnológico, ajustándose a los procesos de capacitación técnica automotriz.

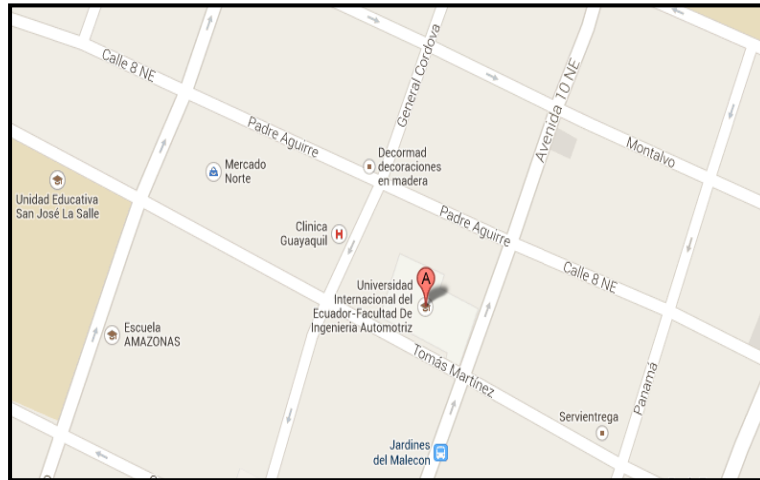
1.3.5. Delimitación temporal

La delimitación temporal del proyecto tomará un tiempo de ejecución aproximadamente de 6 meses, iniciando a raíz de la aprobación del plan de proyecto, tentativamente su desarrollo se llevará a cabo entre los meses de junio del 2014 a noviembre del 2014, ya que por motivos de estudio y análisis del mismo requerirá ser íntegro y eficiente para su perfecta operación y funcionamiento, cumpliendo de esta manera con las fechas máximas establecidas por la UIDE, extensión Guayaquil.

1.3.6. Delimitación geográfica

La elaboración del proyecto se llevará a cabo en la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE, extensión Guayaquil.

Figura 1: Mapa ciudad de Guayaquil



Fuente: Google Maps, 2014

1.3.7. Delimitación del contenido

La delimitación del contenido de este proyecto se determinará en bases a las informaciones obtenidas durante la investigación, para este caso se deberán considerar temas relacionados con el motor turbo diésel ISUZU 4hg1 y de bancos de pruebas con motores de similares características con respecto al motor antes indicado.

1.4. HIPÓTESIS

La hipótesis para el presente trabajo se determina de la siguiente manera: ¿Es posible la construcción un banco de pruebas y diagnósticos para el motor turbo diésel ISUZU 4HG1, en la que podamos reflejar y analizar la simulación de fallas mecánicas o eléctricas especificando sus respectivas soluciones, comprobaciones y ajustes?

1.4.1. Variables de hipótesis

Variable independiente: Motor turbo diésel ISUZU 4 HG1.

Variable dependiente: Banco de pruebas para el motor turbo diésel ISUZU 4HG1.

1.4.2. Operacionalización de variables

Tabla 1.1. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Dimensión	Indicadores
Motor turbo diésel ISUZU 4HG1	Independiente	Adquisición del motor turbo diésel ISUZU 4HG1	100% adquirido
		Simulación de las fallas mecánicas o eléctricas del motor turbo diésel	100% simulado
Banco de pruebas	Dependiente	Diseño del banco de pruebas	Adoptar modelos establecidos y normalizados
		Construcción del banco de pruebas	100% construido

Autor: Julio Rubio T.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1 DEFINICIÓN DEL MOTOR DIÉSEL Y SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Figura 2: Motor Turbo Diésel Isuzu 4HG1



Autor: Julio Rubio T

El motor diésel, es un motor de combustión interna que transforma la energía almacenada de los combustibles en energía mecánica que es capaz de realizar trabajo, esta fuerza genera el movimiento en los automóviles.

El funcionamiento del motor diésel se logra mediante autoencendido o autoignición producto de la mezcla aire - combustible, donde el aire es comprimido en el interior de la cámara del cilindro por el pistón durante el proceso de compresión, aumentando la temperatura del aire (Aprox 700°C), cuando el pistón alcanza el punto muerto superior (P.M.S.) el combustible es inyectado a gran presión de forma pulverizada y atomizada, entrando en contacto con el aire a alta temperatura y presión, generando la combustión.

Como resultado de la combustión, la mezcla aire - combustible se quema y expande rápidamente impulsando el pistón hacia el punto muerto inferior (P.M.I.), este desplazamiento lineal entre el pistón y la biela genera un movimiento rotacional del cigüeñal. Al mismo tiempo durante el descenso del pistón aumenta

nuevamente el volumen de la cámara, manteniéndose la presión constante durante la combustión; por esta razón a los motores diésel se les denomina motores de combustión a presión constante.

2.2. Ciclos del motor diésel

El motor diésel es un motor alternativo de cuatro tiempos, que cumple una sucesión de operaciones que se denomina ciclos operativos y que se repiten periódicamente durante su funcionamiento.

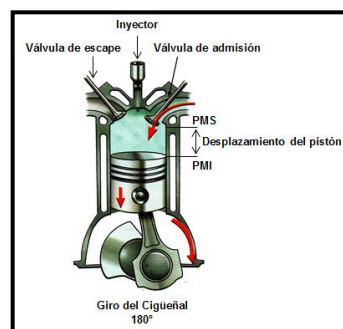
La duración de este ciclo operativo se mide por el número de carreras efectuadas por el pistón. Al tratarse de un motor de cuatro tiempos el pistón realiza cuatro carreras para completar el ciclo.

2.2.1. Ciclo teórico

Primer tiempo: Admisión:

En la figura 3 se observa el proceso de admisión, donde el pistón realiza su primera carrera de forma descendente desde el P.M.S. hasta llegar al P.M.I., durante esta etapa la válvula de escape se encuentra totalmente cerrada y la válvula de admisión abierta permitiendo el ingreso de la mayor cantidad de aire al interior del cilindro.

Figura 3: Gráfico del proceso de admisión



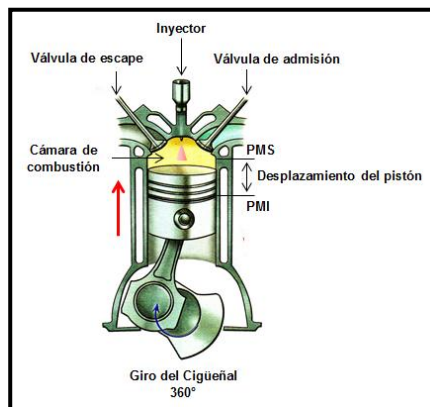
Fuente: Moreno, G. & Castro, L. (2008), Diseli, Motores Diésel, Tomo 3. Editado por: Julio Rubio T.

Segundo tiempo: Compresión

En la figura 4 se observa el proceso de compresión, donde el pistón realiza su segunda carrera de forma ascendente, desde el P.M.I. hasta llegar al P.M.S., y las válvulas de admisión y escape permanecen totalmente cerradas,

El pistón comprime fuertemente el gas en la cámara de combustión a una presión que puede cifrarse alrededor de 40 bares, aumentando considerablemente la temperatura (Aprox 700°C) producto de la presión a la que está sometido, alcanzando relaciones de compresión entre 14:1 a 22:1.

Figura 4: Gráfico del proceso de compresión



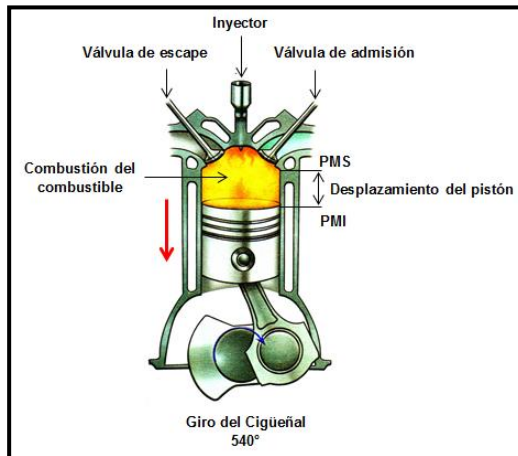
Fuente: Moreno, G. & Castro, L. (2008), Diseli, Motores Diésel, Tomo 3. Editado por: Julio Rubio T.

Tercer tiempo: Combustión

En la figura 5 se muestra el proceso de combustión, donde el gas se encuentra comprimido en la cámara de combustión y las válvulas de admisión y escape permanecen completamente cerradas, el inyector introduce una cantidad regulada de combustible finamente pulverizado que al entrar en contacto con el aire caliente se inflama espontáneamente, esta fuerza generada por efecto de la combustión es la que desplaza al pistón desde el P.M.S. al P.M.I.

Durante este proceso aumenta la temperatura de los gases y la presión se eleva considerablemente (alrededor de 100 a 175 bares).

Figura 5: Gráfico del proceso de combustión

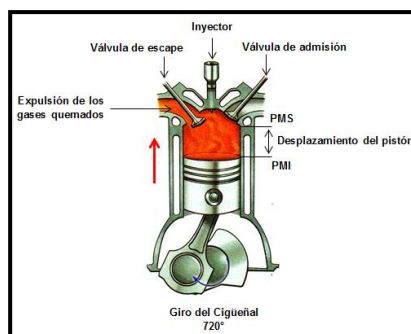


Fuente: Moreno, G. & Castro, L. (2008), Diésel, Motores Diésel, Tomo 3. Editado por: Julio Rubio T.

Cuarto tiempo: escape

En la figura 6 nos muestra el proceso de escape, siendo el último proceso del ciclo, donde el pistón realiza su última carrera desde el P.M.I. hasta el P.M.S., la válvula de admisión permanece cerrada y la válvula de escape se abre permitiendo la salida de los gases quemados por efecto de la combustión, y la presión en el interior del cilindro desciende rápidamente siendo igual a la atmosférica, completando de esta forma el ciclo de funcionamiento del motor diésel.

Figura 6: Gráfico del proceso de escape

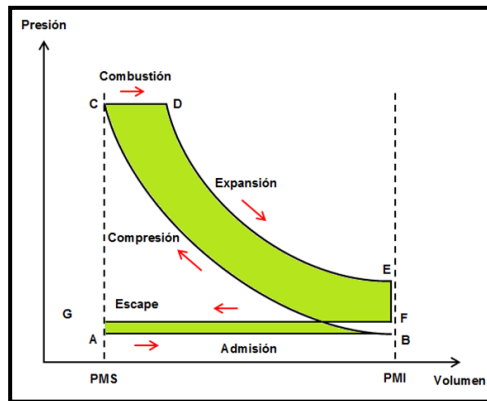


Fuente: Moreno, G. & Castro, L. (2008), Diésel, Motores Diésel, Tomo 3. Editado por: Julio Rubio T.

Otra forma representativa de analizar el funcionamiento del ciclo teórico del motor diésel es mediante el diagrama Presión – Volumen (P-V), como se observa

en la figura 7, donde el gas introducido en el interior del cilindro es sometido a una serie de transformaciones físicas y químicas se explicarán a continuación

Figura 7: Diagrama del ciclo teórico del motor Diésel



Fuente: Gil, H. (2016). Manual práctico del automóvil

Admisión isóbara: La recta A-B en el diagrama, representa el ingreso de aire puro al interior del cilindro a una presión inferior o casi igual a la atmosférica.

Compresión adiabática: La curva B-C en el diagrama, representa las variaciones crecientes de la presión, donde el aire se encuentra fuertemente comprimido y caliente, esta curva se denomina adiabática porque nos indica que durante el proceso de compresión no existe ni absorción ni desprendimiento de calor

Combustión isóbara: La recta C-D, representa el inicio de la inyección progresiva del combustible finamente pulverizado a gran presión, que al entran en contacto con aire caliente se produce combustión, este proceso se efectúa a presión constante.

La introducción del combustible está regulada de forma que dura desde el P.M.S. hasta que el pistón ha recorrido parte de su carrera descendente.

Expansión adiabática: La curva D-E en el diagrama representa la expansión del gas por efecto de la combustión y el descenso de la presión hasta

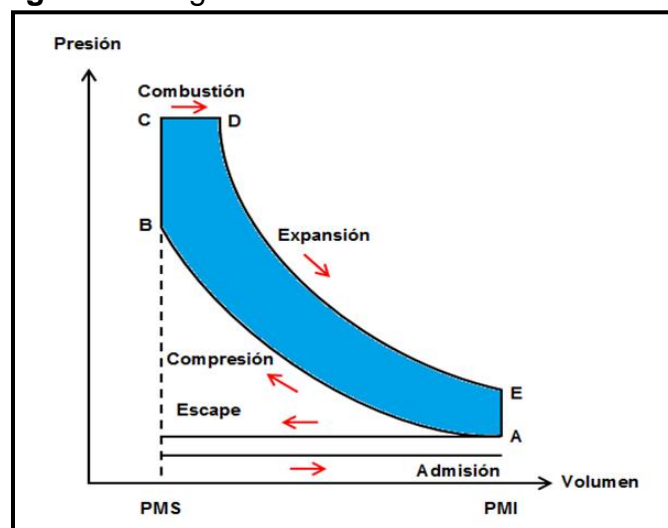
igualarse a la atmosférica, siendo nuevamente un proceso adiabático donde no existe intercambio de calor con las paredes del cilindro.

Escape isócora: La recta E-F representa, apertura de la válvula de escape lo que provoca un descenso brusco de presión donde el volumen se mantiene constante, hasta que la presión se iguale a la atmosférica, siendo la recta F-G la expulsión de los gases hasta que el pistón llegue al P.M.S. e iniciar nuevamente el ciclo de funcionamiento del motor diésel.

Ciclo mixto

La figura 8 representa el diagrama del ciclo mixto del motor diésel, sus procesos y principio de funcionamiento es similar al anterior, siendo la diferencia en este ciclo, a una fusión del ciclo Otto (volumen constante) y el ciclo Diésel (presión constante), donde el combustible se quema a volumen constante (proceso isócora recta B-C) en el inicio de la combustión y a presión constante (proceso isóbara recta C-D) después que el pistón se ha desplazado parte de su carrera descendente hacia el P.M.I.

Figura 8: Diagrama del ciclo mixto del motor Diésel



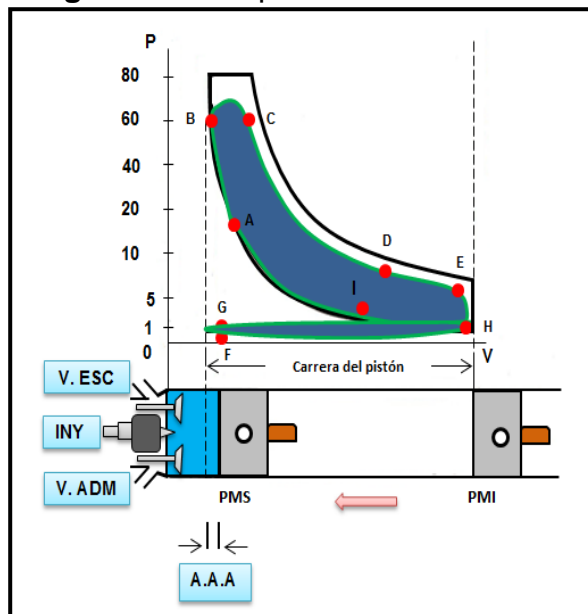
Fuente: Gil, H. (2016). Manual práctico del automóvil

2.2.2. Ciclo práctico

El ciclo práctico se diferencia con respecto al ciclo teórico, como se explicó anteriormente de este último, en donde las aperturas y cierres de las válvulas de admisión y escape coinciden con el desplazamiento del pistón desde el P.M.S. al P.M.I.

En la figura 9, se representa el funcionamiento del ciclo práctico donde nos indica que depende del árbol de levas que a través de sus cotas angulares se efectúan un cierto adelanto y retraso de las válvulas de admisión y escape, siendo diferente de 180° , variando los tiempos de las carreras del pistón, modificando así el instante del comienzo de la inyección, obteniendo un mejor rendimiento del motor.

Figura 9: Ciclo práctico del motor Diésel



Fuente: Alonso, J. (2000). Técnicas del automóvil, Motores.
Editado por: Julio Rubio T.

AAA (Avance en la apertura de admisión): Durante la carrera de escape, la válvula de admisión se abre unos grados antes de que el pistón llegue al P.M.S. (punto G), el pistón reduce su velocidad, estando aún abierta la válvula de escape los gases son expulsados a altas velocidades, creando un vacío en la cámara de

combustión, esta velocidad de los gases de escape es aprovechada para introducir los gases frescos de la admisión, favoreciendo el llenado del cilindro.

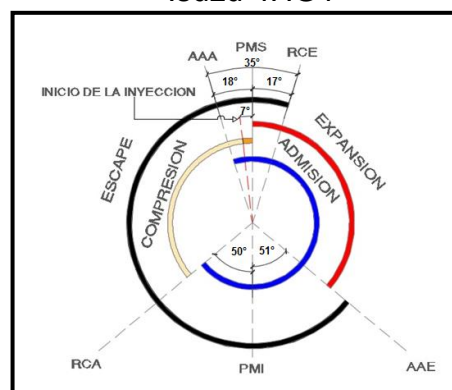
RCE (Retraso en el cierre de escape): En el tiempo de admisión, el pistón después de pasar el P.M.S. (punto F) unos grados después se cierra la válvula de escape, que debido a la inercia que mantiene los gases de escape aún continúan saliendo y el ingreso de los gases frescos por el admisión que permite una mejor evacuación de los residuos de la cámara de combustión.

RCA (Retraso en el cierre de admisión): En la carrera ascendente del pistón, durante el tiempo de compresión, el pistón después de pasar por el P.M.I. (punto H) unos grados después se cierra la válvula de admisión (punto I).

AAE (Avance en la apertura de escape): En el tiempo de combustión (puntos B al C) el pistón se encuentra descendiendo y la presión se mantiene constante, producto de la fuerza de la expansión del gas que empuja al pistón y en consecuencia y a medida que va descendiendo baja la presión en el interior del cilindro.

En la figura 10 se puede observar los momentos de aperturas y cierres de las válvulas del ciclo práctico del motor turbo diésel Isuzu 4HG1, donde se logra conseguir un mayor rendimiento del motor y que se diferencia con respecto al ciclo teórico.

Figura 10: Diagrama de la distribución de las válvulas del Motor Turbo Diésel Isuzu 4HG1



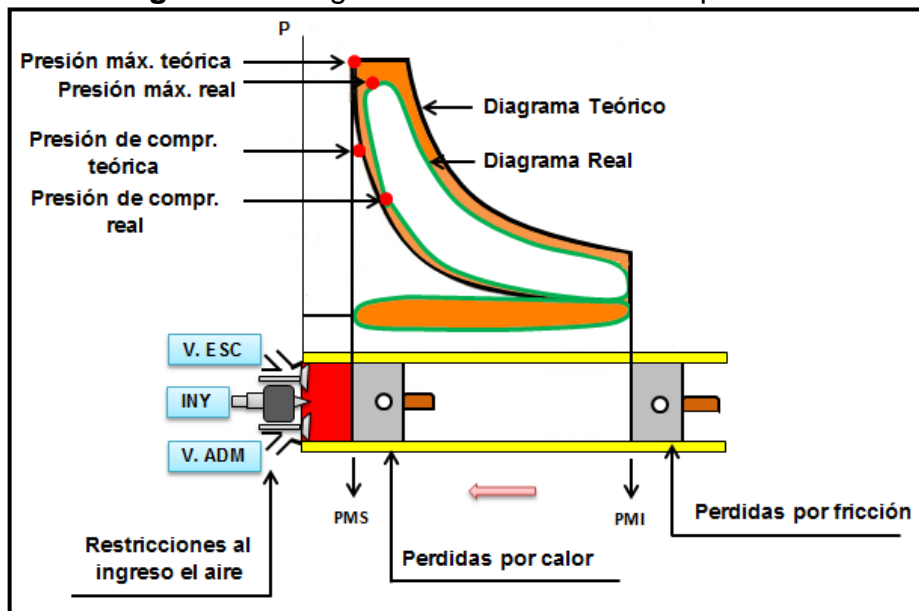
Autor: Julio Rubio T.

Donde la apertura de adelanto de la válvula de admisión es de 18° antes del p.m.s. y su retraso en el cierre es 50° después del P.M.I., y la apertura de adelanto de la válvula de escape es 51° antes del p.m.i y su retraso en el cierre es de 17° después del P.M.S., siendo el inicio de la inyección 7° antes del P.M.S.

Además existe un lapso de tiempo en que las válvulas permanecen abiertas entre AAA y RCE con un llamado solapo o cruce de válvulas, en ese momento se logra al mejor llenado del cilindro.

2.2.3. Diferencias entre ciclo teórico y ciclo práctico

Figura 11: Diagrama del ciclo teórico vs práctico



Fuente: De Castro, M. (1983). Enciclopedia CEAD del motor y automóvil, El motor Diésel
Editado por: Julio Rubio T.

El diagrama de la figura 11 nos muestra el ciclo teórico vs el ciclo práctico donde el área sombreada representa las pérdidas de energía y que se detallan a continuación.

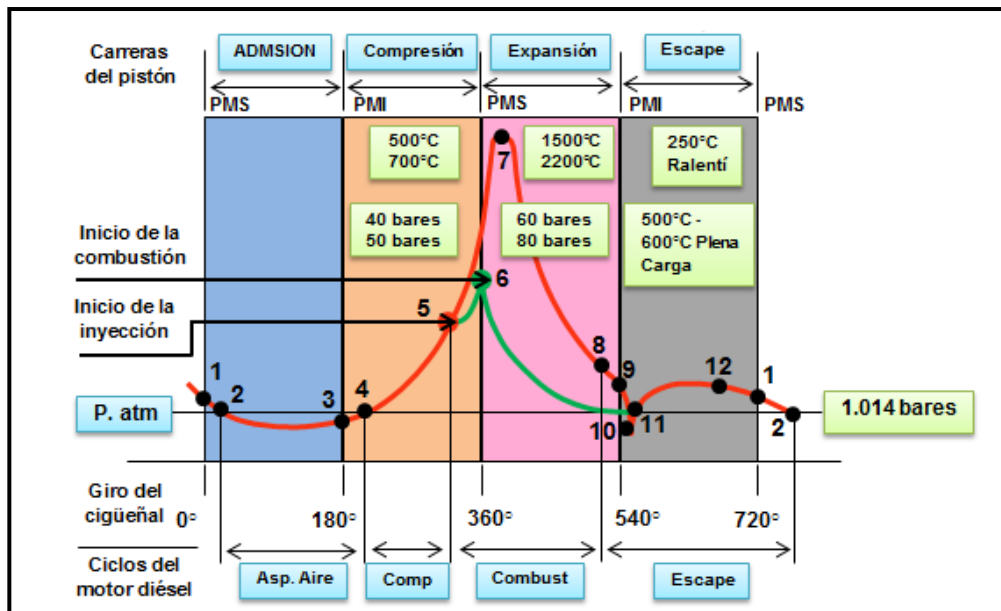
- a) En ciclo real existe resistencia al ingreso del aire por los ductos de admisión, y por las válvulas, y la presión existente es inferior a la atmosférica llenando el cilindro aproximadamente un 70% de su cilindrada.

- b) La compresión del aire se consigue después que el pistón inicie su carrera de forma ascendente, con lo cual en el P.M.I. su volumen es bajo con respecto al teórico.
- c) Las pérdidas de calor a través de las paredes del cilindro, los rozamientos entre los componentes móviles del motor.
- d) Existe un lapso de tiempo para que se produzca la combustión llamado este punto retraso de inflamación donde analizaremos más adelante.

2.2.4 Análisis del diagrama real

En la figura 12 nos muestra el diagrama de las presiones y temperaturas correspondientes a cada fase del ciclo de funcionamiento del motor diésel, esto se logra en función del giro angular del cigüeñal y su análisis se detalla a continuación:

Figura 12: Diagrama real del motor Diésel



Fuente: Alonso, J. (2000). Técnicas del automóvil, El motor. Editado por: Julio Rubio T.

Admisión: En el punto 1, la presión existente en el interior del cilindro es ligeramente superior a la atmosférica finalizando la fase de la expulsión de los gases de escape, cuando el pistón alcanza el punto 2, inicia su carrera descendente hacia el P.M.I. con el cual se mantiene abierta la válvula de admisión permitiendo el ingreso de la mayor cantidad de aire en el interior del cilindro, durante todo este proceso la presión es inferior a la atmosférica.

Cuando el pistón llega al punto 3 P.M.I. inicia su desplazamiento de forma ascendente ingresando todavía aire al interior del cilindro hasta llegar al punto 4 donde la presión existente en el interior del cilindro se iguala a la atmosférica en ese instante se cierra la válvula de admisión iniciando la compresión.

Compresión: En el punto 4 inicia el desplazamiento de forma ascendente del pistón hacia el P.M.S., de esta forma el pistón comprime fuertemente el aire que se encuentra en el interior del cilindro reduciéndolo y alojándolo en la cámara de combustión.

Combustión y expansión: Antes de finalizar la fase de compresión, se produce la inyección del combustible (punto 5) con lo cual transcurre cierto tiempo hasta que las partículas del combustible entren en contacto con el aire caliente, y en el punto 6 se inicia el proceso de la combustión donde se origina una brusca subida de presión, alcanzando en el punto 7 su valor máximo cuando el pistón ha sobrepasado el P.M.S.

Esta energía es llamada trabajo útil y es aprovechada para el desplazamiento del vehículo.

La combustión finaliza mientras continúa descendiendo el pistón y la expansión culmina en el punto 8 donde se abre con antelación la válvula de escape antes de que el pistón llegue al P.M.I. con la finalidad de contrarrestar cualquier oposición al pistón oposición a su inmediato movimiento.

Escape: Antes que el pistón llegue al P.M.I. se abre la válvula de escape (punto 8), con el cual los gases quemados por efecto de la combustión son expulsados violentamente hacia el exterior y la presión desciende rápidamente, en el punto 9 la presión es casi igual a la atmosférica y el pistón se desplaza de forma ascendente hacia el P.M.S.

Como puede observarse en el punto 10 se crea una depresión que es contrarrestada rápidamente con el ascenso del pistón en el punto 11, mientras el pistón continua su carrera ascendente los gases siguen siendo expulsado al exterior a una presión superior a la atmosférica y que mantiene cuando el pistón ha alcanzado el P.M.S.

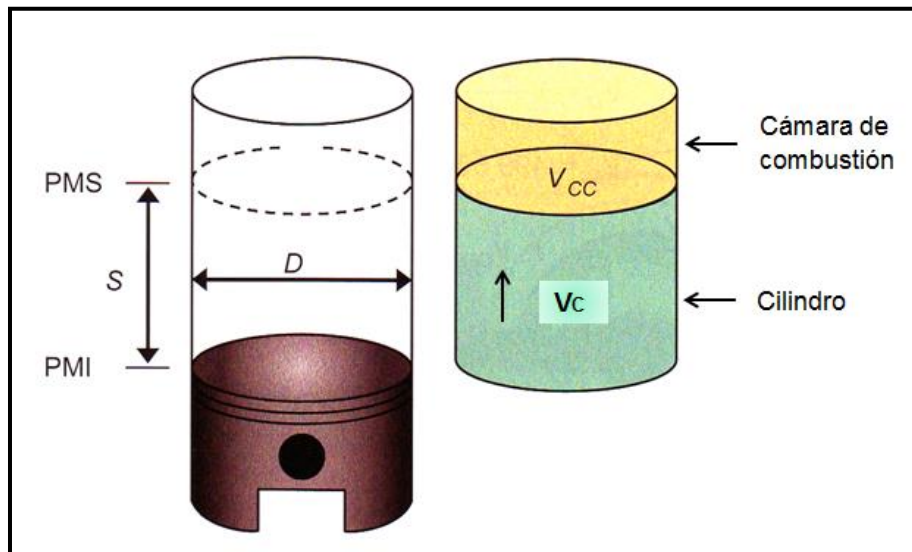
Entre los puntos 1 y 2 ambas válvulas de admisión y escape se mantiene abierta donde se obtiene el mejor llenado del cilindro, y por la velocidad del ingreso del aire fresco al interior del cilindro permite una evacuación de los residuos de la combustión por el escape, de esta forma comienza un nuevo ciclo antes explicado.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DIÉSEL

2.3.1. Cilindrada y relación de compresión

Volumen del cilindro (V_c): Se lo conoce también como volumen unitario o cilindrada unitaria, que comprende el diámetro del cilindro (D) y el desplazamiento (s) del pistón desde el punto muerto inferior (P.M.I.) hasta el punto muerto superior (P.M.S.), como se puede apreciar en la figura 13.

Figura 13: Cilindrada y relación de compresión



Fuente: González, D. (2011). Motores
Editado por: Julio Rubio T.

Cilindrada total, es el producto de la cilindrada unitaria por el número de cilindros del motor.

Relación de compresión: Es la relación del volumen del aire dentro del cilindro y que es reducido ocupando espacio en la cámara de combustión, cuando el pistón se desplaza desde el P.M.I. al P.M.S., como se muestra en la figura 13.

2.3.2. Tipos de cámara de combustión

Cámara de combustión: Es el espacio que da lugar al proceso de inflamación o combustión de la mezcla aire combustible, para dar su funcionamiento vital al motor.

Generalmente en los motores diésel, la cámara de combustión viene diseñada en la parte superior del pistón como se observa en la figura 14

Figura 14: Cámara de combustión



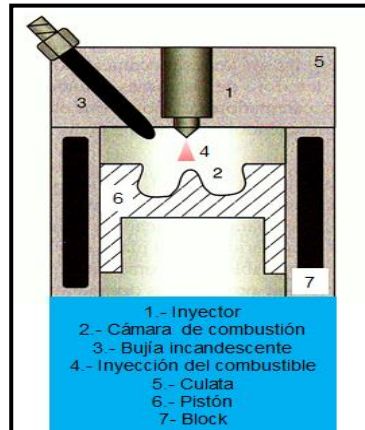
Autor: Julio Rubio T.

Tipos de cámara de combustión: según la cámara de combustión, los motores diésel se pueden clasificar en los siguientes grupos.

a) **Motores con cámara de inyección directa:** El combustible es inyectado directamente en el interior del cilindro, dentro una cámara formada por el pistón en la parte superior como se observa en la figura 15, mientras que la culata con su superficie plana logra cerrar el cilindro, teniendo en el centro del mismo el inyector que dispone de varios orificios para la salida del combustible ingresando con junto a la masa de aire, generando la combustión. Los inyectores con 6 u 8 orificios suelen disponerse en los motores lentos como los estacionarios o navales, mientras que en los motores rápidos por su menos cilindrada los inyectores disponen de 3 o 4 orificios y presiones de inyección aproximadamente de 300 bar.¹

¹ Gil, 2003, pág. 331

Figura 15: Cámara de inyección directa



Fuente: González, D. (2011). Motores
Editado por: Julio Rubio T.

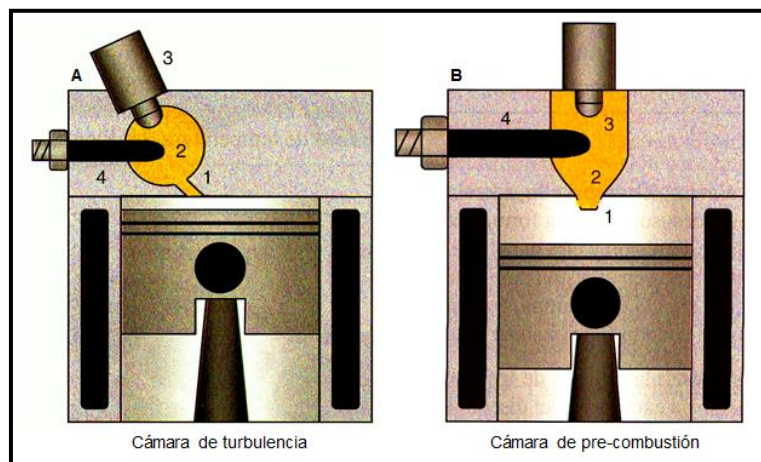
b) **Cámara de inyección indirecta:** A su vez se clasifican en cámara de turbulencia y de pre-combustión:

- **Cámara de turbulencia:** En la figura 16-A se explica el funcionamiento de este tipo de cámara, donde el aire fuertemente comprimido es alojado en la pre-cámara (2) a través de un orificio (1), donde se crea una gran turbulencia en forma de torbellino en el cual, el inyector inyecta el combustible produciéndose la combustión, esta fuerza de la combustión es transferido al cilindro por el orificio (1) desplazando de esta forma al pistón generando trabajo útil. El volumen de este tipo de pre-cámara es aproximadamente $2/3$ del volumen de la cámara de combustión total y es necesario la bujía de precalentamiento (4) para el arranque en frío, y se requiere una presión de inyección de 80 a 140 bar².
- **Cámara de pre-combustión:** Denomina también como cámara de combustión dividida o cámara de pre-combustión, este sistema tiene la particularidad, que la combustión se efectúa en dos partes, una cámara

² González, 2000, pág. 93

principal comprendida entre la cabeza del pistón y la culata, y por otra parte que generalmente es alojada en la culata. El aire fuertemente comprimido es alojado en la pre-cámara (2) a través del orificio (1), entonces al final de la fase de compresión el inyector (3) inyecta el combustible en la antecámara generándose la combustión de forma incompleta quedando residuos de combustible en su interior provocando un aumento de presión, con lo cual estas partículas de combustible son proyectadas en la cámara principal donde existe el aire necesario para completar la combustión. (Ver fig. 16-B)

Figura 16: Cámaras de inyección indirecta



Fuente: González, D. (2011). Motores

2.3.3. Clases de potencia

Potencia: Es la rapidez con la que efectúa un trabajo en un determinado tiempo, cuya definición está relacionada con respecto a los motores de combustión interna, debido a que se introduce el combustible en el interior del cilindro siendo este una energía química, que por efecto de la combustión se transforma en energía calorífica, con lo cual, parte de esta energía es convertida en trabajo mecánico. Su valor se lo expresa en Vatios (W), hp o CV.

HP: Caballos de potencia, que define como la potencia necesaria para levantar a la velocidad de 1 pie/minuto un peso de 32572 libras.

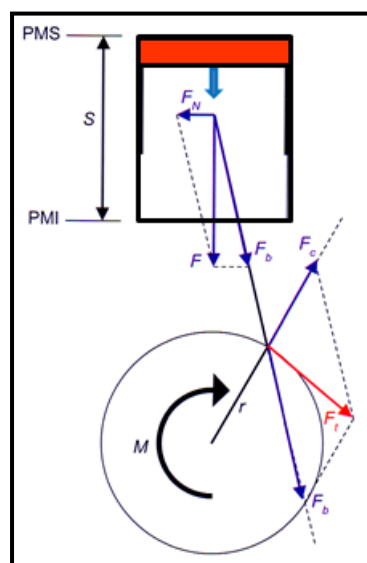
CV: Caballos de vapor, que define como la potencia para levantar un peso de 75 Kgf, en un segundo, a un metro de altura.

La potencia del motor depende de la relación de compresión y de la cilindrada siendo los valores mayores de éstas, le corresponderá mayor potencia; en un motor podemos clasificar la potencia en tres tipos:

- a) **Potencia indicada:** Es la presión media que se desarrolla por efecto de la combustión en el interior del cilindro, que es capaz de impulsar al pistón hacia el PMI durante la fase de expansión del ciclo de funcionamiento del motor.

- b) **Potencia efectiva:** Es conocida también como par motor, y es la que se obtiene del eje cigüeñal del motor y se aprovecha para el desplazamiento del vehículo; esta potencia es el producto de la fuerza (F) generada por la combustión y que aplicada a la biela y transmitida al codo del eje cigüeñal haciéndolo girar en una determinada distancia (r). En la figura 17 adjunta se observa la fuerza (F) aplicada al pistón y que se transmite al eje del cigüeñal por medio de la biela; la magnitud de esta fuerza es cero en el PMI, máxima a media carrera y cero nuevamente en el PMS.

Figura 17: Potencia efectiva o par motor



Fuente: González, D. (2011). Motores

- c) **Potencia absorbida:** En las potencias estudiadas anteriormente, se pudo analizar que la potencia indicada es mayor a la potencia efectiva, siendo la potencia indicada desarrollada en el interior del cilindro absorbida por resistencias pasivas como el calor que se genera y los rozamientos entre las piezas móviles (segmentos, pistones, cojinetes) dando el nombre de potencia efectiva.

2.3.4. Rendimiento del motor diésel

En toda máquina térmica o mecánica, no toda la energía que se le suministra es transformada en su totalidad en trabajo útil, en la transformación de esta nueva energía existen una serie de pérdidas y se clasificadas en dos grupos:

- a) Pérdidas térmicas (refrigeración y escape)

- b) Pérdidas mecánicas (rozamientos entre los componentes móviles) que generan calor y es preciso disipar.

En cuanto a rendimiento mecánico o coeficiente mecánico de un motor de combustión interna viene dado por la relación que existe entre la energía de combustible y la energía que se desarrolla en el eje del cigüeñal.

2.3.5. Velocidad de carga del motor diésel

En los motor diésel no existe la mariposa de estrangulamiento y el diseño del ducto de admisión se lo construye con la finalidad de que exista lo menos posibles pérdidas por rozamiento, logrando así un llenado máximo del cilindro, de esta forma la velocidad de giro máxima del motor no se auto limita como en el caso del motor de gasolina.

La velocidad de giro del motor diésel, debe ser limitada a un valor seguro, debido que, al aumentar la velocidad de giro ponen en peligro la integridad del motor, esta regulación de velocidad se consigue cortando la entrega de combustible, en otras palabras cuando el conductor quita el pie del acelerador,

entonces el sistema de inyección debe garantizar una velocidad de giro máxima del motor aun sin carga.

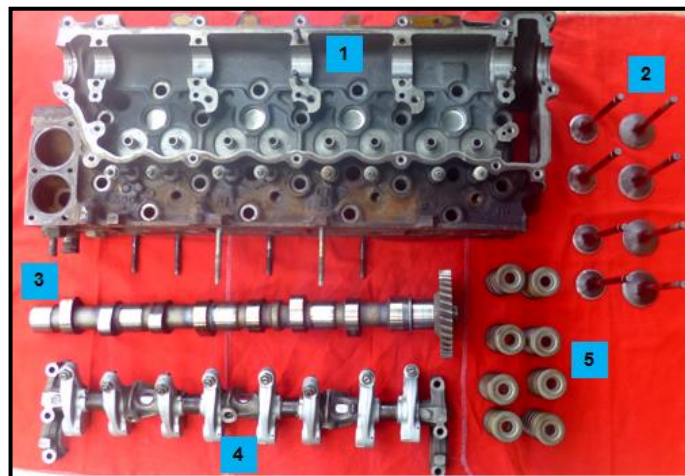
Sin embargo a bajas velocidades de giro (ralentí), el motor debe mantenerse en funcionamiento, debido que la carga del motor podría variar aun estando en ralentí por ejemplo pueda que este accionando un aire acondicionado un sistema hidráulico etc.

2.4. ESTRUCTURA Y COMPONENTES DEL MOTOR DIÉSEL

2.4.1. La culata

Es un componente independiente del block donde se alojan varios elementos para dar su correcto funcionamiento del motor. En la figura 18 se adjunta el despiece de los elementos de la culata y se detallan a continuación

Figura 18: Componentes de la culata



Autor: Julio Rubio T.

- **La culata (1):** Es una pieza importante del motor, se ubica en la parte superior y es acoplada al block por medio de una junta hermética y un tornillo de sujeción, que aseguran la unión e impiden deformaciones por la acción del calor y de la presión; sirve como tapa de los cilindros, puesto que su misión es tapar la cámara de combustión y los gases

comprimidos en el interior del mismo³. Su fabricación es de hierro fundido aleada con otros materiales que añaden características de resistencia, rigidez y conductividad térmica, otras son fabricados con aleaciones de aluminio, silicio, y magnesio siendo este último delicado y de difícil diseño por tal razón debe soportar las altas temperaturas y los esfuerzos a los que está sometido.

- **Válvulas (2):** Son elementos de precisión que cumplen 4 funciones importantes:
 - Restringir el flujo.
 - Controla el intercambio de los gases.
 - Cierra herméticamente durante el proceso de la combustión.
 - Disipa el calor de los gases de escape por efecto de la combustión.

- **Árbol de levas (3):** O ejes de levas como su nombre lo indica, está dispuesto de levas o excéntrica que regula el movimiento de las válvulas de admisión y escape siendo parte del sistema de distribución del motor. Su material de construcción es de acero especial mecanizado y sus levas excéntricas y apoyos son de tratamiento térmico siendo su superficie resistente al desgaste.

- **Flauta de balancín (4):** Tiene como función principal de empujar hacia abajo las válvulas de admisión y escape para obligarlas a que se abran, permitiendo el llenado del cilindro durante la fase de admisión y el vaciado de los gases de escape, este movimiento alternativo o de vaivén de los balancines está perfectamente sincronizado con los tiempos del motor.

- **Resortes de válvulas (5):** las aperturas de las válvulas la realiza el árbol de levas y sus propios mecanismo, sin embrago para el cierre de estas se requiere de la acción de los resortes, en el cual la tensión de

³ De castro, 1983, pág. 85

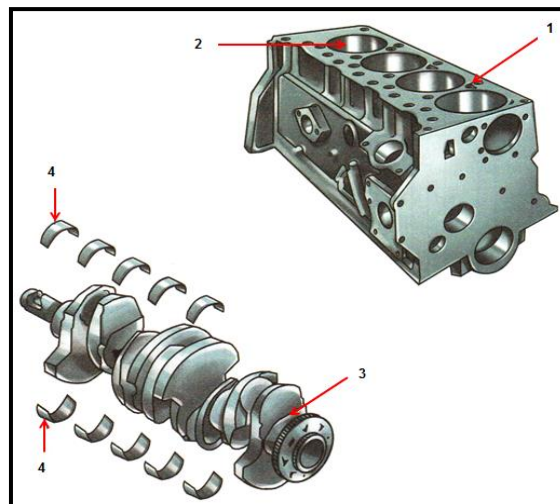
los resortes debe ser lo suficientemente alta para cerrar rápidamente la válvula, aun el motor esté funcionando en altos regímenes, y al mismo tiempo debe ser baja para no dificultar la apertura de la válvula. Los resortes se construyen generalmente de acero especial aleado con silicio-manganeso.

2.1.1 Block

El block (1) es una de las piezas más importante del motor, se lo conoce también como bloque de los cilindros, donde actúa como cámara de expansión de los gases por efecto de la combustión y sirve como guía al pistón en su movimiento de vaivén. El block está provisto de fuertes nervaduras y es fabricado de aleaciones de aluminio o de hierro fundido, debe permitir la evacuación de conducción de calor, resistente a la corrosión y ser rígido para soportar la fuerza originada por la combustión.

En la figura 19 se adjuntan los principales elementos de sustentación del block del motor diésel.

Figura 19: Block del motor



Fuente: Moreno, G. & Castro, L. (2008). Diseli, Motores Diésel, Tomo 3.

- **Cilindros (2):** Sirve de guía para el desplazamiento del pistón y va acoplada al block a presión siendo llamado sin camisas por que el

cilindro es mecanizado directamente en el block, camisas seca que son extraíbles y que vienen dispuestas en el motor turbo diésel Isuzu 4HG1, o camisas húmedas que también son extraíbles pero que tienen la particularidad que están en contacto directamente con el líquido refrigerante.

Los cilindros están expuestos al rozamiento y sometido a fuertes presiones con lo cual deben ser resistentes al desgaste, bajo coeficiente de rozamiento, permitir la lubricación y de buena conductividad térmica; generalmente están fabricadas con fundición de hierro, y aleaciones de cromo. Níquel y molibdeno.

- **Cigüeñal (3):** Es el eje principal del motor, que recibe la fuerza del movimiento lineal del pistón y lo convierte en movimiento giratorio, por lo tanto es el encargado de transmitir la energía producida, en el desplazamiento del vehículo. El cigüeñal es un eje acodado que permite su equilibrio estático, distribuyendo todo su peso de forma uniforme alrededor del eje y su equilibrio dinámico para eliminar cualquier vibración generada durante su giro a causa de la fuerza ejercida por las bielas.

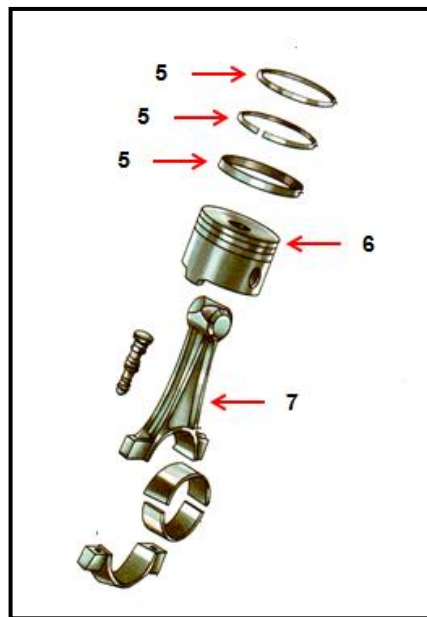
Este dispuesto de agujeros que permiten el flujo de aceite de lubricación, debe soportar los esfuerzos provocado por efecto de la combustión por tal razón su fabricación es de acero tratado por proceso de estampación, cementado y templado, con aleaciones de níquel y cromo o silicio.

- **Cojinetes (4):** Tiene como función principal reducir el rozamiento entre las piezas con movimiento giratorio por medio de una capa fina de aceite. Los cojinetes son fabricados con un respaldo de acero con un recubrimiento en su cara interna de una fina capa de material antifricción especialmente de plomo, estaño y antimonio con algo de

níquel y cromo. Otros cojinetes son recubiertos de cobre y plomo y sus características son las siguientes:

- a) Soportar las cargas repetitivas
- b) Resistencia a la fatiga, a la corrosión y a la temperatura.

Figura 20: Elementos del pistón



Fuente: Moreno, G. & Castro, L. (2008). Diseli, Motores Diésel, Tomo 3.

- **Segmentos (5):** Son anillos circulares y elásticos que van acoplado entre el pistón y las paredes del cilindro, adoptan una forma hermética en especialmente en las fases del compresión y expansión evitando la fuga de gases que pasarían al cárter degradando el aceite del motor. Los segmentos deben asegurar la lubricación y transmitir el calor hacia las paredes de los cilindros.

Los segmentos generalmente son fabricados fundición de hierro aleado con pequeñas aportaciones de silicio, níquel y manganeso. Otros van con un recubrimiento de cromo o molibdeno mejorando la resistencia al rozamiento.

- **Pistón (6):** Es la parte móvil de la cámara de combustión, recibe la fuerza de expansión por efecto de los gases de la combustión que provoca su desplazamiento rectilíneo, transmitiendo esta fuerza al cigüeñal por medio de la biela. Además tiene las siguientes características como:

- a) Dispone de ranuras para el alojamiento de los segmentos.
- b) Transmitir la fuerza de expansión a la biela.
- c) Absorber gran parte del calor producido y transmitirlo a las paredes de los cilindros.
- d) Contener la cámara de combustión en los motores de inyección directa.
- e) Debe asegurar la estanqueidad de los gases con respecto al cárter de aceite.
- f) Debe ser ligero para alcanzar velocidades mayores.
- g) Debe tener una dilatación mínima para temperaturas normales de funcionamiento.

El pistón es fabricado con aleaciones ligeras a bases de aluminio y silicio con ligeros contenidos de cobre, níquel, y magnesio.

- **Biela (7):** Es un elemento mecánico que se une al pistón por medio del bulón, transmite el movimiento alternativo del pistón en las diferentes fases del ciclo en movimiento giratorio al cigüeñal. Debido a su trabajo está sometido a esfuerzo de compresión y también por flexión de pandeo, por tal razón su longitud está relacionada con las muñequillas del cigüeñal; Son fabricadas en un proceso forjado o estampación con un material de acero al cromo-vanadio, o cromo-níquel.

2.5. SISTEMAS DEL MOTOR DIÉSEL

2.5.1. Sistema de admisión escape

El sistema de admisión tiene como función principal de suministrar la suficiente cantidad de aire puro al interior de los cilindros para que se produzca la combustión. Las partes que componen el sistema de admisión son:

- **Filtro de aire:** Es un elemento esencial para la duración y el buen funcionamiento del motor, tiene como misión de retener toda clase de impurezas contenidas en el aire antes de ingresar al interior del motor.
- **Múltiple de admisión:** Se acopla a la culata, su diseño de forma cilíndrica en su interior sirve de guía y facilita rápidamente el ingreso del aire sin restricciones en lo mayor posible y evita que se cree turbulencia lo que permite un mejor llenado de los cilindros. Generalmente son fabricados de un material ligero como aluminio o manganeso, o de material sintético como plástico este último en la mayoría de motores de explosión.

El Sistema de escape tiene como función la evacuación de los gases producidos por efecto de la combustión, creando menos contrapresión lo que genera un aumento de potencia al motor. Los componentes que forman el sistema de escape son:

- **Múltiple de escape:** Son fabricados de hierro fundido o acero y se acopla a la culata por medio de bridas planas y fijas facilitando su montaje.
- **Válvula EGR:** Tiene como función principal de introducir una parte de los gases de escape al múltiple de admisión con finalidad de conseguir bajar la temperatura de la combustión, reduciendo de esta forma los óxidos de nitrógeno (Nox) que son nocivos para la salud.

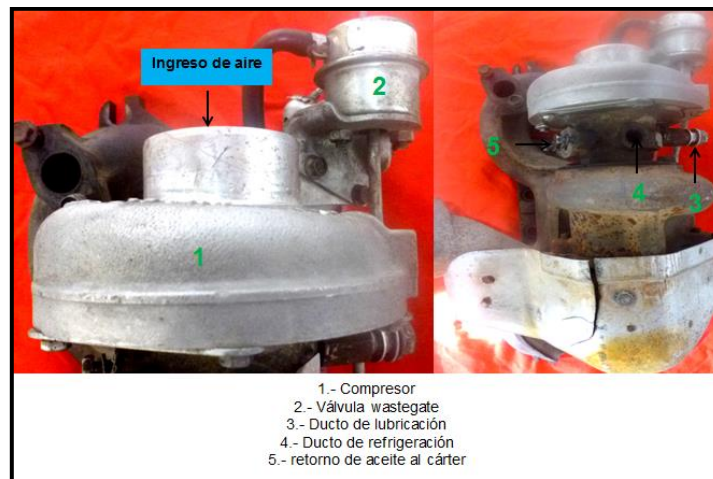
- **Silenciador:** Permite el silenciamiento de la salida de los gases de escape.

2.5.2. Sistema de sobrealimentación

Este sistema es beneficioso para el rendimiento y el óptimo funcionamiento en especial en los motores diésel, lo que permite un mayor flujo de aire al interior de los cilindros y el combustible inyectado al final de la fase de compresión obteniendo un mejor quemado del combustible y un aumento de potencia al motor.

Para conseguir aquello en los motores diésel, se han instalados los turbocompresores; en la figura 21, nos muestra el turbo compresor del motor turbo diésel Isuzu 4HG1.

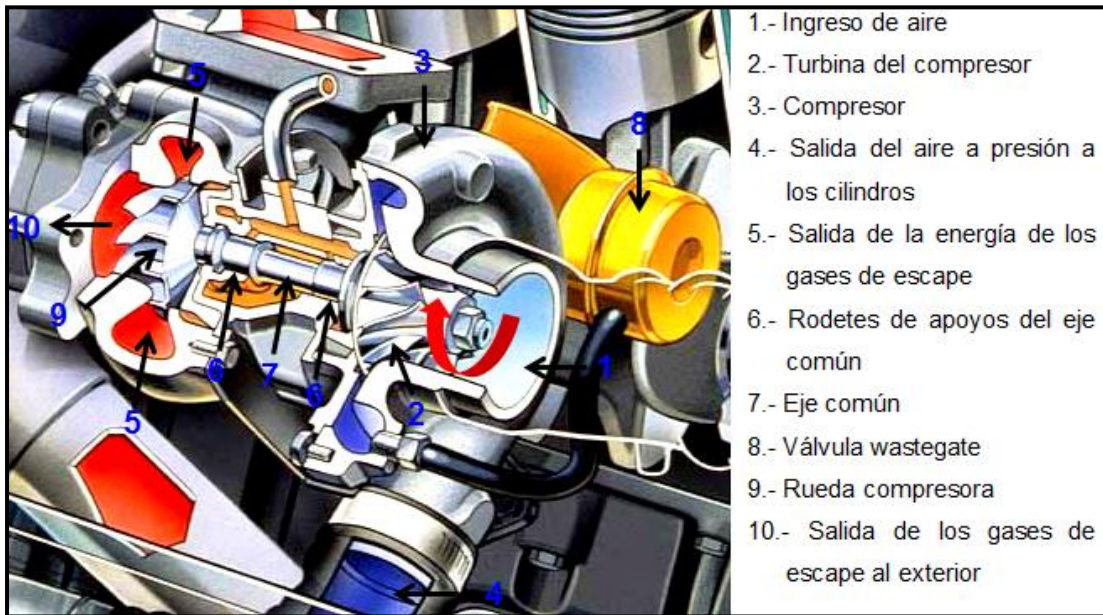
Figura 21: Turbo compresor



Autor: Julio Rubio T.

El turbocompresor es un elemento de tipo centrífugo que logra aumentar la potencia del motor hasta un 30%, está constituido por 2 rodets, una turbina y un compresor montados sobre un mismo eje, como se muestra en la figura 22.

Figura 22: Componentes del turbo compresor



Fuente:<http://www.tallervirtual.com/2009/05/07/funcionamiento-basico-del-turbocompresor/>

Su funcionamiento está basado en aprovechar la energía cinética de salida de los gases de escape (5) con lo cual impulsa la rueda compresora (9), esta turbina se une a la turbina del compresor (2) mediante un eje común (7), el movimiento giratorio permite elevar la presión del aire (4) que ingresa a través del filtro hacia el interior de los cilindros que favorece al llenado de los cilindros y la potencia del motor. El turbocompresor alcanza velocidades por encima de los 100.00 R.P.M. y está sometido a elevadas temperaturas, aproximadamente 750°C.

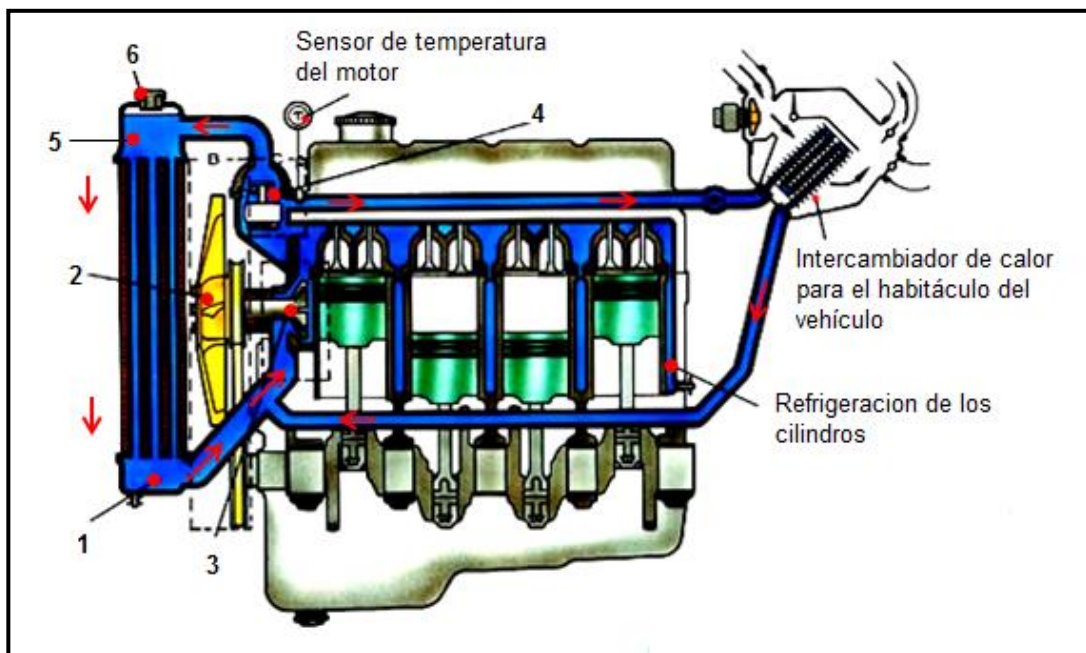
Adicionalmente los turbocompresores tienen incorporado una válvula de seguridad (wastegate) para evitar las excesivas revoluciones, a medida que aumenta las revoluciones del motor mayor es la velocidad de salida de los gases de escape que pasan por la turbina, y que a su vez aumenta la presión de admisión favoreciendo el llenado máximo de los cilindros. Cuando sobrepasa la presión descrita por el fabricante, gran parte de los gases de escape salen directamente sin pasar por la turbina con lo cual desciende la velocidad de giro y en consecuencia la presión de admisión.

2.5.3. Sistema de refrigeración

Este sistema es muy importante en todo tipo de motor y en especial en los motores diésel que deben aprovechar al máximo el calor que se produce durante la compresión y la combustión, que aproximadamente del 38% al 42% del calor desarrollado es transformado en energía mecánica capaz de mover el motor.

Entonces el propósito fundamental del sistema de refrigeración es de mantener la temperatura adecuada (aproximadamente 80°C a 85°C) durante el funcionamiento del motor, extrayendo el calor excesivo producido por la combustión y la fricción. Para cumplir este propósito, el sistema de refrigeración consta con los siguientes elementos como se muestran en la figura 23.

Figura 23: Circuito del sistema de refrigeración



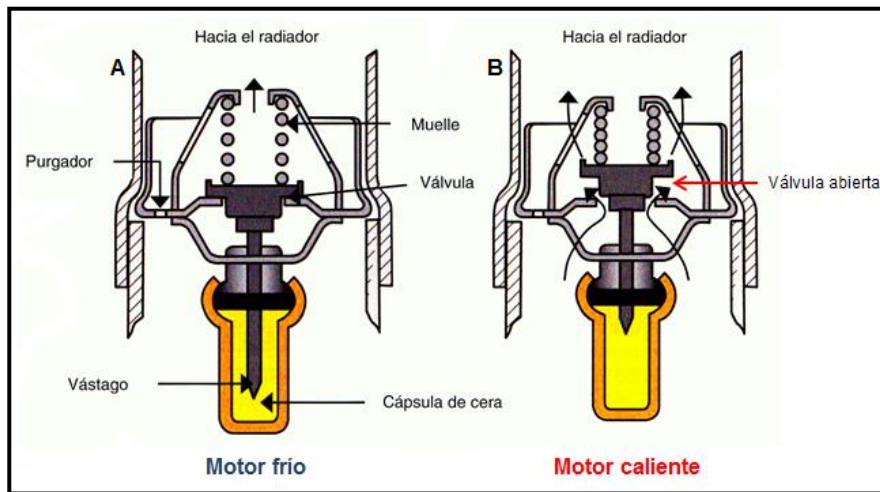
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.com/refrigeracion-motor.htm>

- **Radiador (1):** Es un intercambiador de calor, y tiene como función principal el permitir la circulación del líquido refrigerante por unos ductos de poca sección, logrando disminuir la temperatura después de su paso por el motor.

- **Ventilador (2):** Asegura una gran cantidad de corriente de aire a través del radiador, disipando el calor y favoreciendo la refrigeración de los demás componentes del motor.
- **Bomba de agua (3):** Es un elemento de tipo centrífugo, que se une con la polea del cigüeñal por medio de una banda dentada para hacer posible su giro. Su funcionamiento se basa en efectuar la circulación del líquido refrigerante en el interior del motor, manteniendo así la temperatura ideal de funcionamiento del mismo. Esta bomba centrífuga suministran un caudal de 1.000 l/h a 1.000 R.P.M. hasta los 8.000 l/h a regímenes máximos, y no debe superar los 2,5 Kg/cm².
- **Termóstato (4):** Es un elemento que impide la circulación del refrigerante cuando el motor está frío, y a su vez, regula la temperatura de funcionamiento del motor. Cuando el motor alcanza su temperatura ideal de funcionamiento (aproximadamente 80°C a 85°C), la cera que está en contacto con el refrigerante se dilata con lo cual obliga que se abra la válvula para dar paso a la circulación del refrigerante hacia el radiador y manteniendo de esta forma la temperatura ideal de funcionamiento del motor.

En la figura 24 nos indica las dos fases del funcionamiento del termostato, cuando el motor está frío (fig. 24-A) podemos observar que la válvula se mantiene cerrada impidiendo la circulación del refrigerante, entonces una vez que el motor alcanza su temperatura ideal de funcionamiento la cera se dilata y vence el muelle, (fig. 24-B) con lo cual la válvula se abre permitiendo la circulación del refrigerante por el circuito de refrigeración del motor.

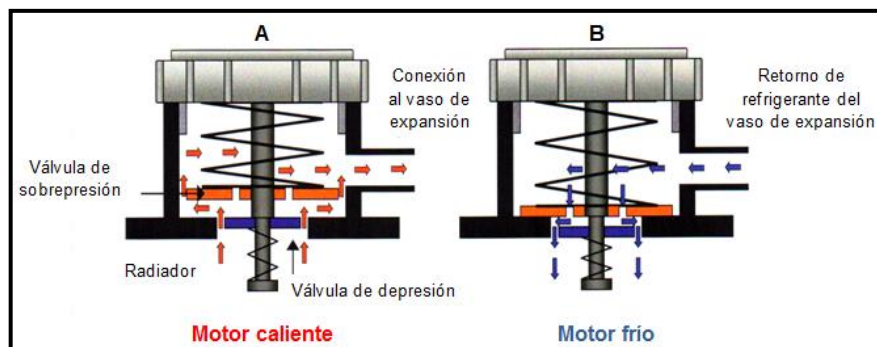
Figura 24: Funcionamiento del termóstato



Fuente: González, D. (2011). Motores

- **Líquido refrigerante (5):** El refrigerante es una mezcla de tres elementos importantes que son: Agua, Anticongelante y Acondicionador.
- **Tapa de radiador (6):** Es un elemento importante, que tiene como función principal de mantener la presión interna, logrando que el refrigerante supere los 100°C sin que este entre en el proceso de ebullición. Adicionalmente está constituido por dos válvulas que funcionan de la siguiente manera, como se muestra en figura (28).

Figura 25: Funcionamiento de la tapa del radiador



Fuente: González, D. (2011). Motores.

Cuando se calienta el motor aumenta la temperatura del líquido refrigerante lo que conlleva a una dilatación provocando un aumento de presión en el circuito, esta presión que vence al resorte permitiendo la apertura de la válvula y la circulación del líquido refrigerante en forma de vapor al depósito o vaso de expansión, manteniendo presurizado el circuito. (Ver fig. 25-A).

Cuando se apaga el motor, empieza a disminuir la temperatura del líquido refrigerante y se contrae, con lo cual la válvula principal se cierra y se abre la de retorno debido a la depresión por la contracción permitiendo el retorno del líquido refrigerante al radiador manteniéndolo lleno y presurizado el circuito. (Ver fig. 25-B).

2.5.4. Sistema de lubricación

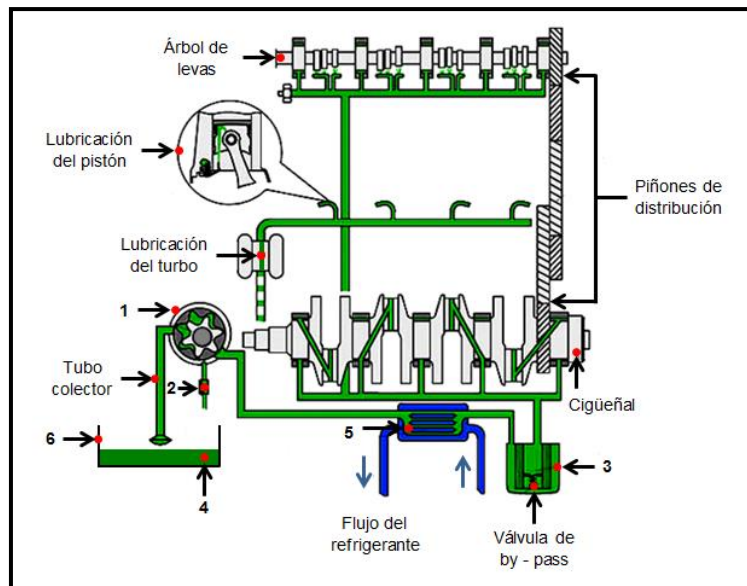
Todos los motores de combustión interna están expuestos a desgaste debido al contacto directo entre las piezas internas en movimiento del motor, ocasionando pérdida de energía y el agarrotamiento de estos componentes.

Entonces el sistema de lubricación tiene como función principal de interponer una película fina de aceite evitando el roce directo y el desgaste de las piezas del motor. Adicionalmente el sistema de lubricación cumple con otras cualidades que son:

- a) Refrigerar las partes móviles y aquellas a las que no tiene acceso el circuito de refrigeración
- b) Ayudar a la estanqueidad de los cilindros
- c) Reducir el coeficiente de rozamiento dinámico.
- d) Amortiguar y absorber choques entre los elementos sometidos a presión.
- e) Efectuar de limpieza de los órganos lubricados mediante el arrastre de impurezas.

Para el óptimo funcionamiento, el sistema de lubricación consta con los siguientes elementos y que se detallan en la figura 26.

Figura 26: Circuito de lubricación



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/engrase-motor.htm>

- **Bomba de aceite (1):** Es la encargada de suministrar el aceite desde el depósito hacia todos los puntos del circuito de lubricación a una determinada presión a través de las canalizaciones de los pasajes donde circula el aceite, esta presión varía de acuerdo a los regímenes de funcionamiento del motor, en ralentí oscila entre 1 kg/cm² y 2 kg/cm² y a plena carga (aproximadamente 4.000 r.p.m.) hasta 3,5 kg/cm² y no superar los 5 kg/cm².
- **Válvula de seguridad (2):** Es una válvula limitadora de presión, que permite el retorno del aceite lubricante al cárter, en el momento que ha superado la presión en el circuito de lubricación (aproximadamente entre 4 kg/cm² y 6 kg/cm²).
- **Filtro de aceite (3):** Tiene como misión de retener las impurezas o sustancia sólida suspendida en el aceite, garantizando una óptima lubricación de las piezas móviles dentro del circuito. Adicionalmente tienen incorporado una válvula de by – pass, que permite el flujo del lubricante al circuito de lubricación en caso de saturación del filtro.

- **Lubricante (4):** Es el elemento principal del circuito, y tiene como función de interponerse entre las piezas móviles del motor, evitando el roce directo y el desgaste prematuro.
- **Enfriador de aceite (5):** Es un intercambiador de calor, y que utiliza el propio circuito de refrigeración actuando de forma separada (aceite/refrigerante) logrando así disminuir la temperatura, evitando la degradación del lubricante por las altas temperatura de funcionamiento del motor.
- **Cárter (6):** Este componente se acopla al block en la parte inferior por medio de una junta y tornillos de sujeción, sirve también como depósito del aceite lubricante del motor.

2.6. Sistema de inyección de combustible

Estudiaremos uno de los sistemas más importante del motor diésel, su rendimiento fiable y económico depende de la inyección de combustible en la cámara de combustión, que debe suministrar la cantidad necesaria de forma finamente pulverizada y a presión en el momento adecuado, obteniendo el correcto funcionamiento del motor.

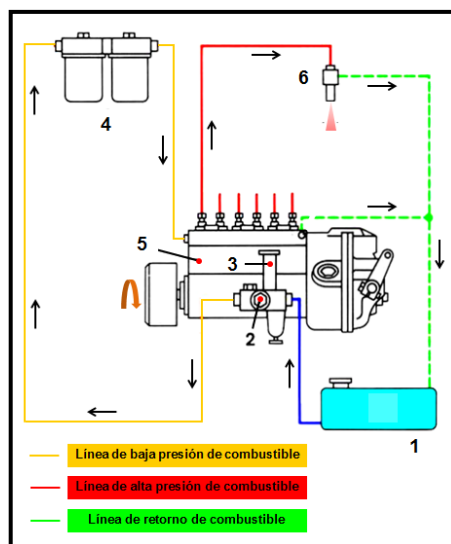
2.6.1. Principio de funcionamiento del sistema de inyección diésel

El sistema de inyección tiene como función principal de suministrar el combustible desde el depósito hasta la bomba de inyección que se encargará de presurizarlo y enviarlo a cada uno de los cilindros del motor diésel.

El sistema de inyección de combustible se ha dividido en 2 importantes grupos:

- **Circuito de baja presión de combustible:** Está conformado por: (1) depósito de combustible, (2) bomba de alimentación, (3) bomba de cebado, (4) filtros de combustibles.
- **Circuito de alta presión de combustible:** Está conformado por: (5) bomba de inyección, (6) Inyectores. En la figura 27, se observa el circuito completo y sus respectivos componentes del sistema de inyección de combustible de un motor diésel.

Figura 27: Circuito del sistema de inyección



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/bombas1/conjuntobombadeinyeccion.html>

Editado por: Julio Rubio T.

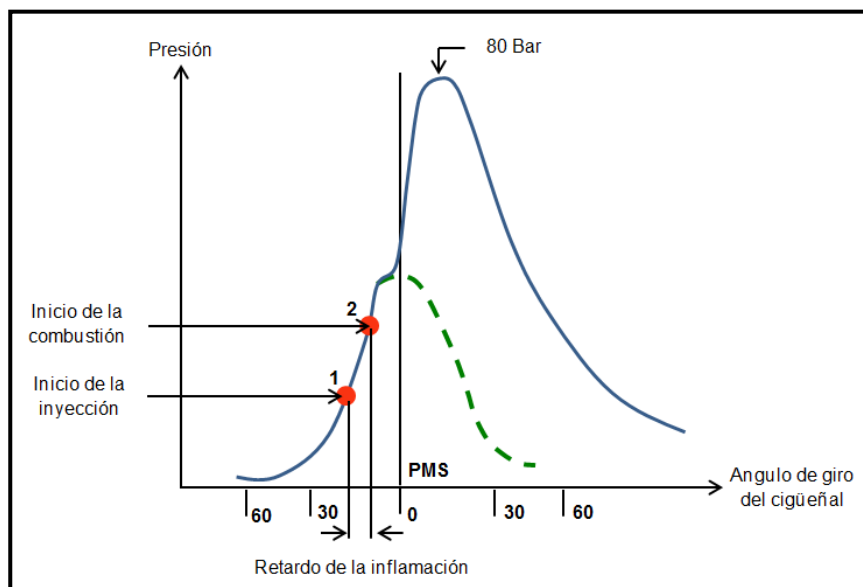
2.6.2. Características de la inyección

Es conocido que los motores diésel aspiran solo aire comprimido en el interior del cilindro, y que el combustible es suministrado por el inyector unos grados antes de que el pistón llegue al P.M.S. con lo cual se produce la combustión en forma espontánea y homogénea, que debe ser aprovechada para la máxima eficiencia del motor y que las piezas no estén sometidas a cargas excesivas.

Para el óptimo funcionamiento del motor diésel la inyección de combustible cumple con 2 características importantes

- Adelanto del comienzo de la inyección
- Tiempo al inicio de la combustión

Figura 28: Curva característica de la inyección y combustión del combustible



Autor: Gil, H. (2016). Manual Práctico del Automóvil

Editado por: Julio Rubio T.

En la figura 28 se muestra el diagrama de presiones durante la combustión; el punto 1 corresponde al inicio de la inyección, donde el combustible es introducido finamente pulverizado en la cámara, entre los puntos 1 y 2 existe un lapso de tiempo (retardo de la inflamación) donde continúa el pistón en la fase de compresión del ciclo comprimiendo y aumentando la temperatura del aire, con lo cual el combustible inyectado entra en contacto con el aire caliente dando inicio a la combustión en el punto 2, aumentado rápidamente la presión.

Durante este proceso, continúa ingresando combustible, para lo cual la combustión se produce más lentamente en consecuencia a la dilatación del gas y la presión va aumentando de forma moderada, en el punto más alto, la presión de

combustión es máxima (80 bar), y da el inicio del proceso de expansión de los gases.

2.6.3. Función y componentes del circuito de baja presión de combustible

Tiene como función principal de enviar el combustible a una determinada presión desde el depósito de almacenamiento hasta la bomba de inyección. La presión existente en este circuito es aproximadamente entre 1 kg/cm² y 2 kg/cm².

En la figura 27 se muestran los elementos correspondientes al circuito de baja presión de combustible y sus definiciones se detallan a continuación:

- **Depósito de combustible (1):** Sirve de almacenamiento del combustible disponible para el funcionamiento del motor, posee una línea de aspiración de combustible con pre filtro para evadir las impurezas y una línea de retorno del combustible no utilizado.
- **Bomba de alimentación (2):** Es la encargada de suministrar de combustible a la bomba de inyección a una determinada presión, generalmente va acoplada en la parte inferior de la misma bomba de inyección.
- **Bomba de cebado (3):** Tiene como función de proveer de combustible al circuito de baja presión, además sirve de purgado para la eliminación de las bolsas de aire que perturbaría el funcionamiento de la bomba de inyección imposibilitando la puesta en marcha del motor.
- **Filtros de combustible:** Es el elemento de mayor exigencia en el circuito de baja de presión, tiene como misión de proteger el sistema de inyección reteniendo toda impureza o agua contenida en el combustible. Generalmente están constituido por un papel poroso de celulosa y se impregna una sustancia de resina fenólica para absorber el agua contenida en el combustible.

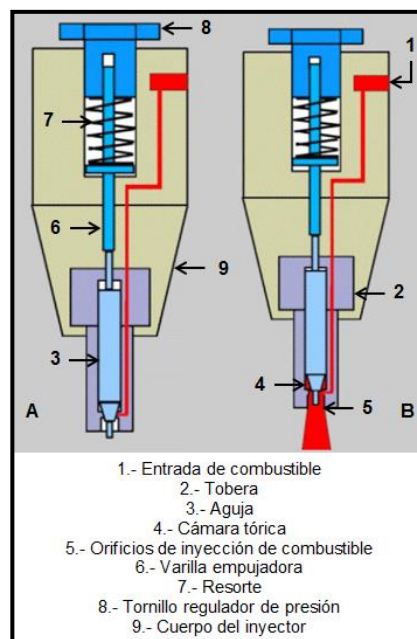
2.6.4. Función y componentes del circuito de alta presión de combustible

Tiene como función principal de enviar y distribuir el combustible finamente pulverizado y a presión a cada una de las cámaras de combustión de acuerdo a los regímenes del motor. La presión existente en este circuito de alta presión es aproximadamente entre 120 kg/cm² y 400 kg/cm²; en la figura 30 se muestran los componentes del circuito de alta presión y que son: Inyector y bomba de inyección.

2.6.5. Constitución y función del inyector

El inyector tiene como misión de introducir el combustible finamente pulverizado a presión (Aprox 185 kg/cm²) y esparcirlo homogéneamente por toda la cámara de combustión.

Figura 29: Funcionamiento y partes del inyector



Fuente: Reyes, F. (2001). Motor Diésel

El principio de funcionamiento del inyector es, de recibir el combustible a presión suministrado por la bomba de inyección, desde el orificio de entrada (1) y descendiendo por la canalización practicada en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara tórica (4) situada en la base de la tobera, con

lo cual la aguja del inyector (3) posicionado sobre su asiento cónico con la ayuda de un resorte (7) y una tuerca (8) que regula la presión del mismo, mantienen el conjunto cerrado, como se muestra en la figura 29-A.

En la figura 29-B, nos indica que, el combustible sometido en la cámara tórica (4) a una presión superior que vence al resorte (7) levantando de esta manera la aguja (3) lo que permite la salida por los orificios de salida de combustible (5) finamente pulverizado produciendo la inyección en la cámara de combustión.

Una vez culminada la inyección, la presión del combustible desciende con lo cual la aguja vuelva a ocupar su posición cerrando el circuito y cesa la inyección, y el combustible no utilizado es devuelto al depósito de almacenamiento.

2.6.6. Constitución y función de la bomba de inyección en línea

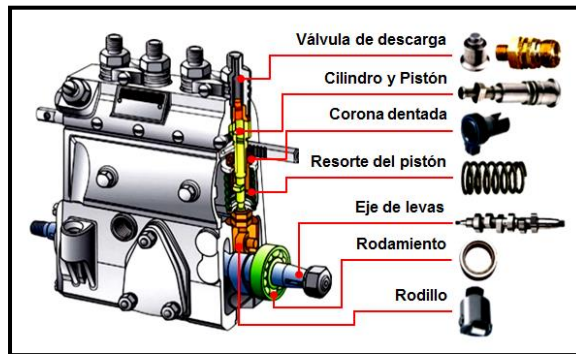
La bomba siendo un componente de precisión es el elemento principal del sistema de inyección de combustible, va acoplada al motor, su giro es sincronizado con el motor por medio de las ruedas dentadas del cigüeñal y el árbol de levas. La bomba de inyección tiene como función principal lo siguiente:

- Enviar el combustible a presión a los valores determinados de trabajo del inyector.
- Distribuir el combustible en el orden establecido a cada inyector.
- Enviar el combustible en el momento y tiempo oportuno a cada inyector.
- Dosificar con exactitud la cantidad de combustible que será inyectado en la cámara de combustión a través del inyector.

- Regular las velocidades máximas y mínimas del motor.

En la figura 30 podemos observar una bomba de inyección seccionada en un solo émbolo, en el cual determinaremos el funcionamiento de la bomba de inyección.

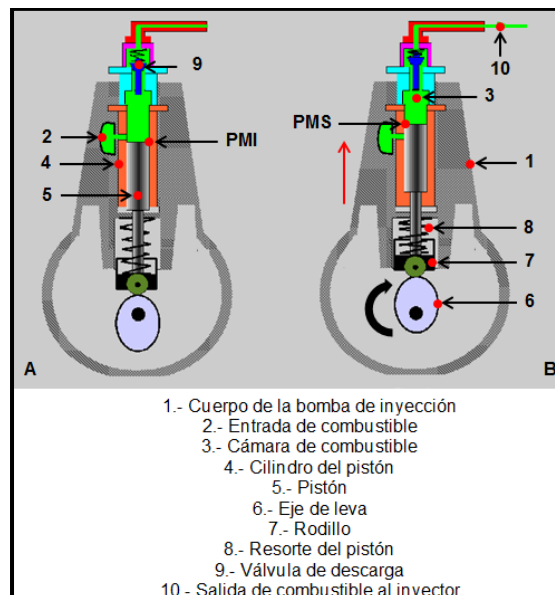
Figura 30: Sección de la bomba de inyección



Fuente: Reyes, F. (2001). Motor Diésel

Como habíamos indicado anteriormente la bomba de inyección esta sincronizada con el motor y en función de los regímenes del mismo, entonces el giro de la leva hace posible el desplazamiento constante del pistón y de forma sincronizada.

Figura 31: Funcionamiento de la bomba de inyección



Fuente: Reyes, F. (2001): Motor Diésel

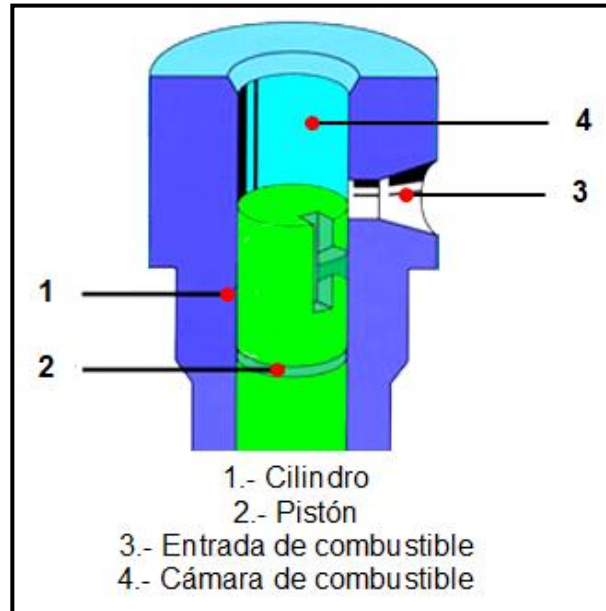
Cuando el pistón se encuentra en el P.M.I. (fig. 31-A) se crea una depresión lo que permite el ingreso del combustible por el conducto de alimentación (2) llenando de esta forma la cámara superior (3) en el interior de la bomba de inyección y a través de una ranura vertical del pistón logra llenar también la cámara inferior.

El pistón es forzado a realizar un movimiento ascendente (fig. 31-B) por medio del eje levas (6), cerrando el conducto de alimentación (2) y estando lleno de combustible ambas cámaras, entonces el combustible atrapado a presión logra la apertura de la válvula de descarga (9) permitiendo el flujo del combustible por el conducto de salida (10) hacia el inyector dando como inicio el principio de la inyección.

- **Elemento de bombeo y cremallera:** El elemento de bombeo de la bomba de inyección está constituido por un cilindro y un pistón como se muestra en la fig. 32, tiene tanto de estos elementos como cilindros del motor, y están comunicados directamente con el inyector a través de una válvula de descarga.

El conjunto cilindro-pistón son piezas mecánicas de precisión y de difícil construcción, que deben ser herméticos y mantener la estanqueidad del volumen de combustible inyectado en altas presiones o a bajos regímenes de funcionamiento del motor, obteniendo en cada cilindro del motor presiones y temperaturas lo más iguales posibles, el combustible fuga sirve como lubricación para los mismos componentes de la bomba de inyección. En la figura 32 se observa el cilindro (1) y pistón (2) que son los componentes de precisión de la bomba de inyección.

Figura 32: Elemento de bombeo de la bomba de inyección

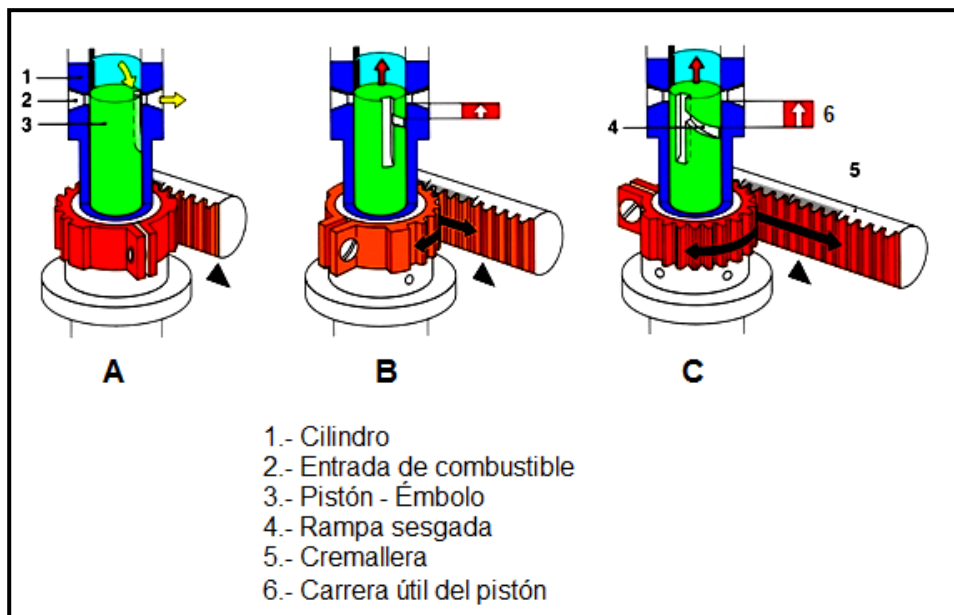


Fuente:<http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/bombas1/elementosdebombaenlinea.html>

El suministro de combustible se lo realiza a través del giro del pistón sobre eje vertical a través de la cremallera que se acopla a los elementos de bombeo por medio de unas secciones dentadas, girando de esta forma los émbolos simultáneamente para que la entrega y caudal de combustible en cantidades iguales a cada uno de los cilindros del motor.

La cremallera es controlada por el pedal del acelerador y de acuerdo a su desplazamiento se determina la mayor o menor cantidad de combustible a inyectar para obtener la potencia deseada. En la figura 33 nos muestra las diferentes posiciones de la cremallera y el giro del pistón para el suministro de combustible.

Figura 33: Posición de la cremallera de control



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/bombas1/elementosdebombaenlinea.html>

Suministro nulo (fig. 33-A): Mientras la ranura vertical del pistón está en comunicación directa con el conducto de alimentación de combustible, no se produce la inyección, aunque el pistón continúe su carrera ascendente no logra comprimir el combustible del cilindro, y no existe acción de la cremallera de control.

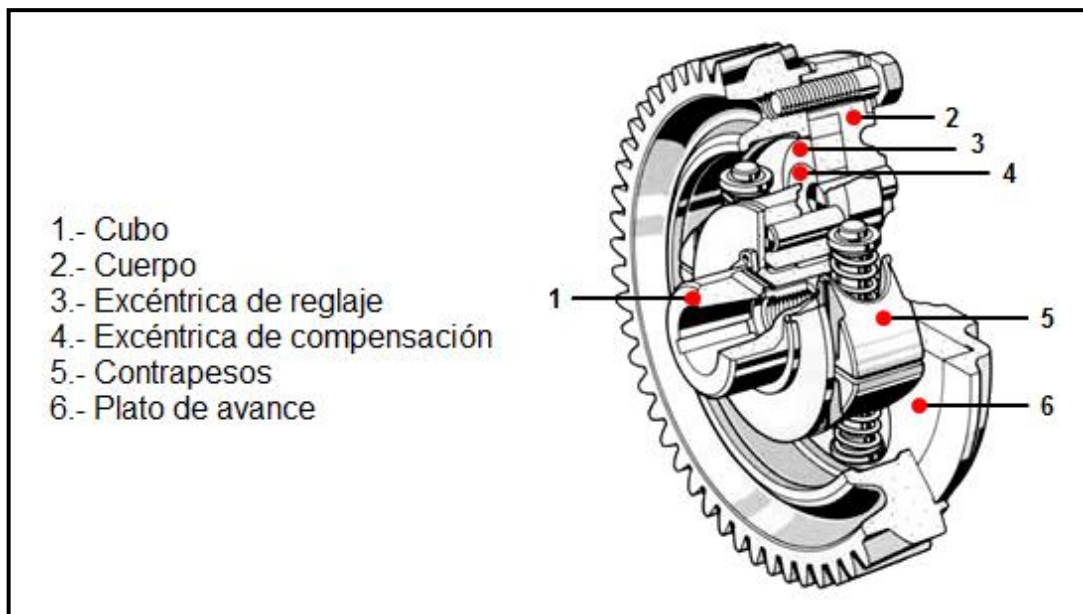
Suministro parcial (fig. 33-B): Cuando existe acción de la cremallera de control, el pistón ha girado unos grados sobre su eje vertical, con lo cual corto la comunicación con la lumbrera de alimentación de combustible. Mientras el pistón continúe su carrera ascendente logra comprimir el combustible dentro de la cámara y se produce el comienzo de la inyección del combustible.

Suministro máximo (fig. 33-C): Se da, cuando el pistón alcanzado el final de su carrera útil, con lo cual las ranuras vertical y helicoidal del pistón vuelven a comunicarse con la lumbrera de alimentación de combustible, descendiendo bruscamente la presión en el cilindro, y cesa la salida de combustible hacia el inyector.

- **Variador de avance:** Es un elemento que acopla en la parte delantera de la bomba de inyección y actúa sobre el mismo eje de leva sincronizando el principio de la inyección de combustible que es controla por la misma bomba de inyección.

La figura 34 muestra el dispositivo variador de avance, su funcionamiento está basado a medida que aumentan las r.p.m y la carga del motor, donde es deseable un punto de inyección más avanzado, y el combustible tenga más tiempo para quemarse completamente, entonces por efecto de la fuerza centrífuga los contrapesos se separan (5), empujando el plato de avance (6) en el mismo sentido de rotación obteniendo el avance de la inyección.

Figura 34: Variador de avance de la bomba de inyección



Fuente: Gil, H. (2016). Manual Práctico del Automóvil

- **Regulador centrífugo:** El regulador centrífugo va incorporado dentro de una carcasa y está formado por un conjunto de palancas acopladas en la parte posterior de la bomba de inyección, está gobernada por el conductor a través del accionamiento del pedal de aceleración,

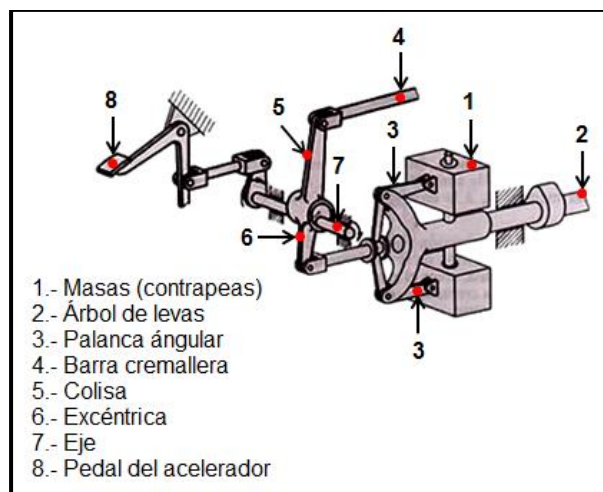
regulando de esta forma marchas máximas y mínimas o cualquier otra marcha de rotación del motor.

En la figura 35 se observa el mecanismo del regulador centrífugo que está constituido por un conjunto de palancas y dos masas que van montadas sobre un eje que acopa al árbol de levas de la bomba de inyección.

Debido al movimiento giratorio del árbol de levas (2) de la bomba de inyección, las masas (1) tienden a separarse del eje por efecto de la fuerza centrífuga, el desplazamiento de las masas es frenado por un mecanismo de resortes incorporado en el interior de las masas, siendo estos de máxima y mínima velocidad respectivamente.

La tensión de los muelles pueden ser modificados por el eje de cremallera (4) siendo este gobernado por el pedal del acelerador (8) que es accionado por el conductor.

Figura 35: Regulador Centrífugo



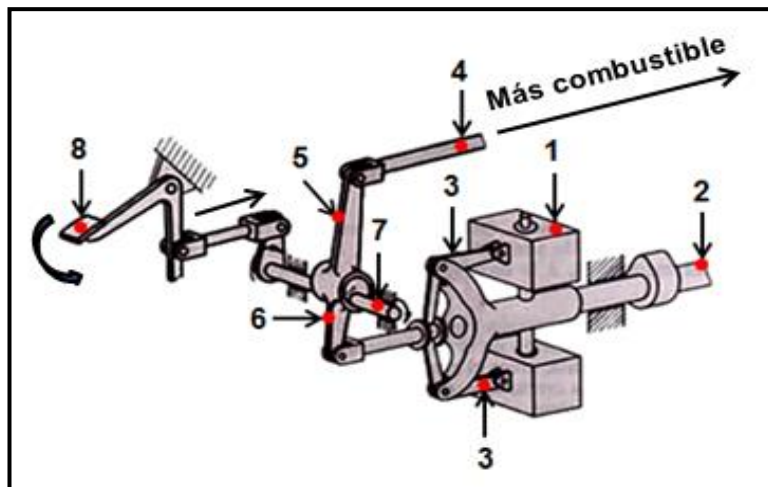
Autor: Alonso, J. (2001). Sistemas de inyección de combustibles en los motores Diésel

El funcionamiento de este conjunto de palancas lo hemos dividido en 2 secciones

- Acción del conductor: Cuando el conductor acciona el pedal del acelerador, el eje de cremallera en movida en el sentido de la flecha (ver figura 36) a través

del conjunto de palancas, este movimiento hacen girar los pistones aumentando el caudal de combustible disponible para el proceso de inyección, una vez que el conductor desacelera el eje de cremallera se mueve en sentido contrario disminuyendo el caudal suministrado.

Figura 36: Funcionamiento del regulador - Acción del conductor

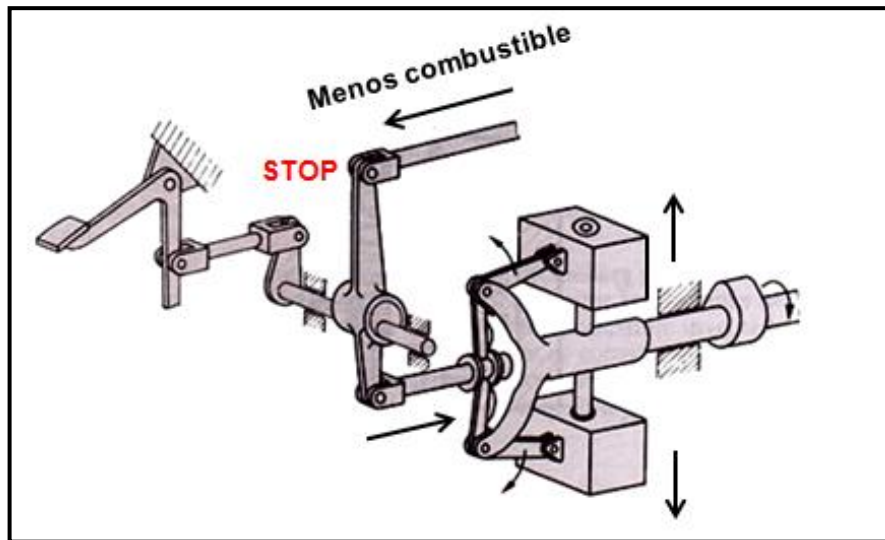


Fuente: Alonso, J. (2001). Sistemas de inyección de combustibles en los motores Diésel

- Acción del regulador: Tiene como misión controlar las velocidades mínima y máximas del motor, independiente si el pedal del acelerador es accionado o no por el conductor.

Cuando el motor sobrepasa las velocidades máximas establecidas por el fabricante, las masas se separan venciendo la tensión de los resortes, este movimiento hace que el eje de cremallera se mueva hacia la posición de stop (ver figura 37) a través del conjunto de palancas, disminuyendo de esta forma el caudal de combustible a ser inyectado, entonces la velocidad del motor está limitada, por más que el conductor pise a fondo el pedal del acelerador el motor no subirá su régimen porque mayor será la acción del regulador.

Figura 37: Funcionamiento del regulador - Acción del regulador



Fuente: Alonso, J. (2001). Sistemas de inyección de combustibles en los motores Diésel

2.6.7. Proceso de la combustión diésel y retardo de la inflamación

Anteriormente habíamos mencionado que la energía de los motores diésel se la obtiene de la combustión del diésel, y su combustión depende de tres factores importantes.

- La temperatura del aire debe ser mucho mayor que el combustible con lo cual este último se evapora y su encendido será más rápido.
- Cuanto mayor sea la presión en la cámara de combustión mayor será la penetración del combustible en el aire caliente con lo cual su evaporación y encendido será más rápidos.
- La pulverización del diésel debe ser en partículas finísimas, logrando así una evaporación del combustible casi nula y obtener una combustión casi de inmediata.

Retardo de la inflamación: Anteriormente mencionamos que este proceso es el tiempo en que tarda la inflamación del combustible desde el adelanto de la inyección y el inicio de la combustión.

Si volvemos a la figura 28, podemos observar un aumento de presión debido a la cantidad de combustible acumulado (entre 1 y 2) en la cámara de combustión, con lo cual se produce una combustión incontrolada y un funcionamiento rudo del motor, generando vibraciones, o golpes metálicos productos del picado del motor o golpeteo diésel.

2.7. PANEL DE INSTRUMENTO Y SISTEMA ELÉCTRICO

2.7.1. Función del panel de instrumento

Todos los vehículos disponen de un tablero de instrumento, en el cual se disponen de un conjunto de indicadores que permiten al conductor visualizar y controlar los distintos sistemas de funcionamiento del vehículo, o de presentarse alguna anomalía el operador deberá tomar medidas preventivas evitando cualquier daño del mismo.

Los indicadores miden magnitudes físicas y su lectura va cambiando con la marcha o con el tiempo transcurrido durante el funcionamiento del vehículo, por tal razón es importante conocer cada indicador del tablero de instrumento, saber su aplicación e interpretar de lo que ellos nos indica, de esta forma darán al conductor una conducción segura y podrán evaluar el funcionamiento del vehículo.

2.7.2. Tipos de indicadores

Todos los vehículos son equipados con 2 tipos de indicadores y son los siguientes:

- **Digitales:** Actúan mediante la recepción de señales de una computadora (E.C.M.) y se pueden desplegar números o barras gráficas en el tablero de instrumento, también actúan mediante lámparas integradas capaces de llamar la atención del conductor para evitar anomalías durante el funcionamiento del vehículo.
- **Análogos:** Actúan de forma física por medio del desplazamiento de una aguja por medios electromecánicos (magnéticos), su valor a medir se lee de acuerdo al posicionamiento de la aguja sobre la escala determinada dando de esta forma la magnitud medida.

2.7.3. Función y características de los indicadores del panel de instrumento en relación al motor diésel

En la figura 38 nos muestra el tablero de instrumento con sus respectivos indicadores.

Figura 38: Tablero de instrumento



Autor: Julio Rubio T.

Los indicadores relaciones con el funcionamiento del motor son:

- **Tacómetro (1):** Es un instrumento que mide la velocidad de giro del cigüeñal de un motor, se mide en revoluciones por minutos (rpm), donde la escala permite al conductor observar la velocidad de rotación

del motor e inclusive si este se encuentra en ralentí, además este dispositivo cuenta dentro de su escala una zona en rojo que nos indica un rango peligroso, es decir que el motor no debe funcionar dentro de estos regímenes que superan los niveles permisibles y que podrían ocasionar daños prematuros a los componentes internos del motor.

- **Indicador de presión de aceite (2):** Este dispositivo es una lámpara integrada que recepta la presión de aceite de la canalización principal y nos permite controlar el correcto funcionamiento del circuito de lubricación del motor.

Cuando la llave del switch de encendido está en ON este testigo debe de encenderse (ver figura 38-2) y apagarse a los pocos segundos, una vez la puesta en marcha del motor el testigo debe estar apagado, si durante el funcionamiento del motor este testigo se enciende nos indica que existe una inadecuada lubricación en el circuito que podría ocasionar daños severos de los componentes del motor.

- **Indicador de las bujías incandescentes (3):** Este dispositivo se enciende en el panel de instrumentos en el momento que la llave del switch está en ON y se apaga aproximadamente después de 3 segundos indicándonos que en ese lapso de tiempo ha calentado el gas contenido en la cámara de combustión, facilitando inmediatamente el arranque en frío del motor. Si el arranque en frío del motor es defectuoso o demora al encender se deberá revisar las bujías incandescentes.

- **Indicador de voltaje (4):** Este dispositivo es una lámpara integrada y actúa como luz de advertencia, nos permite controlar el correcto funcionamiento de la fuente de poder (batería) y del circuito de carga. Cuando la llave del switch de encendido está en ON este testigo debe de encenderse y apagarse a los pocos segundos, una vez la puesta en marcha del motor el testigo debe estar apagado, si durante el

funcionamiento del motor este testigo se enciende nos indica que existe anomalías en sistema de carga o en la batería, de este último se deberá revisar su voltaje nominal de funcionamiento.

- **Indicador de nivel de combustible (5):** Este dispositivo nos indica en todo momento la cantidad de combustible disponible en el depósito para el funcionamiento del motor.
- **Indicador de temperatura (6):** Este dispositivo nos indica la temperatura de líquido refrigerante del motor, su valor se mide en grados centígrados, durante los primeros minutos de funcionamiento del motor la aguja dentro de la escala nos indica en “C” es decir que el motor esta frio, y de acuerdo a la marcha o al tiempo transcurrido va aumentando la temperatura hasta que el termóstato permita la circulación del líquido refrigerante por el circuito y el indicador nos muestre la temperatura ideal del líquido refrigerante para el óptimo funcionamiento del motor, sin embargo si la aguja marca a la altura de “H” que es una zona de peligro nos indica que existe un sobrecalentamiento del motor que podría ocasionar un agarrotamiento del mismo.

2.7.4. Función y componentes del circuito de carga

El circuito de carga tiene como función principal de suministrar energía eléctrica a la batería con finalidad de mantenerla con su voltaje nominal y disponible para todos los circuitos eléctricos que se disponen para en funcionamiento del vehículo. Los componentes principales del circuito de carga son:

- **Batería:** Es una fuente de poder, donde se almacena energía eléctrica de forma química, una vez que se acciona uno de los diversos dispositivos incorporados para el funcionamiento del vehículo, la energía química se convierte en energía eléctrica, de esta forma se

cierra el circuito y fluyendo así la energía eléctrica. Entonces la batería cumple con cuatro funciones importantes que son:

- a. Suministra de energía al sistema de encendido (motor de arranque) para dar los primeros giros al motor hasta que este logre funcionar por sus propios medios.
 - b. Disponer de energía adicional cuando la demanda de este excede a la que es capaz de suministrar el circuito de carga.
 - c. Disponer de toda la energía eléctrica mientras el vehículo no esté puesto en marcha.
 - d. Proteger el sistema eléctrico, estabilizando el voltaje y compensando o reduciendo las variaciones que pudieran ocurrir dentro del sistema
- **Alternador:** Es un generador capaz de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, siendo esta de tipo alterna debido al campo magnético que se crea entre el rotor y el estator, con lo cual a través de las placas de diodos que rectifican esta corriente de salida convirtiéndola en continua siendo factible y aprovechado para el funcionamiento del vehículo. El alternador tiene como misión de proporcionar corriente eléctrica continua que sea disponible para la recarga de la batería y suministrar para todos los circuitos de los dispositivos para el funcionamiento del vehículo.
 - **Regulador:** Este dispositivo es el encargado de mantener constante la tensión máxima de salida generada por el alternador (entre 13.5 a 14.5 voltios), manteniendo de esta forma la batería con su voltaje nominal y evitar descargas durante el arranque del motor.

2.7.5. Función y componentes del circuito de arranque

Debido a que el motor es incapaz por sí mismo de dar sus primeros giros para su funcionamiento, se requiere que el eje cigüeñal sea girado por una fuerza externa (motor de arranque) que permitan al motor dar sus primeros giros a fin de conseguir que la mezcla aire combustible tome lugar en la cámara para su proceso de combustión, siendo esta energía aprovechada para el funcionamiento del motor.

- **Motor de arranque:** Este dispositivo transforma la energía eléctrica suministrada por la batería en energía mecánica, tiene como misión principal de hacer girar el eje cigüeñal hasta lograr el funcionamiento motor por sí solo.

Este elemento recibe la corriente en el momento que la llave del interruptor se encuentra en la posición de ON, con lo cual el circuito se energiza, entonces al girar la llave a la posición de start se cierra el circuito, con lo cual fluye una determinada cantidad de corriente hasta el solenoide que impulsa la palanca a través de unas ranuras en espiral haciendo que el eje inducido que acopla con el volante de cigüeñal haciéndolo girar hasta lograr el funcionamiento motor y la llave del interruptor retorne a la posición de ON; este proceso debe tomar pocos segundos caso contrario podría ocasionar averías severas de los componentes del motor de arranque.

CAPITULO III

PUESTA A PUNTO DEL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1

3.1 ANÁLISIS DE LA RE-CONSTRUCCIÓN DEL MOTOR Y SISTEMA DE INYECCIÓN

El motor diésel está sometido a grandes cargas y esfuerzo durante su funcionamiento, para lo cual es lógico pensar que en el transcurso del tiempo los componentes internos están expuestos al desgaste debido al rozamiento que existe entre sus piezas móviles, estos desgastes forman holguras entre sus componentes y a consecuencia de ello pueden modificar substancialmente el funcionamiento del motor.

Cuando el motor no desarrolla la potencia debida, funciona incorrectamente o se producen ruidos anormales en su funcionamiento, deberá procederse a su verificación, con el fin de determinar las posibles causas de la anomalía⁴

Entonces para alargar la vida útil de un motor es de vital importancia realizar sus inspecciones periódicas y realizar los respectivos mantenimientos de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.

El análisis de la reconstrucción del motor consiste en realizar un previo diagnóstico basado en las siguientes condiciones:

- Inspección del motor (apagado).

- Inspección de funcionamiento del motor en ralentí.

- Inspección de funcionamiento del motor a plena carga.

⁴ Alonso, 2000, pág. 133

Bajo estas tres condiciones determinaremos el estado de funcionamiento y vida útil del motor turbo diésel Isuzu 4HG1, para lo cual nos conlleva a un proceso de despiece total con el fin de reparar una determinada avería.

Una vez culminado el despiece total del motor turbo diésel Isuzu 4HG1, se debe proceder con una escrupulosa limpieza y descarbonización de cada uno de los elementos que conforman el motor antes descrito.

Efectuada la limpieza, se debe proceder con la verificación de cada componente del motor, utilizando las herramientas, e instrumentos de mediciones adecuadas, seguidamente se debe tomar su lectura de medición que debe ser comparado con el manual de reparación del fabricante del motor, donde determinaremos la reconstrucción del componente averiado.

Sin embargo durante el proceso de verificación y medición pueden encontrarse con otros componentes defectuosos que no pueden ser reutilizados siendo estos reemplazados inmediatamente.

3.2. ANTECEDENTES DEL MOTOR DIÉSEL

En la tabla 3.1, se adjunta ciertas características importantes en relación a los antecedentes del motor diésel de este proyecto de tesis.

Tabla 3.1: Características del Motor Turbo Diésel

Origen	Japon
Tecnología	Isuzu
Modelo de motor	4HG1
Marca comercial	Chevrolet
Modelo de vehículos	NPR - NQR
Capacidad de carga del vehículo	5.5 ton - 6 ton
Peso del motor	350 kg
Año	2002 - 2012

Autor: Julio Rubio T.

3.3. DIAGNÓSTICO DEL MOTOR ANTES DEL PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN

Antes del proceso de despiece del motor para su posterior reconstrucción de sus componentes, se procedió con una diagnóstico de funcionamiento del motor turbo diésel Isuzu 4HG1, en el cual determinaremos sus anomalías y sus posibles causas.

En la tabla 3.2, se adjuntan los resultados obtenidos durante el diagnóstico, determinando de esta forma el despiece y reconstrucción de los componentes del motor turbo diésel Isuzu 4HG1,

Tabla 2.2: Resultados del diagnóstico del motor turbo diésel Isuzu 4HG1

	Anomalía	Causa
Inspección del motor	Ruido en motor	Componentes internos del motor
	Demora en encender	Bomba de inyección e inyectores
	Motor no desarrolla	
Compresión	360 Psi	Desgaste entre rines y cilindros
Sistema de Refrigeración	Fuga del liquido refrigerante	Manguera inferior del radiador (rota)
	Aumento de temperatura	
Sistema de Lubricación	Fuga de aceite	Junta del cárter de aceite
Sistema de combustible	Fuga de combustible	Cañerías de alimentación

Autor: Julio Rubio T.

3.4. DESPIECE, VERIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y COMPONENTES DEL MOTOR.

Durante el despiece del motor turbo diésel Isuzu 4HG1, se deben utilizar las siguientes herramientas adjunta en la siguiente tabla 3.3.

Tabla 3.3: Herramientas utilizadas

Cant	Descripción
1	Extensiones de mando 1/2
1	Juego de dados hexagonales de mando 1/2
1	Juego de dados poligonales de mando 1/2
1	Juego de desarmadores y destornilladores
1	Juego de llaves en mm
1	Palanca de mando 1/2
1	Rachete de mando 1/2
1	Un martillo de bola de 2 libras
1	Un martillo de goma/fibra

Autor: Julio Rubio T.

Durante la verificación de los componentes del motor se deben utilizar los siguientes instrumentos de medición que se detallan en la siguiente tabla 3.4.

Tabla 3.4: Instrumento de medición y precisión

Cant	Descripción
1	Alexómetro
1	Calibrador de laminas (mm/in)
1	Calibrador pie de rey
1	Micrómetro de exteriores
1	Regla patrón
1	Reloj comparador

Autor: Julio Rubio T.

3.4.1. Culata.

La culata está sometida a grandes temperaturas y elevadas presiones durante del funcionamiento del motor, en el cual se producen dilataciones, a su vez está expuesto a los choques térmicos una vez apagado, teniendo como consecuencia deformaciones en su superficie o grietas que dificultan el buen funcionamiento del motor.

En el análisis de la culata se deben verificar su estado de vida útil, y de sus componentes, realizando mediciones siendo estas comparado con los valores estándares de acuerdo al manual del fabricante, donde determinaremos su proceso de reparación o reemplazo del mismo o de algunos de sus componentes.

En la tabla 3.5 se adjuntan las especificaciones técnicas de acuerdo al manual del fabricante con respecto a las mediciones de la culata y sus respectivos componentes.

Tabla 3.5: Especificaciones técnicas de la culata y componentes.

Componente	Medición de	Estándar (mm/in)		Límite (mm/in)
Culata	Planitud/superficie	0.05/0.002		0.20/0.008
	Altura	119.05/4.68		118.75/4.67
Ø Válvulas	Admisión	8.94/0.35		8.80/0.34
	Escape	8.92/0.35		8.80/0.34
Holgura entre Válvula y guía	Admisión	0.038/0.0015	0.071/0.0028	0.20/0.0079
	Escape	0.064/0.0025	0.096/0.0038	0.25/0.0098
Árbol de levas	Altura entre A-B	52.8/2.078		51.8/2.039
	Ø ©	39.95/1.5728		39.85/1.569
	Excentricidad	0.04/0.0016		0.05/0.002
	Ø Apoyos A-B	39.95/1.5728		39.85/1.569

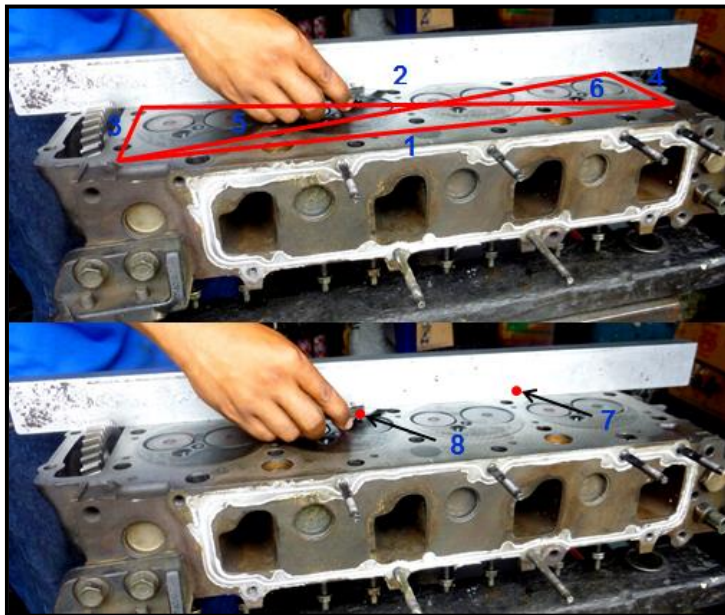
Fuente: Workshop manual. (2005). Isuzu. Engine 4H series.

Planitud:

Es una de las mediciones más importante y consiste en verificar la alineación longitudinal y transversal de la superficie de la culata, que no exista distorsiones o deformaciones, obteniendo una planitud correcta y un sellado hermético de las cámaras de combustión.

En la figura 39, podemos observar el proceso de la verificación de la planitud de la superficie de la culata, con una regla patrón (7) sobre la superficie a medir y el calibrador de láminas (8) obtendremos la lectura de medición, este se debe realizar 6 mediciones, 4 lados longitudinales y 2 transversales.

Figura 39: Verificación de la planitud de la culata



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.6, se adjunta los valores medidos obtenidos durante su verificación, con un promedio de deformación de su superficie de 0.165 mm y una altura de 118.8 mm después de su reparación.

Tabla 3.6: Valores de distorsión y altura de la culata

Lados medidos	Lectura de medición obtenida		Altura después del cepillado	
	mm	in	mm	in
1	0.21	0.008	118.8	4.67
2	0.15	0.006	118.8	4.67
3	0.12	0.005	118.8	4.67
4	0.15	0.006	118.8	4.67
5	0.18	0.007	118.8	4.67
6	0.18	0.007	118.8	4.67

Autor: Julio Rubio T.

De acuerdo a estos valores obtenidos se procedió con la reparación respectiva de la culata (cepillado de la superficie) y la utilización del mismo, se pudo comprobar que la culata se encuentra de los límites permisibles para su funcionamiento.

Medición y verificación de las válvulas de admisión y escape

Las válvulas son elementos fundamentales del motor y al ser componentes mecánicos están sujetos al fallo por desgaste debido al funcionamiento del motor o desperfecto de fabricación.

Holgura entre vástago y guía

Estos componentes están expuestos al desgaste debido al rozamiento entre el vástago y la guía por efecto del movimiento de apertura y cierre de las válvulas, este efecto genera un golpeteo de sus asientos y en un tiempo determinado durante el funcionamiento del motor debe ser hermético evitando fuga del gas comprimido en el interior de los cilindros, además deben soportar las altas presiones y temperaturas que se producen en las fases de compresión y combustión del ciclo.

En el análisis de las válvulas se deben verificar tres factores importantes como: medición del vástago, asientos y holgura entre el vástago y la guía, bajo estas condiciones diagnosticaremos su estado de reconstrucción o reemplazo de las mismas

En la figura 40 podemos observar la verificación de la holgura entre la vástago y la guía, con la ayuda de un reloj comparador cuyo palpador se apoya en la periferia superior de la válvula girándola sobre su propio eje observando el movimiento de la aguja del indicador tomando su lectura que debe ser comparada con los valores estándares del manual del fabricante y verificando si existe o no deformaciones.

Figura 40: Verificación de holgura entre vástago y guía de válvulas



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.7 se adjuntan los valores estándares vs los valores medidos durante su verificación, con respecto a la holgura entre el vástago y la guía de las válvulas, estando los valores dentro de los límites permisibles de acuerdo al manual del fabricante.

Si el valor excede los límites (0,20/0,0079) se recomienda reemplazar las válvulas.

Tabla 3.7: Holgura entre vástago y guía de válvulas

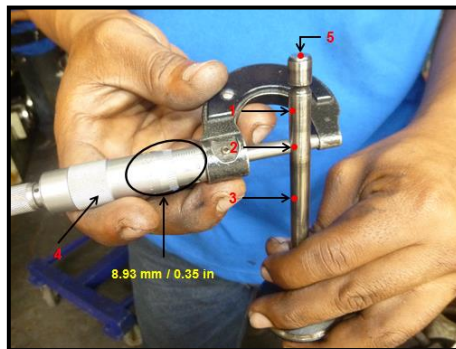
	Válvulas	
	Adm (mm/in)	Esc (mm/in)
Cilindro - 1	0.01 (0.0004)	0.01 (0.0004)
Cilindro - 2	0.01 (0.0004)	0.01 (0.0004)
Cilindro - 3	0.01 (0.0004)	0.01 (0.0004)
Cilindro - 4	0.01 (0.0004)	0.01 (0.0004)

Autor: Julio Rubio T.

Diámetro del vástago y asientos de válvulas

Con la ayuda de un micrómetro de exteriores (4) ajustándose al vástago de la válvula (5) se procede a tomar lectura de su diámetro, esta medición se debe realizar en 3 posiciones diferentes a lo largo de la longitud del vástago tal como se muestra en la figura 41, estas medidas deben ajustar con las del manual del fabricante como se indica en la tabla 3.7, caso contrario si excede el limite se deben reemplazar las válvulas.

Figura 41: Verificación del diámetro del vástago de la válvula



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.8 se adjuntan los valores obtenidos durante su verificación, con respecto al diámetro del vástago de las válvulas, estando los valores dentro de los límites permisibles de acuerdo al manual del fabricante

Tabla 3.8: Diámetro del vástago de las válvulas

Posición del micrómetro en el vástago	Cilindro - 1				Cilindro - 2				Cilindro - 3				Cilindro - 4			
	Adm		Esc		Adm		Esc		Adm		Esc		Adm		Esc	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.94	0.352	8.91	0.351	8.93	0.352	8.92	0.351	8.93	0.352	8.91	0.351	8.92	0.351	8.93	0.352
2	8.93	0.352	8.91	0.351	8.93	0.352	8.91	0.351	8.92	0.351	8.91	0.351	8.91	0.351	8.93	0.352
3	8.93	0.352	8.89	0.35	8.93	0.352	8.91	0.51	8.92	0.351	8.90	0.35	8.91	0.351	8.92	0.351

Autor: Julio Rubio T.

Si los valores de los diámetros de los vástagos de las válvulas son inferiores (8,80 mm/0,34 in) se recomienda reemplazar las válvulas.

Sin embargo durante las inspecciones de las válvulas se observó que existe un desgaste no significativo entre la superficie de contacto con el asiento de la válvula, como se muestra en la figura 42.

Figura 42: Desgaste de la superficie del asiento de la válvula



Autor: Julio Rubio T.

Para el reacondicionamiento de las válvulas es necesario un esmerilado, haciendo frotar la superficie de contacto de la cabeza de la válvula contra su asiento interponiendo una pasta de esmeril de grano fino con la finalidad de

conseguir un mejor acoplamiento entre ambos componentes mejorar la estanqueidad en el cierre.

En otras circunstancias, si el desgaste de las válvulas es más representativo, es necesario el proceso de rectificado, donde en esta operación deberá quitarse la menor cantidad de material posible, con el fin de no debilitar en exceso la cabeza de la válvula.

Por tal razón, es admisible un rectificado de hasta 0,5 mm. Si la cantidad de material es mayor, debe sustituirse la válvula.⁵

Medición y verificación del árbol de levas

El árbol de levas es un elemento mecánico que gira sobre su propio eje por medio de una rueda dentada que forma parte del sistema de distribución del motor.

Debe girar a altas revoluciones y está sometido a grandes cargas de fuerzas, generando desgaste entre sus apoyos y lóbulos por efecto de la fricción entre sus componentes (cojinetes y balancines), este desgaste puede variar la sincronización de los tiempos de aperturas y cierre de las válvulas lo que ocasionaría una combustión incompleta.

Durante el análisis del árbol de levas se deben verificar tres factores importantes como: excentricidad, diámetros de los apoyos y alturas de sus levas, en el cual no deben presentar señales de agarrotamientos y ralladuras ni desviación del eje, bajo estas condiciones diagnosticaremos su estado de reconstrucción o reemplazo de la misma, según los parámetros indicados en el manual del fabricante.

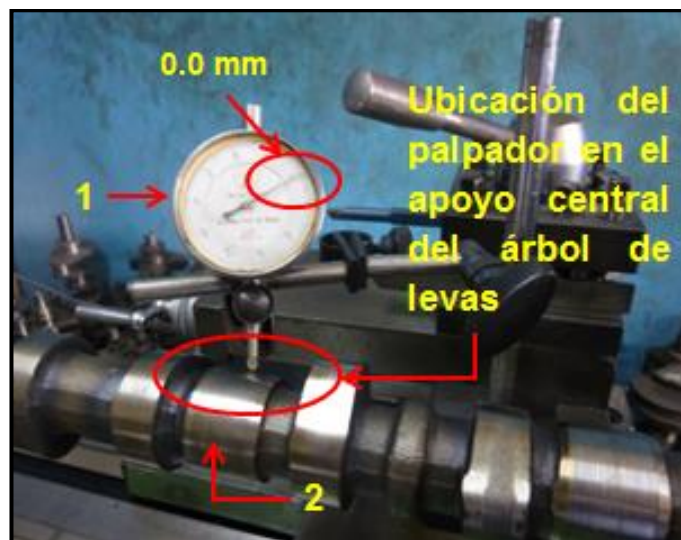
⁵ Técnicas del automóvil JM ALONSO, pág. 160

Excentricidad

Consiste en verificar el grado de desviación longitudinal del eje tomando como punto referencia el centro del mismo.

En la figura 43 podemos observar el proceso de medición de desviación del árbol del árbol montado sobre los extremos de un torno y con la ayuda de un reloj comparador (1), cuyo palpador haciendo contacto en el apoyo central (2) del árbol de levas, con lo cual se procede a girar el árbol de levas observando el movimiento de la aguja en el indicador tomando su lectura que debe ser comparado con los valores de acuerdo al manual del fabricante indicados en la tabla 3.5.

Figura 43: Verificación de desviación del árbol de levas



Autor: Julio Rubio T.

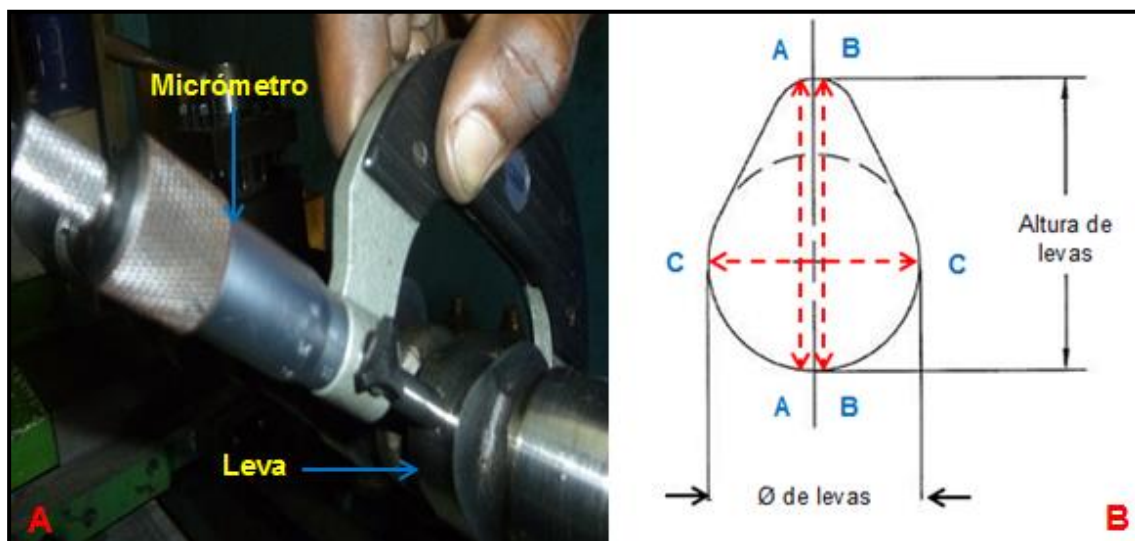
Determinando en este análisis, que el valor obtenido de desviación es cero (0), con el cual este valor se encuentra dentro del rango permisibles de acuerdo con la tabla 6, lo que nos indica la reutilización del árbol de levas.

Alturas de las levas y diámetros de los apoyos

Los lóbulos de las levas están expuestos a desgaste por efecto del rozamiento directo entre las superficies de las levas y el balancín que transmite el movimiento rotacional del árbol de levas en movimiento lineal alternativo para las aperturas y cierre de las válvulas.

En este análisis consiste en medir la altura de cada una de sus levas con un micrómetro de exterior como se muestra en la figura 44-A, y se deben verificar si existen ralladuras o desgaste excesivo y en las posiciones como se muestra en la figura 44-B.

Figura 44: Verificación de alturas de las levas



Autor: Julio Rubio T.

La tabla 3.9 se adjunta los valores obtenidos durante la medición de la altura de las levas, y que comparados con los valores estándar de acuerdo a la tabla 3.5, nos indican que están dentro y corresponde con los valores especificados en el manual del fabricante.

Tabla 3.9: Altura de levas

Medición de levas en	Cilindro - 1				Cilindro - 2				Cilindro - 3				Cilindro - 4			
	Adm		Esc		Adm		Esc		Adm		Esc		Adm		Esc	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
A	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078
B	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078	52,8	2,078
C	45,2	1,78	45,2	1,78	45,2	1,78	45,19	1,779	45,21	1,78	45,21	1,78	45,2	1,78	45,21	1,78

Autor: Julio Rubio T.

Los diámetros de los apoyos se deben verificar al igual que en el caso anterior, es necesario medir en 2 posiciones diferentes para determinar su conicidad (A) y ovalamiento (B).

En la tabla 3.10 se adjunta los valores obtenidos durante la medición de los apoyos del árbol de levas, que comparados con los valores estándar de la tabla 3.5, donde nos indican que están dentro y corresponde con los valores especificados en el manual del fabricante.

Tabla 3.10: Diámetros de los apoyos del árbol de levas

Medidas en	Ø Apoyo 1		Ø Apoyo 2		Ø Apoyo 3		Ø Apoyo 4		Ø Apoyo 5	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
A	39,95	1,5728	39,95	1,5728	39,95	1,5728	39,95	1,5728	39,95	1,5728
B	39,95	1,5728	39,95	1,5728	39,94	1,572	1,5728	1,572	39,95	1,5728

Autor: Julio Rubio T.

3.4.2. Block

El block es la pieza principal del motor, su forma es robusta y rígida en el cual debe soportar las grandes cargas y elevadas temperaturas por efecto de la combustión, además debe resistir la corrosión y evacuar rápidamente por conducción parte del calor generado durante el funcionamiento del motor.

En el block del motor turbo diésel se alojan los siguientes componentes como: cilindros, pistones, segmentos (rines) y cigüeñal, en el cual serán

analizados con su respectivo instrumento de medición determinando así su proceso de reconstrucción o reemplazo de algunos de estos componentes de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

En la tabla 3.11 se adjunta las especificaciones técnicas de acuerdo al manual del fabricante con respecto a las mediciones del block y sus respectivos componentes.

Tabla 3.11: Especificaciones técnicas del block y componentes

Componente	Medición de	Estándar (mm/in)		Límite (mm/in)
Block	Planitud	0.05/0.002		0.2/0.008
	∅ Cilindro	115.021/4.5284	115.05/4.5295	115.2/4.535
	∅ Pistón	114.959/4.5259		114.944/4.5235
Cigüeñal	∅ Bancada	81.905/3.2246	81.925/3.2254	81.85/3.2224
	∅ Biela	65.902/2.5946	65.922/2.5954	65.85/2.5925
	Excentricidad	0.05/0.0002		0.30/0.0012

Fuente: Workshop manual. (2005). Isuzu. Engine 4H series.

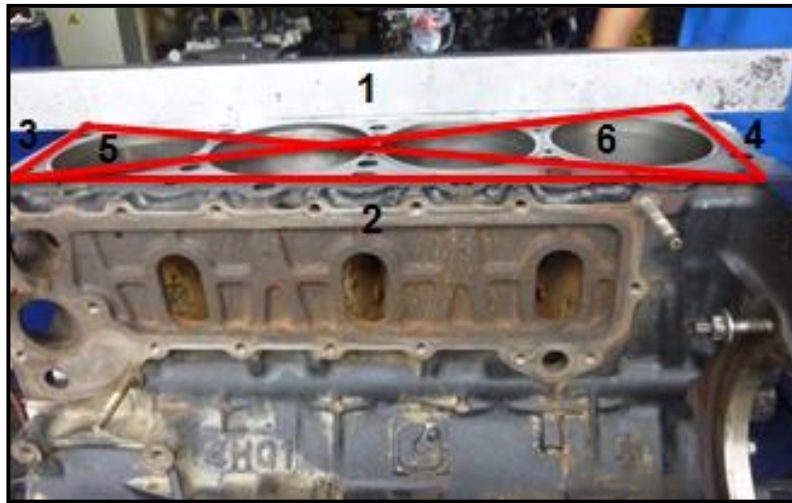
Planitud

Es una de las mediciones más importantes en el block al igual que la medición de la superficie de la culata, con la finalidad de descubrir si existe cualquier grieta, rotura o alguna desviación de su superficie que afecte al funcionamiento del motor.

Su análisis consiste en verificar la alineación longitudinal y transversal de la superficie del block, que no exista distorsiones o deformaciones, obteniendo una planicidad correcta y un sellado hermético de las cámaras de combustión

En la figura 45 se observar el proceso de la verificación de la planitud de la superficie del block de cilindros del motor turbo diésel ISUZU 4HG1, su proceso de verificación es igual a la superficie de la culata.

Figura 45: Verificación de la planitud de la superficie del block



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.12 se adjuntan los valores medidos de la superficie del block, en las diferentes posiciones como lo indica la figura 45.

En este proceso determinamos que la superficie del block se encuentra dentro de los límites permisible recomendado en el manual del fabricante, y como se indica en la tabla 3.11, en el cual no requiere realizar ningún proceso de mecanizado.

Tabla 3.12: Valores de distorsión de la superficie del bock

Lados de medición	Lectura
1	0.02
2	0.02
3	0.01
4	0.01
5	0
6	0

Autor: Julio Rubio T.

Medición y verificación de los cilindros

Los cilindros sirven de guía para el movimiento alternativo del pistón durante el funcionamiento del motor, ambos componentes están sometidos a elevadas temperaturas y presiones, y con ello se produce un desgaste siendo este de mayor pronunciado en el eje transversal del motor por efecto del movimiento y posición del codo del cigüeñal y la biela.

En la parte alta de los cilindros también existe un desgaste considerable donde existe una escasa lubricación, pues parte del aceite lubricante se quema con la combustión, siendo mayor el rozamiento entre estos componentes.

En el análisis de la verificación de los cilindros consiste en medir el diámetro de los cilindros en distintas posiciones y altura con la finalidad de determinar su magnitud de desgaste y 2 factores importantes que son:

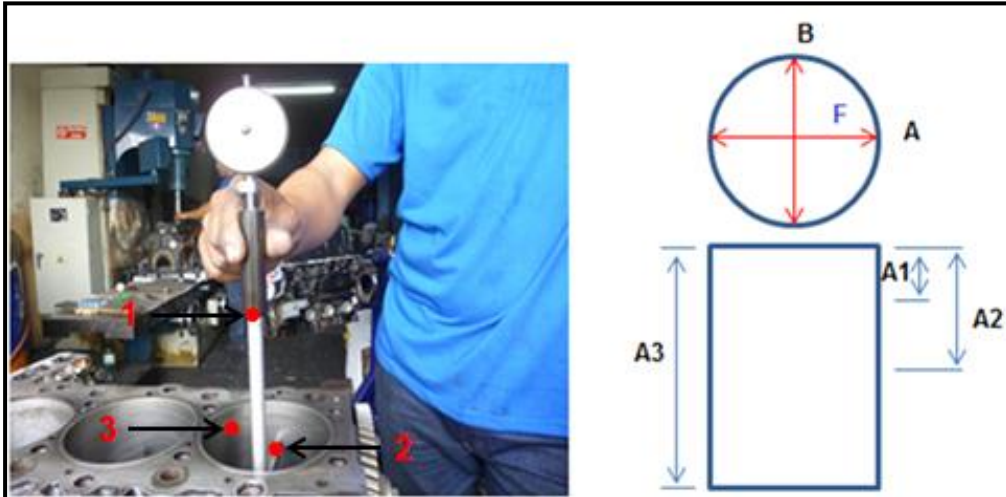
- Ovalamiento: Se produce como consecuencia del desgaste transversal, y su cálculo puede ser obtenido entre la diferencia de los diámetros longitudinal y transversal del cilindro.
- Conicidad: Es el desgaste existente del cilindros y puede ser calculado por la diferencia entre los diámetros superior e inferior del mismo.

Además se debe inspeccionar sus superficies internas, que no presenten síntomas de ralladuras, desgastes excesivos, pues irregularidad pequeñas se pueden corregir mediante proceso de pulido en máquinas apropiadas, caso contrario implican un rectificado o remplazo de los componentes.

En la figura 46 podemos apreciar el proceso de medición de los cilindros con la ayuda de un alexómetro (1), haciendo contacto el palpador (2) con las paredes del cilindro (3) y de acuerdo a las distintas posiciones como indica el manual del fabricante, estas mediciones deben realizarse a los 20, 90, 160 mm

respectivamente en el interior de cada cilindro, tanto en la parte longitudinal como transversal, determinando así su ovalamiento y conicidad de los cilindros.

Figura 46: Verificación de los cilindros



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.13 se adjunta los valores obtenidos de los diámetros de los cilindros, medidos con el respectivo instrumento de medición, obteniendo valores negativos en los cilindros 1-3-4.

En este análisis podemos determinar que los diámetros de los cilindros 1-3-4 se encuentran cerrados en comparación con su valor nominal de acuerdo a lo estipulado en el manual del fabricante o descrito en la tabla 14, es decir que sus diámetros se han reducido en comparación al diámetro estándar, existiendo poca holgura entre el pistón y el cilindro, este defecto pudo ser ocasionado por el sobrecalentamiento del motor durante su funcionamiento.

En este proceso no existe posibilidades de rectificado determinando la sustitución de los cuatros cilindros del block, con la finalidad de mantener idéntica sus cilindradas y en consecuencia igual potencia.

Tabla 3.13: Diámetro de los cilindros

Lados de medición	Cilindro - 1				Cilindro - 2			
	Desgaste		Ø Total		Desgaste		Ø Total	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
A-1	0,02	0,0008	115,07	4,5303	0,02	0,0008	115,07	4,5303
B-1	0,01	0,0004	115,06	4,5299	0,01	0,0004	115,06	4,5299
A-2	0	0	115,05	4,5295	0	0	115,05	4,5295
B-2	-0,05	-0,002	115	4,4795	0	0	115,05	4,5295
A-3	0	0	115,05	4,5295	0,01	0,0004	115,06	4,5299
B-3	-0,07	-0,0027	114,98	-0,0027	0,02	0,0008	115,07	4,5303
	Cilindro - 3				Cilindro - 4			
A-1	0,03	0,0012	115,08	4,5307	0,09	0,0035	115,14	4,533
B-1	0,01	0,0004	115,06	4,5299	-0,02	-0,0008	115,03	4,5287
A-2	0	0	115,05	4,5295	-0,05	-0,002	115	4,5275
B-2	-0,05	-0,002	115	4,5275	0	0	115,05	4,5295
A-3	0,05	0,002	115,1	4,5315	-0,04	-0,0016	115,01	4,5279
B-3	-0,07	-0,0027	114,98	4,5268	-0,05	-0,0002	115	4,5293

Autor: Julio Rubio

En la tabla 3.14 se adjunta los valores de ovalamiento, siendo la diferencia de los diámetros perpendiculares de cada distancia longitudinal del cilindro, como lo indica el proceso de medición en la figura 46.

En este análisis podemos determinar un ligero desgaste en la parte superior de los cilindros, sin embargo en la parte inferior existen valores contradictorios con respecto al desgaste, siendo los diámetros menores al valor estándar indicados en el manual del fabricante.

Tabla 3.14: Ovalamiento de los cilindros

Ovalamiento	Cilindro 1		Cilindro 2		Cilindro 3		Cilindro 4	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
A1-B1	0,01	0,0004	0,01	0,0004	0,02	0,0008	0,07	0,0027
A2-B2	-0,05	0,002	0	0	-0,02	0,0008	-0,05	-0,002
A3-B3	-0,07	-0,0027	0,01	0,0004	-0,02	0,0008	-0,01	-0,0004

Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.15 se adjunta los valores de conicidad, siendo la diferencia de los diámetros superior e inferior en el eje A como lo indica el proceso de medición en la figura 48.

Tabla 3.15: Conicidad de los cilindros

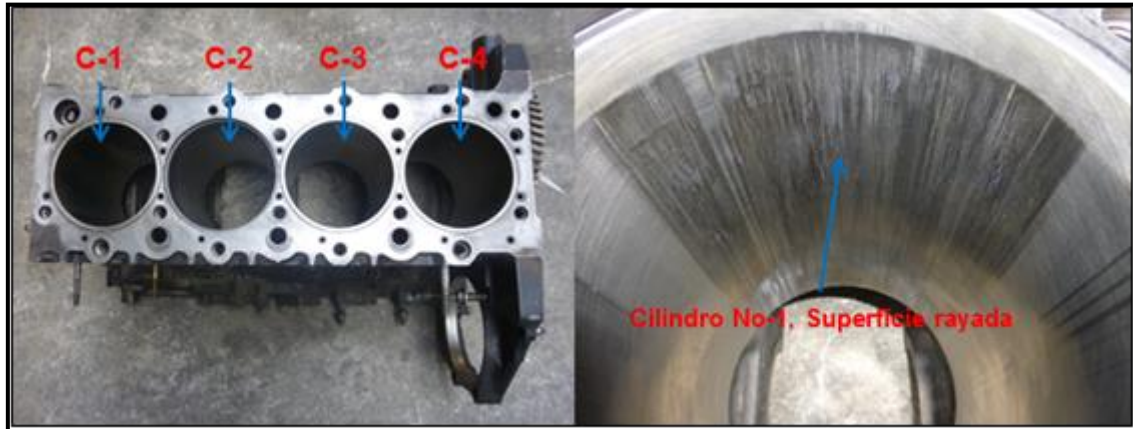
Conicidad	Cilindro 1		Cilindro 2		Cilindro 3		Cilindro 4	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
A1 - A3	0,02	0,0008	0,01	0,0004	-0,02	0,0008	0,13	0,00051

Autor: Julio Rubio

Durante este análisis también se observó que el cilindro No-1 presenta ralladuras de gran magnitud (ver figura 47) debido a una inadecuada refrigeración ocasionando un sobrecalentamiento del motor, de esta forma aumenta el rozamiento entre el cilindro y el pistón lo produjo el gripado de estos componentes.

Esta anomalía genero ruido durante el funcionamiento del motor, siendo este defecto la principal causa para la reconstrucción del motor.

Figura 47: Verificación de los cilindros



Autor: Julio Rubio T.

Medición y verificación de los pistones y segmentos

El movimiento alternativo del pistón desde el P.M.S. al P.M.I. genera rozamiento con las paredes del cilindro y como ya es conocido se produce un desgaste entre ambos componentes y el mayor desgaste del pistón es la zona del sentido transversal al bulón.

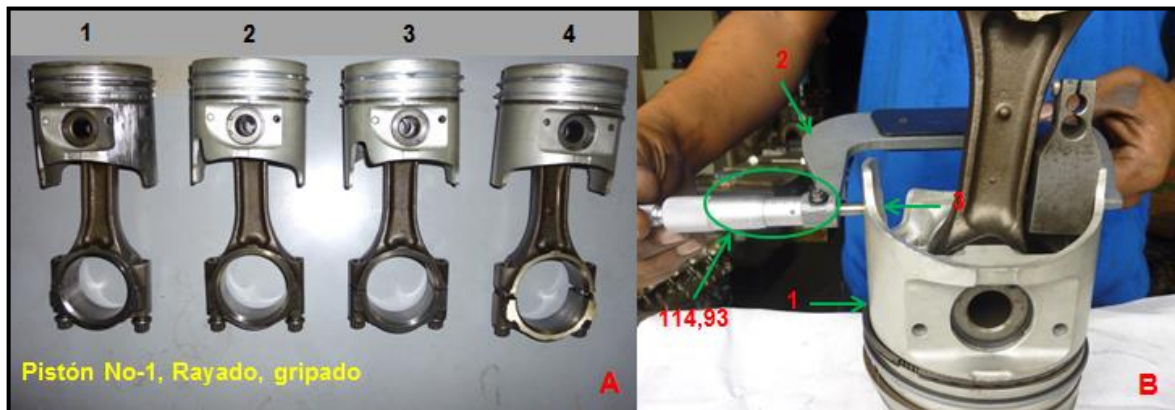
En este análisis se deben verificar el diámetro de la falda de los pistones, ya que el desgaste del pistón y que sumados con desgaste del cilindro constituye la holgura que no debe sobrepasar de acuerdo a lo indicado en el manual del fabricante.

Adicionando a este proceso se deben verificar que los pistones no presenten ralladuras profundas o grietas y especialmente en la zona donde se alojan los segmentos.

En la figura 48 podemos observar y apreciar la medición de la falda del pistón (fig. 48-B), con la ayuda de micrómetro de exteriores (2) ubicando las puntas de sus extremos sobre la falda del pistón (3) obteniendo la lectura indicada en el instrumento de medición, este proceso se realizó para cada uno de los pistones de cada cilindro.

También se procedió con la verificación del estado físico (fig. 48-A) donde nos indica que el pistón del cilindro No-1 se encuentra completamente rayado (gripado) justamente en el sentido transversal al bulón.

Figura 48: Verificación y medición del pistón



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.16 se adjunta los valores tomados durante la medición de la falda de los pistones, determinando en este análisis la reutilización de los pistones de los cilindros No 2, 3 y 4, que no presentan desgates ni daños mayores estando los valores medidos dentro de los límites permisibles de acuerdo a la tabla 3.11 y lo estipulado al manual del fabricante, sustituyendo únicamente el pistón del cilindro No-1.

Tabla 3.16: Diámetro del pistón

Medidas en la falda del piston	Pistón C-1		Pistón C-2		Pistón C-3		Pistón C-4	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
A	114,93	4,5235	114,93	4,5235	114,93	4,5235	114,93	4,5235

Autor: Julio Rubio T.

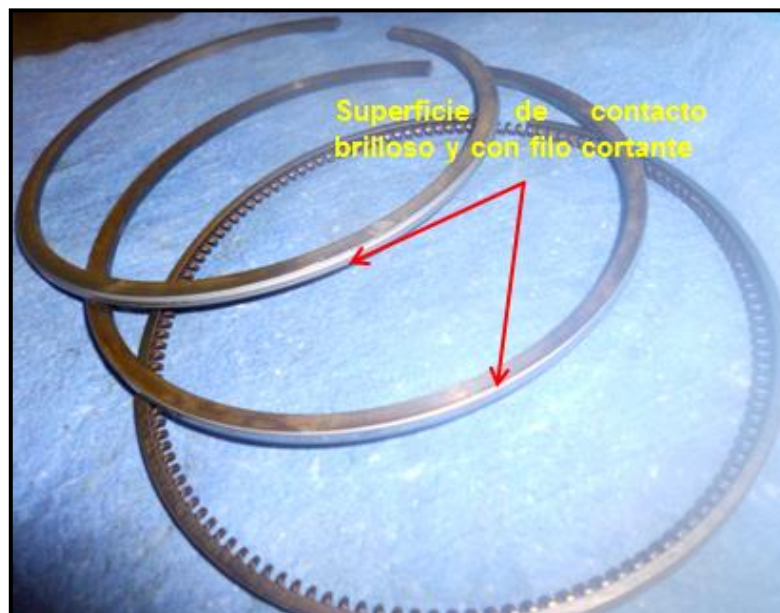
Segmentos (rines)

Los segmentos son unos de los componentes principales de vida útil del motor, y están sometidos a elevadas temperaturas y presión durante los ciclos de funcionamiento del motor, dependientemente del funcionamiento y cargas del motor su desgaste puede ser casi nulo como severo por el deslizamiento con las paredes del cilindro.

Anteriormente habíamos analizados los cilindros y pistones del block del motor donde encontramos que ambos componentes del cilindro No-1 se encuentran rayados y en consecuencia los segmentos (ver figura 49), por efecto del sobrecalentamiento del motor rompiendo de esta forma la película lubricante entre estos componentes lo que produjo dilatación del material.

En este análisis determinamos la sustitución de los segmentos para los 4 pistones de cada cilindro, con la finalidad de mantener hermética la presión de compresión de cada cilindro, y una potencia optima de funcionamiento del motor turbo diésel Isuzu 4HG1.

Figura 49: Verificación de los segmentos-rines



Autor: Julio Rubio T.

Medición y verificación del cigüeñal y cojinetes

El cigüeñal es el eje principal del motor, que durante su funcionamiento está sometida a los esfuerzos generados por la combustión, exponiéndolo a torsión, flexión y cortante, formándose un esfuerzo triaxial que cambian con el tiempo, siendo por fatiga el desgaste más crítico.

En el análisis del eje cigüeñal procederemos a verificar factores importantes como: excentricidad, y mediciones de los apoyos y muñones de bielas, siendo comparados con el manual del fabricante determinando su reconstrucción o sustitución del mismo.

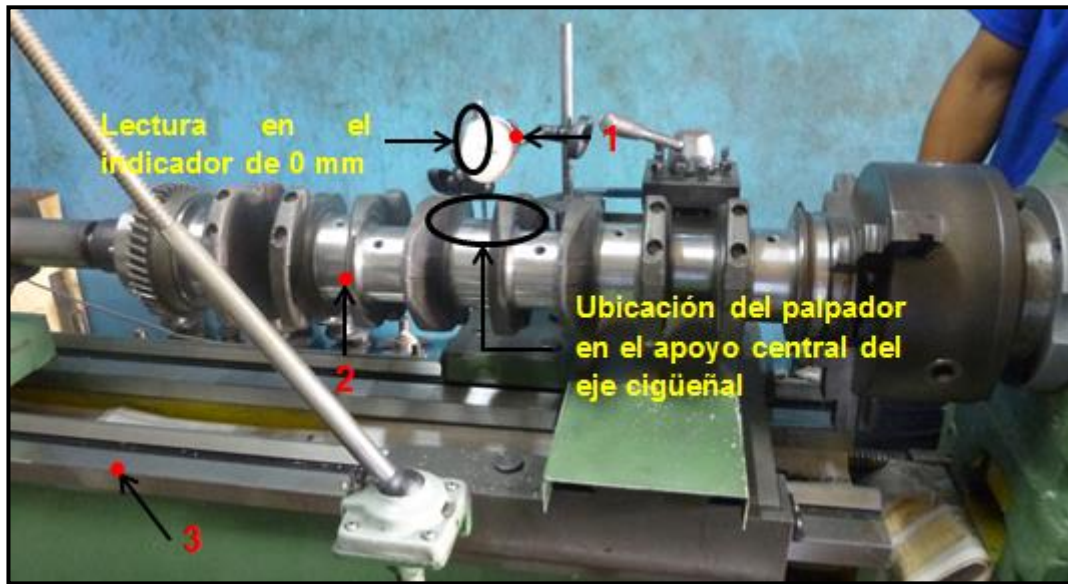
Excentricidad

Consiste en verificar el grado de desviación longitudinal del eje tomando como punto referencia el centro del mismo.

En la figura 50 podemos observar el proceso de medición de desviación del eje cigüeñal (2) montado sobre los extremos de un torno (3) y con la ayuda de un reloj comparador (1), cuyo palpador haciendo contacto en el apoyo central del eje cigüeñal.

Se procede a girar el eje cigüeñal observando el movimiento de la aguja en el indicador tomando su lectura que debe ser comparado con los valores de acuerdo al manual del fabricante.

Figura 50: Verificación de excentricidad del eje cigüeñal



Autor: Julio Rubio T.

En este análisis determinamos que el grado de desviación del eje cigüeñal es cero (0 mm) siendo sus valores permisibles de acuerdo a la tabla 12, lo que nos indica la reutilización del eje cigüeñal.

Medición de los diámetros de los apoyos y muñequillas de biela

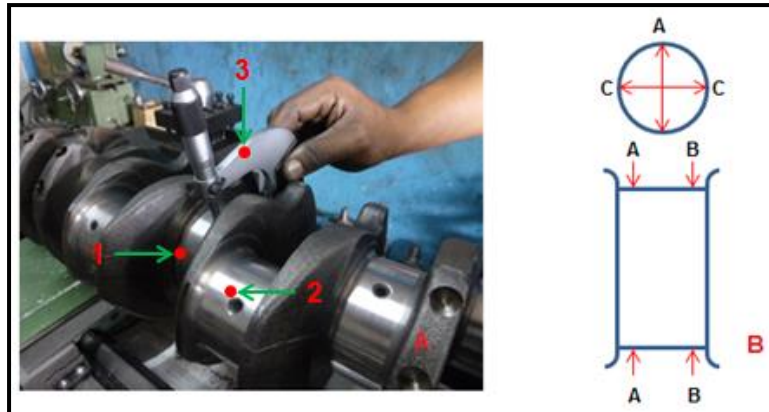
El eje cigüeñal está expuesto al rozamiento entre los apoyos de las bancadas, como también de las muñequillas de bielas y sus cojinetes, ocasionando un desgaste que cuando este es excesivo es necesario sustituir los cojinetes y el rectificado del eje cigüeñal.

En este análisis consiste en verificar los diámetros de cada uno de los apoyos de bancadas (1) y muñequillas de bielas (2) con la ayuda de un micrómetro de exterior (3), tomar la lectura y comparar con el manual de fabricante determinando su proceso de reconstrucción o sustitución del eje cigüeñal.

La figura 51 nos muestra el proceso de medición y verificación de los apoyos de las bancadas y las muñequillas de bielas del eje cigüeñal (ver figura.

51-A), este proceso se lo debe realizar en las distintas posiciones (ver figura. 51-B) para determinar su desgaste.

Figura 51: Verificación y medición de los apoyos de bancadas y muñequillas de biela del eje cigüeñal



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.17 se adjunta los valores medidos con respecto a la medición de los apoyos de bancadas del eje cigüeñal.

Tabla 3.17: Diámetros de los apoyos de bancadas del eje cigüeñal

Bancadas del eje cigüeñal	Posición del micrómetro	Ø Real		Desgaste	
		mm	in	mm	in
Ø Bancada - 1	A	81,64	3,214	0,285	0,0112
	B	81,64	3,214	0,285	0,0112
	C	81,63	3,213	0,295	0,0116
Ø Bancada - 2	A	81,65	3,214	0,275	0,0108
	B	81,65	3,214	0,275	0,0108
	C	81,63	3,213	0,295	0,0116
Ø Bancada - 3	A	81,64	3,214	0,285	0,0112
	B	81,64	3,214	0,285	0,0112
	C	81,62	3,213	0,305	0,0012
Ø Bancada - 4	A	81,64	3,214	0,285	0,0112
	B	81,64	3,214	0,285	0,0112
	C	81,63	3,213	0,295	0,0116
Ø Bancada - 5	A	81,64	3,214	0,285	0,0112
	B	81,64	3,214	0,285	0,0112
	C	81,63	3,213	0,295	0,0116

Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.18 se adjunta los valores medidos con respecto a la medición de las muñequillas de biela del eje cigüeñal.

Tabla 3.18: Diámetros de las muñequillas de biela del eje cigüeñal

Biela del eje cigüeñal	Posición del micrómetro	Ø Real		Desgaste	
		mm	in	mm	in
Ø Biela - 1	A	65,42	2,5755	0,502	0,0197
	B	65,42	2,5755	0,502	0,0197
	C	65,43	2,5759	0,492	0,0197
Ø Biela - 2	A	65,41	2,5752	0,512	0,0201
	B	65,41	2,5752	0,512	0,0201
	C	65,4	2,5748	0,522	0,0205
Ø Biela - 3	A	65,41	2,5752	0,512	0,0201
	B	65,41	2,5752	0,512	0,0201
	C	65,4	2,5748	0,522	0,0205
Ø Biela - 4	A	65,42	2,5755	0,502	0,0197
	B	65,42	2,5755	0,502	0,0197
	C	65,41	2,5752	0,512	0,0201

Autor: Julio Rubio T.

En este análisis se pudo verificar que las superficies de los apoyos de bancadas y muñequillas de bielas del cigüeñal, no presentan desgastes excesivos ni grietas que impliquen algún proceso de rectificado determinando así su reutilización, sin embargo las medidas de ambos diámetros son menores a los valores estándar estipulado en el manual de fabricante indicados en la tabla 12, lo que nos indica que el eje cigüeñal ha sido rectificado siendo este menor a 1 mm en diámetro que es el máximo valor para su sustitución del eje cigüeñal.

En la tabla 3.19 se adjuntan los valores a los que pueden ser rectificadas los diámetros de los apoyos de bancadas y muñequillas de bielas del eje cigüeñal, y el rango donde se encuentran actualmente, si el desgaste o el proceso de rectificado sobrepasa 1 mm en diámetro se recomienda sustituir el eje cigüeñal.

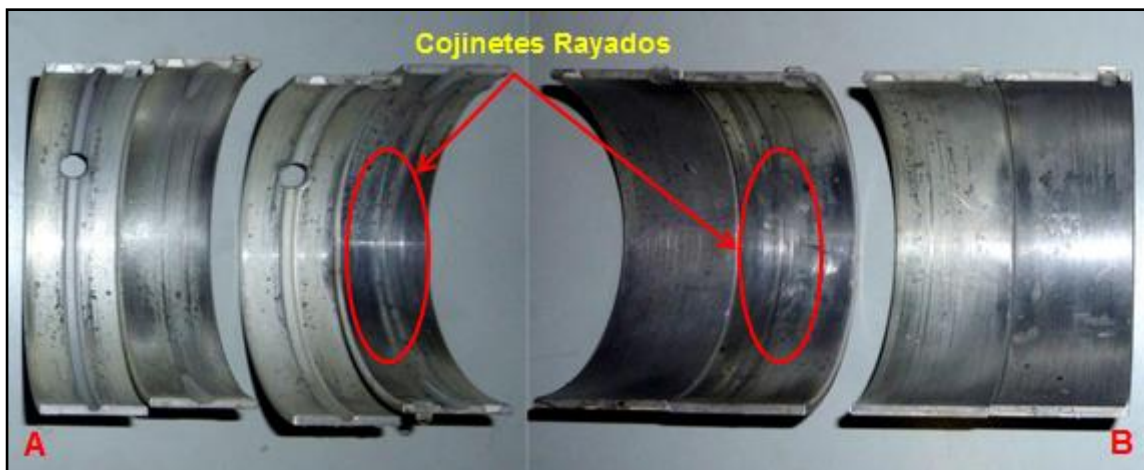
Tabla 3.19: Rango de medición del eje cigüeñal

Submedidas	Ø Apoyo de bancada	Ø Muñequillas de biela	Juego de Montaje	Rango
Standard	81,925	65,922	0,05±0,01	
0,12	81,805	65,802	0,05±0,01	
0,25	81,675	65,672	0,05±0,01	Ø Bancada
0,5	81,425	65,422	0,05±0,01	Ø Biela
0,75	80,675	65,172	0,05±0,01	
1	80,925	64,922	0,05±0,01	

Autor: Julio Rubio T.

Cojinetes de bancadas y bielas

Figura 52: Desgaste de los cojinetes de bancadas y bielas



Autor: Julio Rubio T.

Los cojinetes de los apoyos de bancada y muñequillas de bielas están sometidos a desgaste debido al giro y carga que está expuesto el eje cigüeñal.

En este análisis se procederá a verificar el estado de las superficies de los cojinetes que no exista presencia de grietas, ralladuras o desgaste excesivo que implique la sustitución de los mismos.

La figura 52 nos muestra los cojinetes de bancadas (A) y de bielas (B) en el que se puede observar que ambos componentes presentan ralladuras debido a una inadecuada lubricación.

Determinando en este análisis la sustitución de los cojinetes de bielas y bancadas de acuerdo a la medidas de los diámetros indicados en la tabla anterior.

3.5. PROCESO DE ARMADO Y AJUSTE DEL MOTOR

Una vez culminados el análisis del motor y de cada uno de sus componentes de acuerdo al diagnóstico antes descrito, se procedió con su respectiva reconstrucción del motor y reemplazos de aquellos componentes donde no era posible su reutilización.

Antes de proceder en armar el motor, verificar que cada uno de sus componentes esté libre de cualquier impureza que podrían ocasionar daños prematuros a los componentes internos del motor afectando su funcionamiento.

Ahora procederemos con el ensamblaje de sus componentes con el objetivo de poner en marcha el motor turbo diésel ISUZU 4HG1 y el correcto funcionamiento de cada uno de sus sistemas.

En la tabla 3.20 se adjuntan los torque de aprietes específicos de los pernos de cada componente del motor turbo diésel ISUZU 4HG1.

Tabla 3.20: Torque de ajuste de los pernos de motor

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LOS PERNOS	N-m / Kg.m / Lb-ft								
		1st		2nd		3rd				
COMPONENTES DEL BLOCK	BANCADA	98	10	72	132	13.5	98	30°	60°	
	BASE DEL FILTRO DE ACEITE	39	4	29	60°			30°		
	BIELA	24	2,4	17						
	BOMBA DE ACEITE	11	1,1	8						
	BOMBA DE AGUA	24	2,4	17						
	CARTER	24	2,4	17						
	COLADOR DE ACEITE	110	11	81						
	CORASA TAPA DE DISTRIBUCION	133	14	98						
	ENFRIADOR DE ACEITE	95	9,7	70						
	PIÑÓN DE DISTRIBUCION A	96	9,8	71						
	PIÑÓN DE DISTRIBUCION B	31	3,2	23						
	PIÑÓN DE DISTRIBUCION CENTRAL	78	8	58	90°		120°			
	POLEA DEK CIGÜEÑAL	24	2,4	17						
	TAPA FRONTAL DEL BLOCK	200	20	148						
VOLANTE	48	4,9	35							
COMPONENTES DE LA CULATA	CULATA	90	10	72	147	15	108	30°	60°	
	FLAUTA DE BALACINES	18	1,8	13						
	MULTIPLE DE ADMISION	22	2,2	16						
	MULTIPLE DE ESCAPE	27	2,8	20						
	TAPA DE ARBOL DE LEVAS	13	1,9	12						
	TAPA DE TERMÓSTATO	10	1	7						
	TAPA DE VÁLVULAS	24	2,4	17						
	VENTILADOR DEL RADIADOR	24	2,4	17						

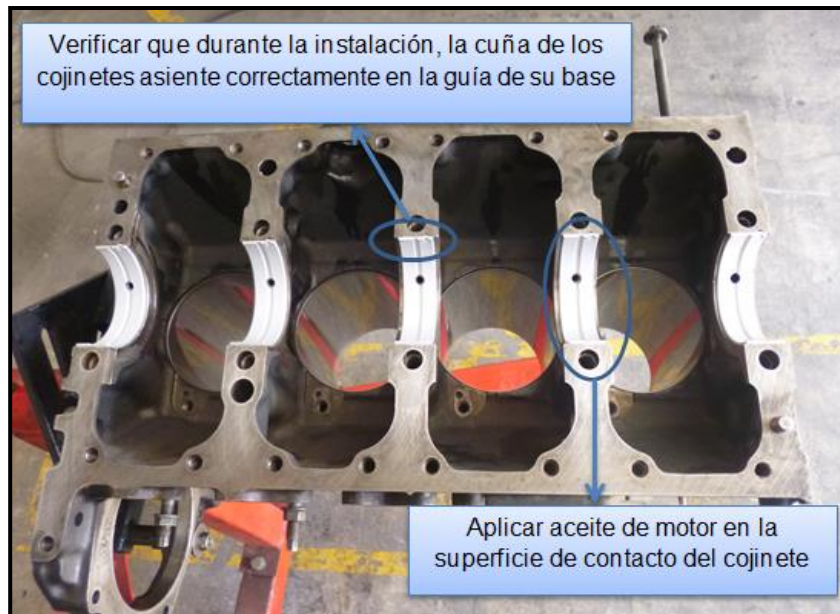
Fuente: Workshop manual. (2005). Isuzu. Engine 4H series.

Montaje del cigüeñal.

La figura 53 nos muestra el reemplazo de los cojines de apoyos de las bancadas del eje cigüeñal, su medida actual es de 0.25 cm, como se analizó anteriormente en la tabla 3.19, donde nos indica que se encuentra dentro de los límites permisible para su correcto funcionamiento.

Debe tener en cuenta que durante la instalación de los cojinetes estos deben fijarse correctamente evitando su movimiento o giro durante el funcionamiento del motor.

Figura 53: Montaje de los cojinetes de bancadas



Autor: Julio Rubio T.

Para el correcto funcionamiento del cigüeñal en el motor se debe proceder con la verificación de la holgura entre los cojinetes y los apoyos de las bancadas del eje cigüeñal.

Este proceso se lo realizo realizando los siguientes pasos

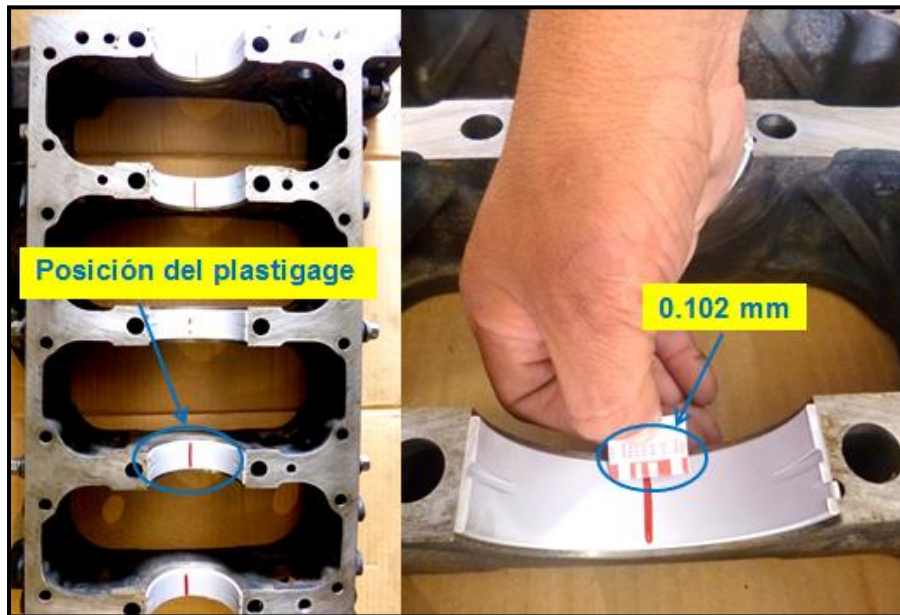
1. Instalar cojinetes correctamente en el block y tapa de bancadas.
2. Montar el cigüeñal en el block, verificar que este esté correctamente asentado en las superficies de los cojinetes.
3. Aplicar plastigage de acuerdo al ancho del cojinete en la apoyo.
4. Montar la tapa de las bancadas, y dar apriete a los pernos de acuerdo al torque especificado en el manual del fabricante (ver tabla 3.20).

Nota: Durante este proceso no girar el cigüeñal y no aplique aceite de motor en el lugar donde está ubicado el plastigage, de esta forma obtendremos la medición correcta.

5. Retire los pernos y la tapa de bancada nuevamente y compruebe su medición.

En la figura 54 nos muestra el espesor del plastigage obtenido en la comprobación de la holgura entre el cojinete y apoyos de bancada del eje cigüeñal.

Figura 54: Comprobación de holgura entre cojinetes y apoyos de bancadas



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.23 se muestran los valores estándar vs los valores obtenidos actualmente donde nos indica que la holgura está dentro parámetros permisible para el funcionamiento del motor.

Tabla 3.21: Holgura de montaje de los apoyos de bancada del cigüeñal

Estándar				Límite		Valor medido	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
0.037	0.0015	0.072	0.0028	0.11	0.43	0.102	0.04

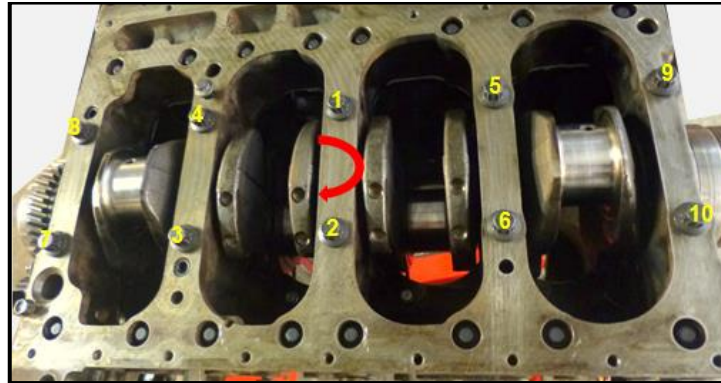
Autor: Julio Rubio T.

Una vez concluido la verificación de la holgura de montaje del eje cigüeñal, se procede finalmente a fijarlo en el block.

Nota: Para este proceso final agregue aceite de motor a los cojines y apoyos de bancadas, con la finalidad de lubricar y compensar los primeros toques de giro para el encendido del motor.

La figura 55 nos muestra el sentido de ajuste de los pernos de la tapa de las bancadas del eje cigüeñal.

Figura 55: Sentido de ajuste de los pernos de bancada



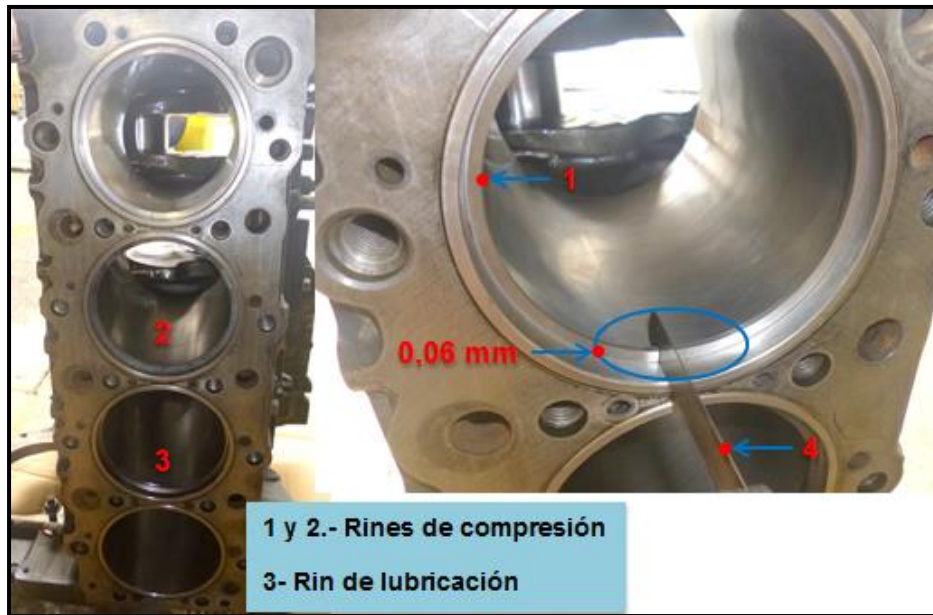
Autor: Julio Rubio T.

Instalación y verificación de los rines y pistones

Antes de proceder con la instalación de los rines, primeramente se deben comprobar su holguras entre puntas, esta holgura debe estar comprendida de acuerdo a las especificaciones del manual del fabricante, como estos elementos están expuestos a elevadas temperaturas el material tiende a dilatarse, para cual debe ser compensada con la holgura existente entre las puntas de los rines, con la finalidad evitar rupturas del mismo y pérdida de potencia durante el funcionamiento del motor.

La figura 56 nos muestra los rines de compresión (1 y 2) y de lubricación (3) introducidos en el interior del cilindro, con la ayuda de calibrador de láminas (4) obtenemos la medida de la holgura entre las puntas de rines.

Figura 56: Comprobación de holgura entre puntas de los rines



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.22 se adjuntan los valores estándar vs los valores obtenidos actualmente donde nos indica que la holgura entre las puntas de los rines están dentro parámetros permisible para el funcionamiento del motor.

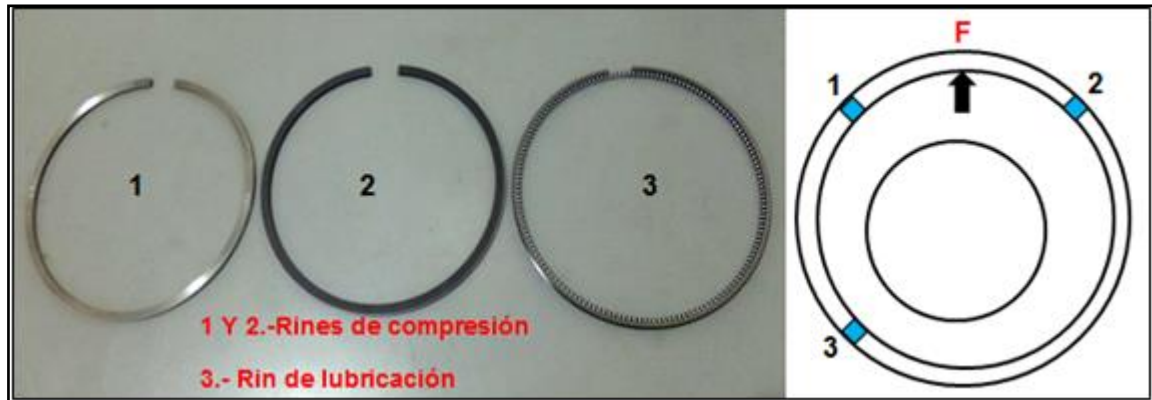
Tabla 3.22: Holgura entre puntas de los rines

Estándar				Límite		Valor medido	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
0.062	0.0024	0.092	0.0036	0.20	0.0079	0.06	0.0023
0.04	0.0015	0.08	0.0031	0.15	0.0059	0.05	0.002
0.02	0.0008	0.06	0.0024				

Autor: Julio Rubio T.

La instalación de los rines debe instalarse como mucho cuidado sobre los pistones, su abertura entre las puntas deben quedar aproximadamente 45° con respecto al eje de la parte frontal (F) del motor tal como lo muestra la figura 57.

Figura 57: Posición de instalación de los rines



La figura 58 nos muestra el reemplazo de los cojines de las bielas, siendo su medida actual de 0.50 cm, como se analizó anteriormente está dentro de los límites permisible para su correcto funcionamiento.

Debe tener en cuenta que durante la instalación de los cojinetes estos deben fijarse correctamente evitando su movimiento o giro durante el funcionamiento del motor.

Figura 58: Montaje de los cojinetes de las muñequillas de biela



Autor: Julio Rubio T.

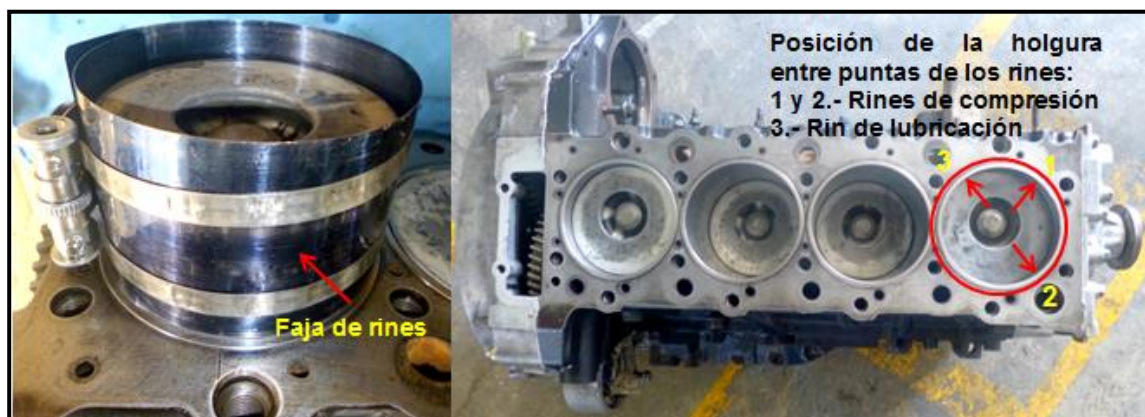
Montaje de los pistones.

La figura 59 nos muestra la instalación de los pistones en su respectivo cilindro, este proceso se lo realizo con la ayuda de una faja de rines, que debe ajustar al diámetro externo del pistón de manera que los rines queden fijado dentro de la ranura, facilitando el montaje de los pistones.

Nota: Aplicar aceite de motor a la superficie de los cilindros, pistones y rines.

Se debe tener en cuenta que durante la instalación de los pistones estos vayan ingresando de forma uniforme y recta que no exista ningún desalineamiento que ocasionaría que los rines se desubiquen de su posición original que podría causar daños en el interior de los cilindros.

Figura 59: Montaje de los pistones



Autor: Julio Rubio T.

Una vez instalados los pistones en sus respectivos cilindros, procedemos a la verificación de la holgura entre los cojinetes y las muñequillas de bielas del eje cigüeñal.

Este proceso se lo realizo realizando los siguientes pasos

1. Instalar cojinetes correctamente en la biela y tapa de biela
2. Aplicar plastigage de acuerdo al ancho del cojinete sobre cada muñequilla de biela.
3. Montar la tapa de cada muñequilla de biela, y dar apriete a los pernos de acuerdo al torque especificado en el manual del fabricante.

Nota: Durante este proceso no girar el cigüeñal y no aplique aceite de motor en el lugar donde está ubicado el plastigage, de esta forma obtendremos la medición correcta.

4. Retire los pernos y la tapa de biela nuevamente y compruebe su holgura.

En la figura 60 se muestra el espesor del plastigage obtenido en la comprobación de la holgura entre el cojinete y apoyos de bancada del eje cigüeñal.

Figura 60: Comprobación de holgura de cojinetes y muñequillas de biela



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.23 se adjunta los valores estándar vs los valores obtenidos actualmente donde nos indica que la holgura entre los cojinetes y las muñequillas de bielas está dentro parámetros permisible para el funcionamiento del motor.

Tabla 3.23: Holgura de cojinetes y muñequillas de biela

Estándar				Límite		Valor medido	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
0.036	0.0014	0.077	0.0030	0.10	0.004	0.102	0.004

Autor: Julio Rubio T.

Una vez concluido la verificación de las holguras entre los cojinetes y las muñequillas de las bielas del eje cigüeñal se procede a instalar las tapas correspondientes a cada biela de acuerdo al torque especificado descrito en la tabla 3.20.

Nota: Para este proceso final agregue aceite de motor a los cojines de las con la finalidad de lubricar y compensar los primeros toques de encendido del motor.

Instalación de la bomba y colador de aceite

La figura 61 nos muestra la instalación de la bomba y colador de aceite, como se puede observar el funcionamiento de este componente es a través de la rueda dentada del eje cigüeñal sin afectar la sincronización de la distribución.

Figura 61: Montaje de la bomba y colador de aceite



Autor: Julio Rubio T.

Durante los primeros toques de arranque de motor giran los piñones succionando el aceite depositado en el cárter por medio del colador y distribuye a todos los puntos donde es necesaria la lubricación.

Revisar la tabla 3.20, para aplicar el torque específico de los pernos de la bomba y colador de aceite.

Sincronización de la distribución del eje cigüeñal.

En la figura 62 nos muestra la sincronización del sistema de distribución, donde las marcas coinciden entre el piñón del eje cigüeñal (A) y el piñón de distribución (B), en esta posición también nos indica que el pistón del cilindro No-1 se encuentra en el PMS.

Revisar la tabla 3.20, para aplicar el torque específico de los pernos de los piñones de distribución A y B respectivamente.

Figura 62: Sincronización de la distribución del motor



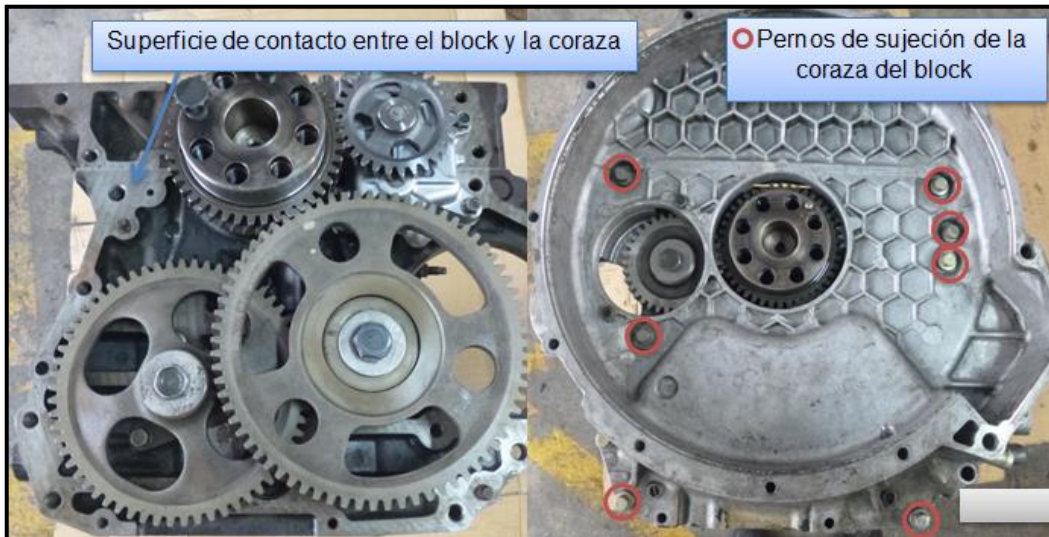
Autor: Julio Rubio T.

Montaje de la coraza posterior del block

En la figura 63 nos muestra el montaje de la coraza posterior del block, este a su vez sirve de tapa para el sistema de distribución del propio motor.

Nota: Aplicar silicón entre la superficie de contacto entre el block y la coraza con la finalidad de que exista un correcto sellado y evitar fuga del lubricante durante el funcionamiento del motor que podría ocasionar daños prematuros de sus componentes internos.

Figura 63: Montaje de la coraza del block



Autor: Julio Rubio T.

Revisar la tabla 3.20, para aplicar el torque específico de los pernos de la coraza del block.

Montaje de la tapa frontal del motor y bomba de agua

La figura 64 nos muestra el montaje de la tapa frontal del motor y de la bomba de agua

Nota: Aplicar silicón entre la superficie de contacto entre el block y la tapa frontal del motor con la finalidad de que exista un correcto sellado y evitar fuga del líquido refrigerante durante el funcionamiento del motor.

Revisar la tabla 3.20, para aplicar el torque específico de los pernos de la tapa frontal del motor y de la bomba de agua.

Figura 64: Montaje de la tapa frontal y bomba de agua del motor



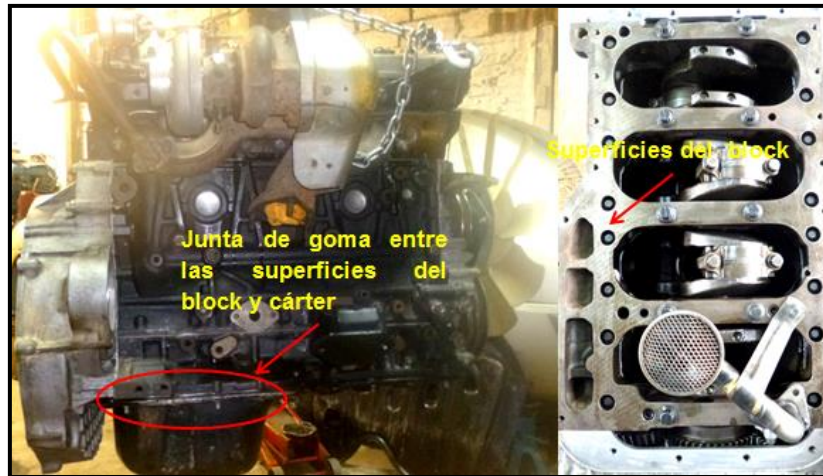
Autor: Julio Rubio T.

Montaje del cárter de aceite del motor

Una vez concluido las instalaciones de la coraza y de las tapas frontales del motor, se procede a montar el cárter de aceite como se muestra en la figura 65.

Nota: No olvidar la interponer la junta entre el cárter y la superficie inferior del block, con la finalidad de conseguir un correcto sellado de estos componentes y evitar fuga de lubricante que podría ocasionar daños prematuros de los componentes internos del motor.

Figura 65: Montaje del cárter



Autor: Julio Rubio T.

Armado de la culata

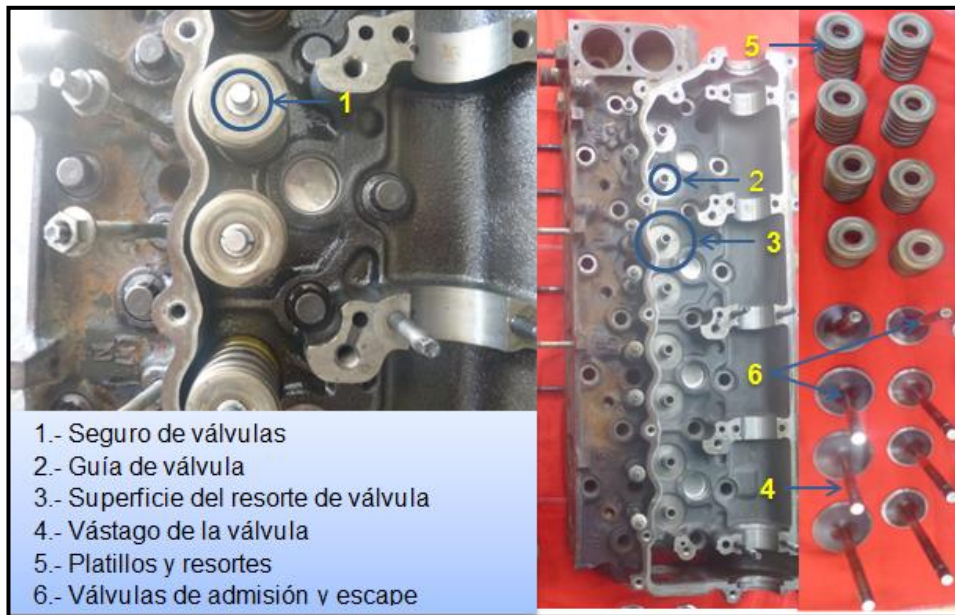
En la figura 66 podemos observar la instalación de las válvulas en las guías de la culata, de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Instalar los nuevos retenes sobre la parte superior de las guías (2) de las válvulas.
2. Aplicar aceite de motor entre la superficie de la guía (2) y el vástago (4) de las válvulas con finalidad que este se deslice y facilite su instalación.
3. Instale las válvulas (6) en su posición respectiva (admisión – escape)
4. Aplicar aceite de motor en la superficie de contacto de los resortes de las válvulas (3).
5. Instale los resortes y los patillos (5) de alojamientos para los seguros de las válvulas.
6. Utilizar un prensa de válvula y comprima los resortes.

Nota: Verificar que el resorte comprima lo suficiente para instalar los seguros de las válvulas en sus respectivos platillos (1).

Con un martillo de fibra, dar golpe suavemente sobre la parte superior de vástago de las válvulas, con la finalidad de comprobar que los seguros estén correctamente instalados.

Figura 66: Armado de la culata



Autor: Julio Rubio T.

Instalación de la junta de culata

Antes de proceder con el montaje de la culata se debe instalar su respectiva junta tal como se muestra en la figura 67.

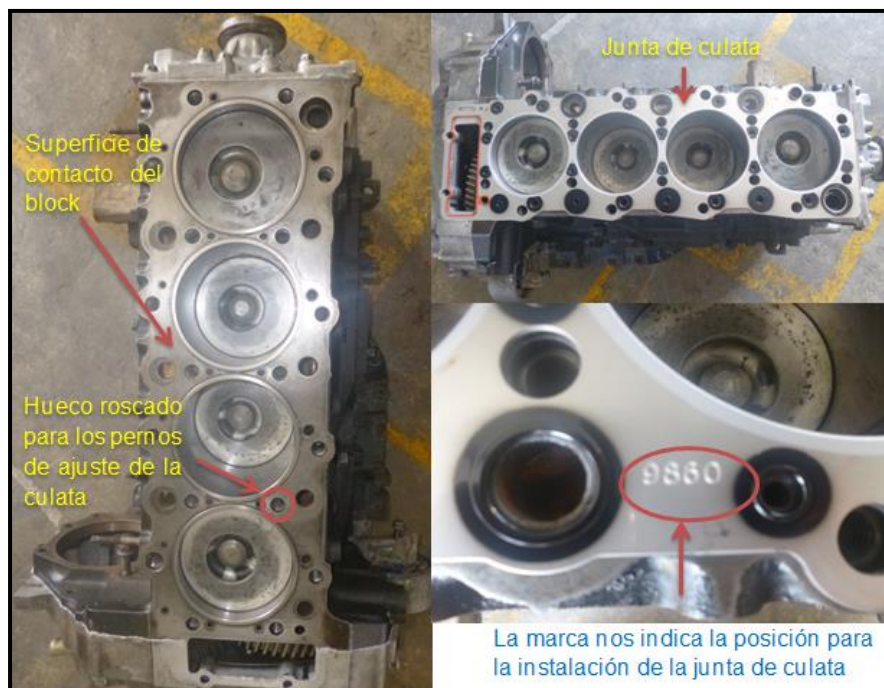
La junta de culata une las superficies entre el block y la culata con el cual debe sellar herméticamente asegurando la estanqueidad de la compresión.

Importante:

1. Verificar que las superficies y los huecos roscados de los pernos estén totalmente libre de impurezas.
2. Instale la junta en la superficie del block.

3. Verifique que la marca que muestra la junta este hacia a la superficie de la culata.
4. No agregue ninguna clase de pegamento (silicón, permatex, grasa o aceite) a la junta, una vez que el motor alcanza su temperatura de trabajo ideal estos pegamentos tienden a diluirse, lo que ocasionaría pérdida de torque de los pernos y pérdidas de estanqueidad de la compresión del motor y de sus elementos.

Figura 67: Montaje de la junta de culata



Autor: Julio Rubio T.

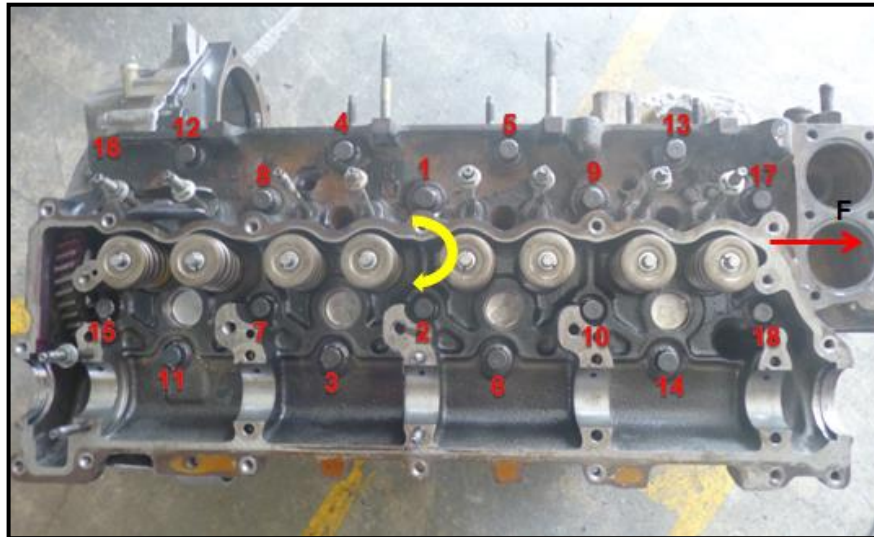
Montaje de la culata

La figura 68 nos muestra el montaje de la culata y el sentido de giro para ajuste de los pernos, aplicando el torque respectivo de acuerdo a las especificaciones del manual del fabricante indicado en la tabla 3.20.

Nota: Antes de dar apriete a los pernos de la culata, verificar que este haya asentado correctamente con la superficie del block.

Aplicar aceite de motor en las rocas de los pernos y en las superficies de contactos de ajuste.

Figura 68: Montaje de la culata y sentido de ajuste de los pernos



Autor: Julio Rubio T.

La figura 69 nos muestra el proceso del ajuste de los pernos de la culata.

Figura 69: Aplicación del torque de ajuste de los pernos de la culata



Autor: Julio Rubio T.

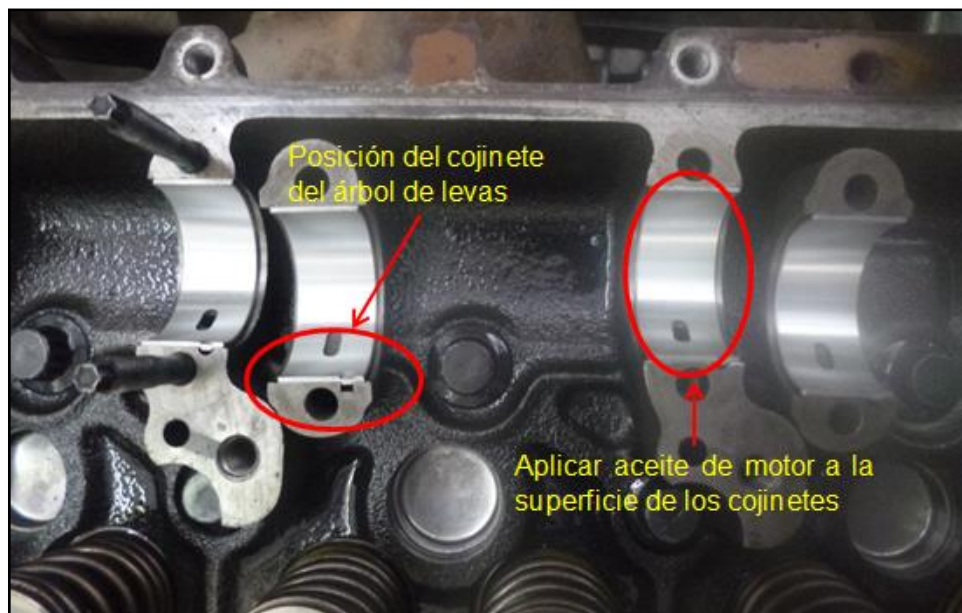
Comprobación de la holgura del árbol de levas

La figura 70 nos muestra el reemplazo de los cojines de apoyos del eje árbol de levas, su medida actual es de estándar (39.95 mm), como se analizó

anteriormente está dentro de los límites permisibles para su correcto funcionamiento.

Debe tener en cuenta que durante la instalación de los cojinetes estos deben fijarse correctamente evitando su movimiento o giro durante el funcionamiento del motor.

Figura 70: Montaje de los cojinetes del árbol de levas



Autor: Julio Rubio T.

Para el correcto funcionamiento del árbol de levas en el motor se debe proceder con la verificación de la holgura entre los cojinetes y los apoyos del eje del árbol de levas.

Este proceso se lo realizó realizando los siguientes pasos

1. Instalar los cojinetes correctamente en el alojamiento de la culata y tapa de los apoyos del árbol de levas.
2. Montar el árbol de levas, verificar que este esté correctamente asentado en las superficies de sus cojinetes.

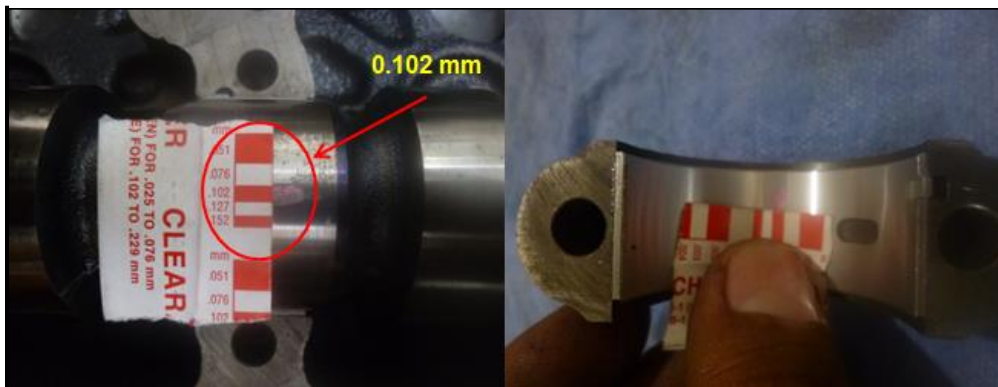
3. Aplicar plastigage de acuerdo al ancho del cojinete en la apoyo.
4. Montar la tapa de los apoyos, y dar apriete a los pernos de acuerdo al torque especificado en el manual del fabricante.

Nota: Durante este proceso no gire el árbol de levas y no aplique aceite de motor en el lugar donde está ubicado el plastigage, de esta forma obtendremos la medición correcta.

5. Retire los pernos y la tapa de los apoyos del árbol de levas nuevamente y compruebe su medición.

En la figura 71 nos muestra el espesor del plastigage obtenido en la comprobación de la holgura entre el cojinete y apoyos del eje del árbol de levas.

Figura 71: Comprobación de holgura de cojinetes y árbol de levas



Autor: Julio Rubio T.

En la tabla 3.24 se muestran los valores estándar vs los valores obtenidos actualmente donde nos indica que la holgura entre los cojinetes y apoyos del árbol de levas están dentro parámetros permisible para el funcionamiento del motor.

Tabla 3.24: Holgura entre cojinetes y árbol de levas

Estándar				Límite		Valor medido	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
0.025	0.00098	0.087	0.00343	0.15	0.0059	0.102	0.0040

Autor: Julio Rubio T.

Sincronización del árbol de levas

Una vez concluido la verificación de la holgura de los apoyos y cojinetes, se procede montar y sincronizar el árbol de levas.

Nota: Agregue aceite de motor a los cojines y apoyos del árbol de levas, con la finalidad de lubricar y compensar los primeros toques de encendido del motor.

Para este proceso se deben seguir los siguientes pasos:

1. Gire el cigüeñal en sentido de funcionamiento del motor, hasta que coincida las marca de la polea y nos indique 0° y que nos representa que el pistón del cilindro No-1 está en el PMS.
2. Al mismo tiempo deben coincidir las marcas de los piñones del eje cigüeñal en el sistema de distribución del motor.
3. Instale el árbol de levas, verifique la marca del piñón del árbol de levas coincida con la superficie superior de la culata.
4. Instale las tapas de los cojines y la flauta de balancín sobre el árbol de levas
- 5.- Ajuste los pernos y tuercas de acuerdo al torque especificado en el manual del fabricante indicado en la tabla 3.22.

Calibración de las válvulas

La calibración de las válvulas es un factor muy importante en todos los motores de combustión interna, y que su valor varía dependiendo del fabricante del motor.

Esta holgura existente entre el parte superior del vástago de las válvulas y los balancines, consiste en los siguientes factores:

1. Para compensar la dilatación de los materiales que tienen a incrementar su longitud cuando el motor alcanza su temperatura ideal de funcionamiento.
2. Compensar los desgastes que se generan en los mecanismos durante el funcionamiento del motor

Entonces calibrar válvulas de un motor significa, corregir los ajustes que se dejan el desgaste de los mecanismos de las válvulas.

La calibración de las válvulas, es un proceso que debe realizarse de acuerdo al orden de encendido del motor, que en este caso es 1-3-4-2

1. Aflojar la tuerca del esparrago que está en contacto con la superficie de la válvula.
2. Introducir la lámina respectiva de calibración entre la válvula y el balancín.

Nota: tenga presente que la lámina debe ingresar suavemente, no ejercer presión sobre ella

3. Ajuste el tornillo regulador.
4. Ajuste la tuerca de seguridad

La tabla 3.25 nos indica el espesor de las láminas para la calibración de las válvulas.

Tabla 3.25: Calibración de válvulas

Válvulas	mm	in
Admisión	0.4	0.016
Escape	0.4	0.016

Autor: Julio Rubio T.

Instalación de la tapa de válvulas

Una culminado el proceso de calibración de válvulas se procede a instalar la tapa válvulas como se muestra en la figura.

Revisar la tabla 3.20, para aplicar el torque específico de los pernos de la tapa de válvulas.

Montaje del turbo – múltiple de escape y múltiple de admisión.

Durante la instalación del múltiple de admisión y escape, verifique que no exista material extraño en sus ductos que podrían causar daños prematuros a los componentes internos del motor.

3.6. ANÁLISIS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

3.6.1. Diagnóstico, verificación y comprobación de la bomba de inyección

En la siguiente figura 72 se muestra el desarmado de la bomba de inyección Bosch Zexel, la cual procedió a realizar una limpieza y la verificación de cada uno de sus componentes.

Figura 72: Despiece de la bomba de inyección



Autor: Julio Rubio T.

3.6.2. Calibración y ajuste de la bomba de inyección

Figura 73: Comprobación de la bomba de inyección



Autor: Julio Rubio T.

La calibración y ajuste de la bomba de inyección se la realizo en un banco de pruebas y diagnósticos especializados, como se muestra en la figura 73. Dándonos como resultados una bomba en correcto funcionamiento, para que el motor pueda trabajar en buenas condiciones.

3.6.3. Inyectores

Se puede observar en la figura 74, la comprobación de funcionamiento del inyector antes de proceder con sus respectivos ajustes y calibraciones.

Figura 74: Verificación de atomización del inyector



Autor: Julio Rubio T.

Durante este proceso podemos apreciar la forma del chorro del combustible del inyector siendo este de forma líquida es decir no existe una pulverización correcta, y presión que no es la ideal (Ver figura 75) lo que nos conlleva a proceder con sus respectivos ajustes y calibraciones

Figura 75: Medición de la presión del inyector



Autor: Julio Rubio T.

3.6.4. Diagnóstico, verificación y comprobación del inyector

Figura 76: Calibración del inyector

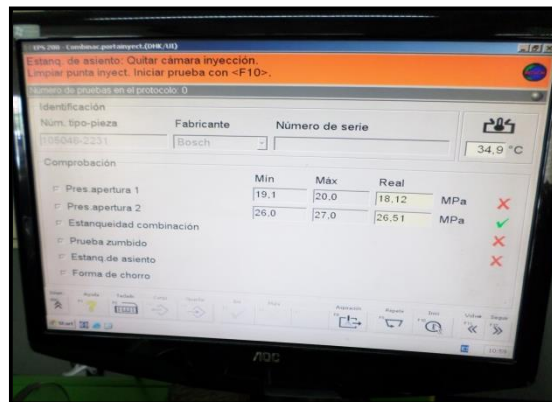


Autor: Julio Rubio T.

En la figura 76 nos muestra la pantalla del banco de comprobación de los inyectores, donde se procedió a realizar las respectivas calibraciones y ajuste de los 4 inyectores del motor diésel.

3.6.5. Calibración y ajuste del inyector

Figura 77: Calibración de presión de los inyectores



Autor: Julio Rubio T.

La figura 77 nos muestra la pantalla de los resultados obtenidos durante la calibración de los 4 inyectores siendo estos valores muy cercanos a los que nos da el manual del fabricante.

3.6.6. Verificación y prueba de funcionamiento del inyector

Figura 78: Inyector Calibrado



Autor: Julio Rubio T.

La figura 78 nos muestra la forma del chorro de combustible, siendo esta la pulverización adecuada para el buen funcionamiento del motor

3.7. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La función principal del sistema eléctrico de un motor diesel es arrancar el motor. La función secundaria es suministrar energía eléctrica a las luces del tablero de control, medidores y componentes eléctricos auxiliares.

Los componentes del sistema eléctrico incluyen la batería, el alternador, el motor de arranque.

La batería almacena energía y proporciona la potencia necesaria para que el motor de arranque de los primeros giros al motor. A medida que se agota la energía eléctrica de la batería, ésta debe recargarse.

El alternador genera energía eléctrica durante la operación del motor para recargar la batería.

También funciona como fuente de energía eléctrica para luces, medidores y componentes eléctricos. El alternador es impulsado por medio del giro del eje cigüeñal a través de poleas y una banda dentada.

Dentro del alternador hay un regulador de voltaje que limita la salida de voltaje a la batería y evita la sobrecarga.

Los motores diésel requieren suficiente velocidad de giro de arranque para desarrollar la presión de compresión alta requerida para encender el combustible

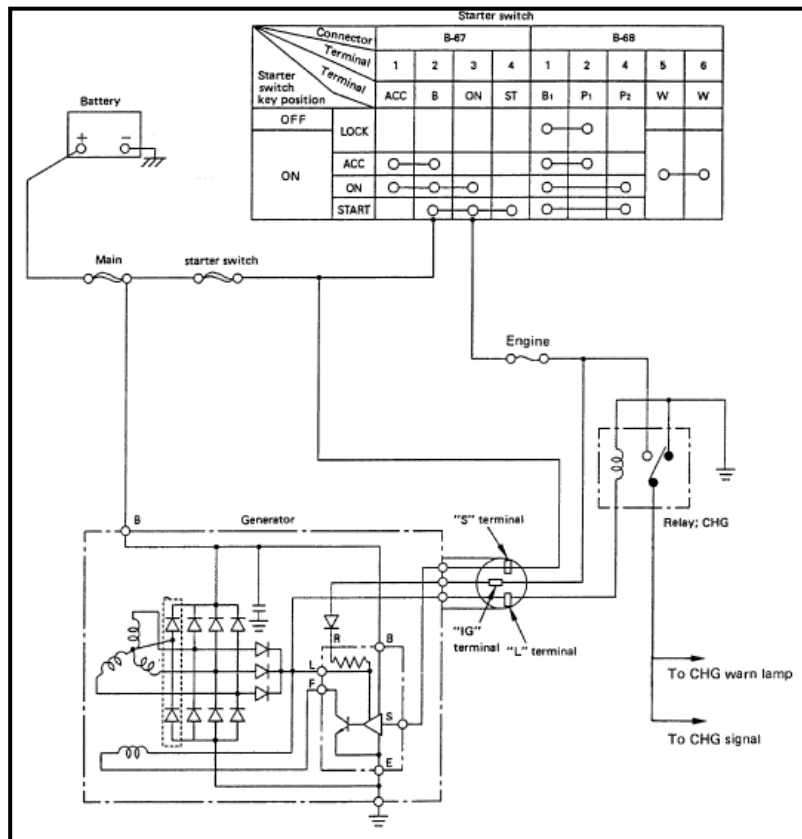
3.7.1. Análisis del sistema de carga

En este proyecto la carga solo está determinada por el motor de arranque, y las luces indicadoras del tablero las cuales tienen un consumo depreciable, el

mayor consumidor es el motor de arranque el cual logra consumir 63A aproximadamente, es por ello que la batería debe de estar en buenas condiciones para suministrar esta cantidad de amperaje sin que se dañe la misma.

3.7.2. Diagrama del circuito del sistema de carga

Figura 79: Diagrama del sistema de recarga del motor



Fuente: Workshop Manual N-Series

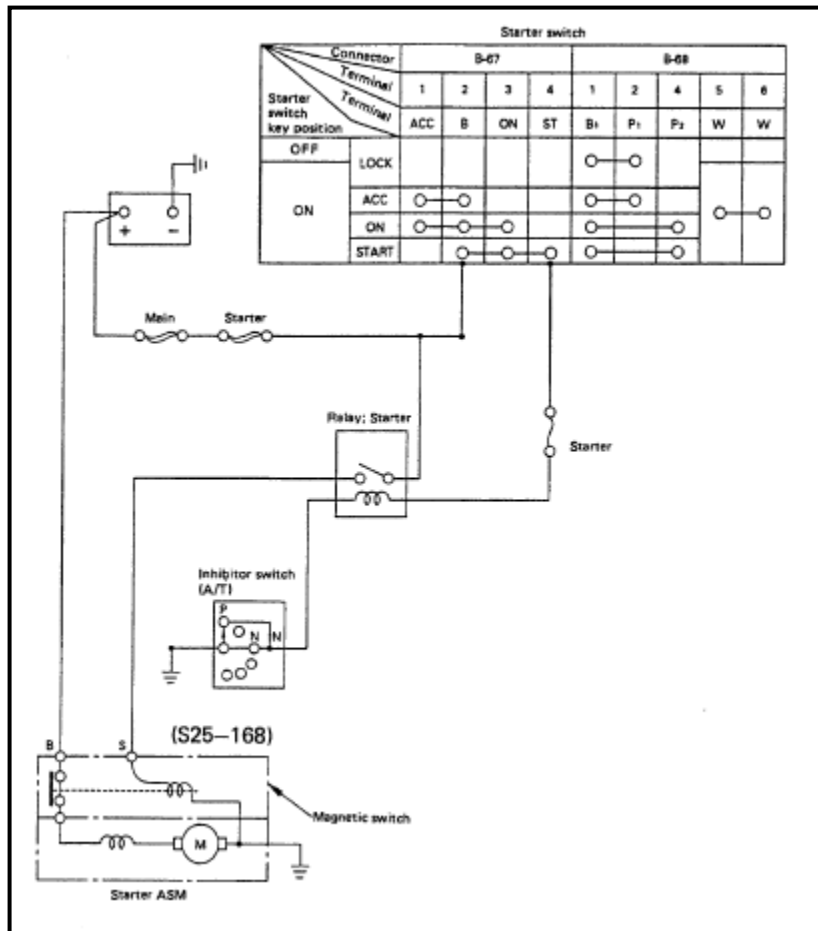
3.7.3. Análisis del sistema de arranque

El arranque de los motores Diésel se produce por la autoinflamación del combustible inyectado como un aerosol en el cilindro cuando el pistón se acerca al punto muerto superior.

Para garantizar esta autoinflamación el aire en el interior del cilindro al momento de la inyección debe estar lo suficientemente caliente para evaporar el combustible e incendiarlo.

3.7.4. Diagrama del circuito del sistema de arranque

Figura 80: Diagrama del sistema de arranque



Fuente: Workshop Manual N-Series

CAPITULO IV

Diseño y construcción de la estructura del banco de pruebas

4.1 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL BANCO DE SOPORTE.

El análisis de la estructura que forma un banco de soporte para el motor diésel Isuzu 4HG1, está dividido en dos partes, la primera de ellas incluye el modelado de la geometría en forma tridimensional mediante software de tipo CAD (Computer Aided Design); la segunda parte implica el uso de software tipo CAE (Computer Aided Engineering) para la simulación de las cargas aplicadas al sistema.

4.1.1 Requerimientos del diseño

La finalidad de este diseño es formar una estructura que sirva como soporte de montaje para un motor diésel, este tipo de motores se caracterizan por presentar mayores niveles de vibración frente a motores de gasolina, el cual es un parámetro que se debe considerar durante la etapa de análisis de cargas.

El motor de pruebas seleccionado (Isuzu 4HG1), es un motor de inyección directa diésel de cuatro cilindros que desplaza 4570 cm³ y produce una potencia de 85 kW @ 3200 rpm; como dato adicional se tiene que el peso de este motor es de aproximadamente 350 kg, siendo esta la mayor carga que soportará el banco durante su vida útil.

Además de las capacidades de carga, también se considerará un nivel de ergonomía adecuado para que las personas que se involucren en estudios

posteriores para este motor, puedan tomar lecturas de indicadores, estratégicamente posicionados.

4.1.2 Dimensionamiento del banco de soporte.

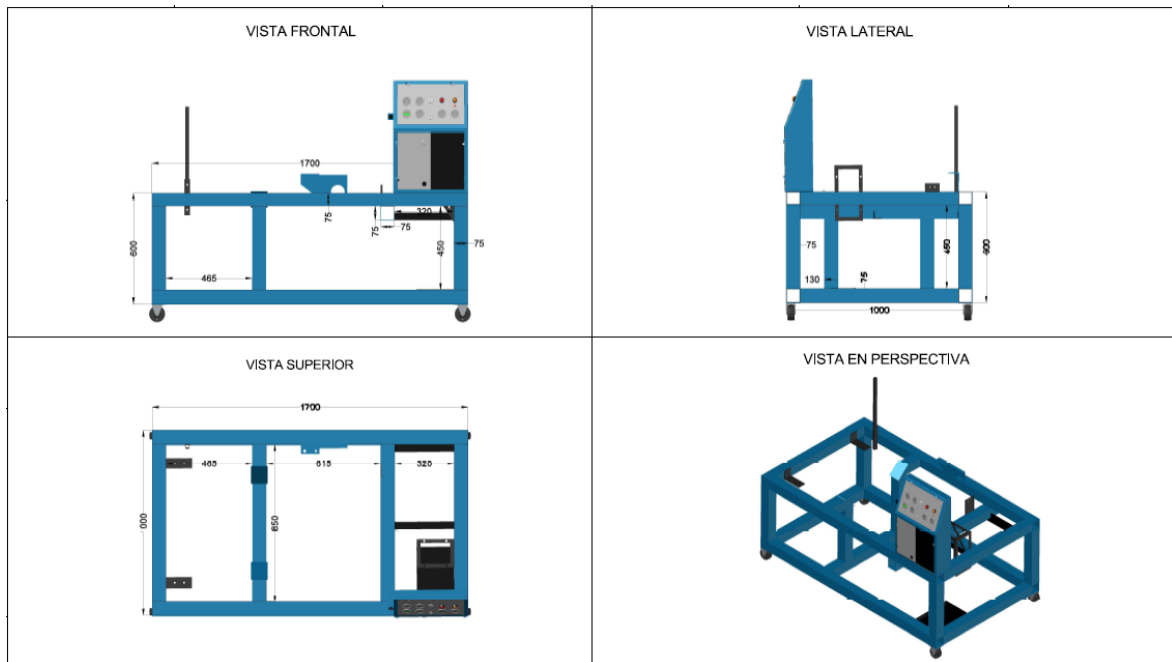
La estructura del banco, está formada por una jaula rectangular que en el interior de la parte delantera integra refuerzos formando una U, sitio en el cual se ubican las bases del motor, la separación de las bases con respecto al frente, permiten ubicar al motor en sentido longitudinal y deja el espacio suficiente para montar el radiador que evite el sobrecalentamiento del motor cuando esté operando.

En cuantos al dimensionamiento de la estructuras, las cotas que limitan al modelo corresponden a las siguientes:

- Largo: 1.70 [m].
- Ancho: 1.00 [m].
- Alto: 0.60 [m]
- Alto con apoyo para indicadores: 1.26 [m]

Las dimensiones mostradas no incluyen el alto que añaden las ruedas de apoyo, esto incrementaría la altura final en 10 – 12 [cm]. Para visualizar el modelo y su diseño final se ha utilizado el software de diseño mecánico Solidworks Premium 2015, en la figura 81 se muestra el modelo junto a las cotas principales del mismo.

Figura 81: Dimensiones principales del banco de soporte



Elaborado por: Julio Rubio T.

4.1.3 Selección de perfiles y propiedades de material.

El material seleccionado para la fabricación del banco de soporte es el acero de tipo estructural (ASTM – A36), este material presenta buena resistencia para este tipo de estructuras, además es de fácil adquisición, bajo costo y simplicidad para cortar y soldar.

En el mercado local se encuentra una gran variedad de ángulos, perfiles, vigas y tubos en diferentes, medidas, configuraciones y espesores; sin embargo se ha optado por el uso de tubos cuadrados de 75 mm con paredes de 3 mm, debido a la facilidad de montaje, reduciendo la cantidad de cortes ya que las uniones son muy simplificadas, con lo cual facilita incluso el mantenimiento de la estructura.

La única desventaja que se encuentra para este tipo de material es la corrosión del mismo siempre y cuando no se tomen las precauciones del caso,

para ello es importante aplicar recubrimientos de pintura que permitan su protección del medio.

Dentro de las principales propiedades mecánicas que presenta el acero ASTM A-36 tenemos las siguientes:

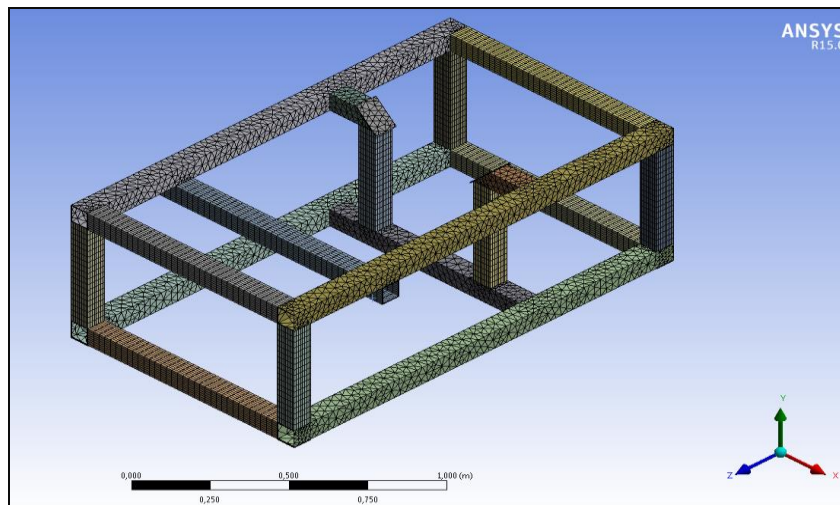
- Densidad: 7850 kg/m³.
- Esfuerzo de fluencia: 250 MPa.
- Esfuerzo último: 460 MPa.
- Coeficiente de Poisson: 0.26
- Módulo de Young: $2 * 10^5$ MPa

4.1.4 Análisis estático del sistema.

Para elaborar el análisis estático del modelo del banco de soporte, se ha empleado el uso del módulo “Statical Structural” del software de análisis por elementos finitos Ansys. En esta simulación se vincula el modelo realizado en Solidworks como la geometría de análisis, en donde se deben definir los siguientes factores para la interpretación de los resultados:

- **Selección del material:** El tipo de material ya fue definido en la sección anterior, corresponde al acero de tipo estructural ASTM A-36, las propiedades de este material ya se encuentran incluidas en la biblioteca de materiales que incorpora Ansys.
- **Mallado:** La malla del modelo está definida por pequeños elementos tetraédricos ubicados en los elementos longitudinales y hexaédricos en los elementos transversales y verticales. La malla elaborada es una malla semi-estructurada de calidad media, formada por un total de 26754 elementos y 98248 nodos (Ver figura 82.).

Figura 82: Mallado del modelo en Ansys

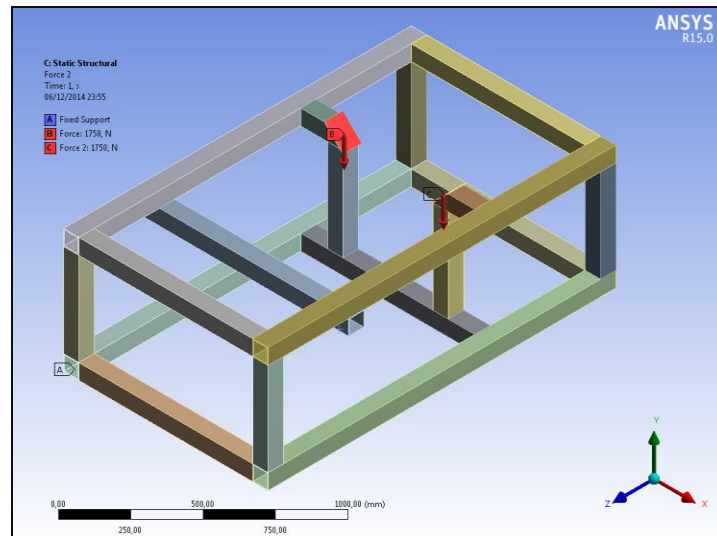


Elaborado por: Julio Rubio T.

- **Condiciones de frontera y cargas:** El banco de soporte cuenta con cuatro (04) apoyos de ruedas en cada una de sus esquinas, estos puntos de apoyo; para la simplificación del problema, estos puntos han sido considerados como extremos fijados, es decir que no presentan desplazamientos ni velocidades en dicha región.

La máxima carga considerada en el análisis, es el peso del motor apoyado en los dos soportes bases en el frente del banco, la carga considerada es de 3500 [N], un valor un poco mayor pero casi equivalente a los 350 [kg] de peso, esta carga ha sido dividida y aplicada en partes iguales para cada una de las bases (Ver figura 83).

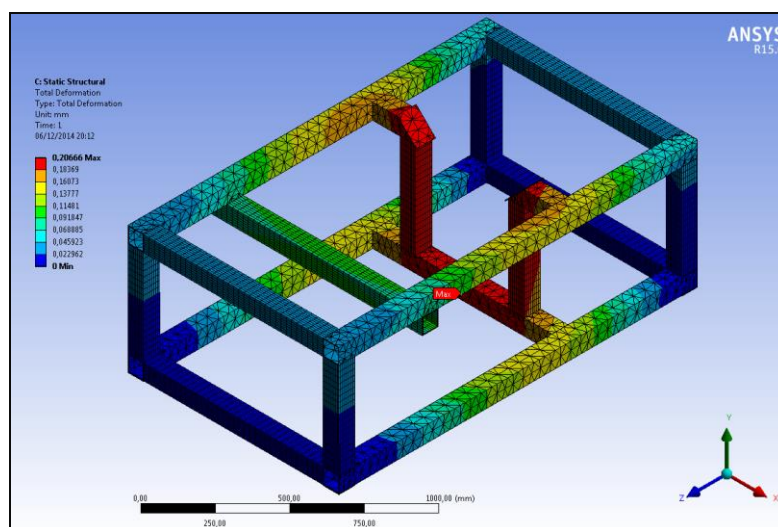
Figura 83: Aplicación de cargas estáticas y restricciones del modelo



Elaborado por: Julio Rubio T.

Luego de haber establecido los parámetros del análisis se analizan los resultados obtenidos, el primer resultado en analizarse corresponde a la deformación de la estructura con la carga aplicada, en la **Figura 84** se observa que el máximo desplazamiento se encuentra en la parte baja de los soportes del motor, esta deformación alcanza un valor máximo de 0.2 mm, lo cual es considerado un valor lo suficientemente conservador como para decidir que la estructura mantiene una buena resistencia a la flexión.

Figura 84: Deformación producida por cargas estáticas

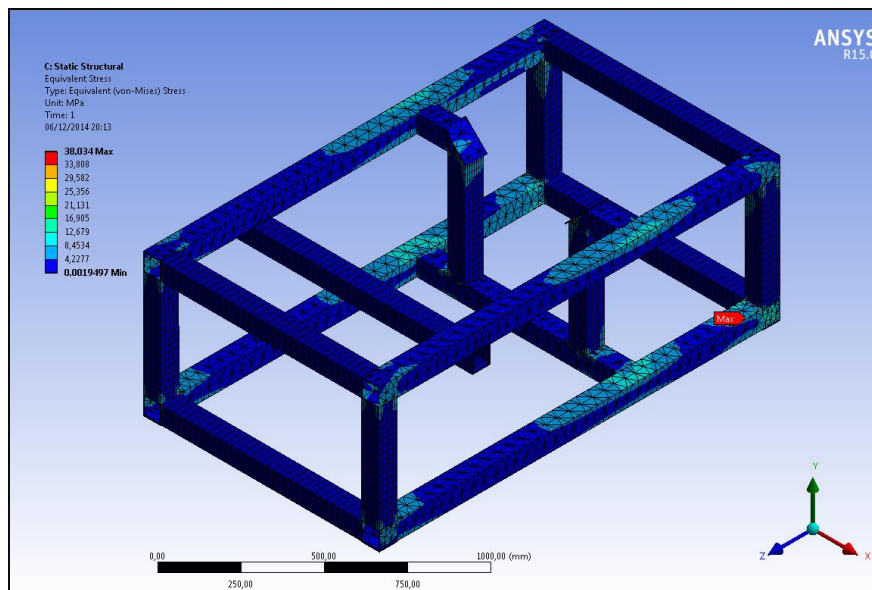


Elaborado por: Julio Rubio T.

El segundo resultado analizado es el análisis de esfuerzos, este tipo de análisis es más crítico que el de deformación ya que si los esfuerzos obtenidos superan los valores del esfuerzo de fluencia o límite elástico del acero, la estructura pierde su capacidad de recuperar su forma original y la deformación será permanente; y si los esfuerzos alcanzan el esfuerzo último pueden ocurrir fallas de pandeo o ruptura del material en zonas críticas.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la simulación el máximo esfuerzo de la estructura se ubica en las zonas de las uniones de elementos, este esfuerzo alcanza un máximo de 38 MPa (Ver Figura 85), lo cual está por debajo del límite elástico y la estructura es lo suficientemente rígida para soportar el peso del motor Isuzu 4HG1.

Figura 85: Esfuerzos producidos por cargas estáticas



Elaborado por: Julio Rubio T.

Estos dos análisis pueden ser suficientes para el diseño del banco, pero además siempre es adecuado determinar el valor del factor de seguridad implícito en la estructura diseñada. El factor de seguridad siempre debe ser mayor a 1 y debe ser comparado al menos con el esfuerzo de fluencia, la relación entre el mínimo factor de seguridad y el esfuerzo de fluencia viene dado por:

$$F.S. = \sigma_{\text{Fluencia}} / \sigma_{\text{máximo}}$$

$$F.S. = 250 \text{ MPa} / 38 \text{ MPa}$$

$$F.S. = 6.6$$

Este es un factor de seguridad un poco elevado, pero es necesario que se analice la condición en carga dinámica para tener una mejor evaluación de la estructura.

4.1.5 Análisis dinámico del sistema.

El movimiento producido por la vibración en el sistema genera cargas de tipo dinámicas en toda la estructura, para determinar un valor exacto de las cargas debidas a la vibración o las frecuencias naturales en las que se mueve el cuerpo, es preciso contar con equipos especiales o desarrollar complejas ecuaciones y asunciones.

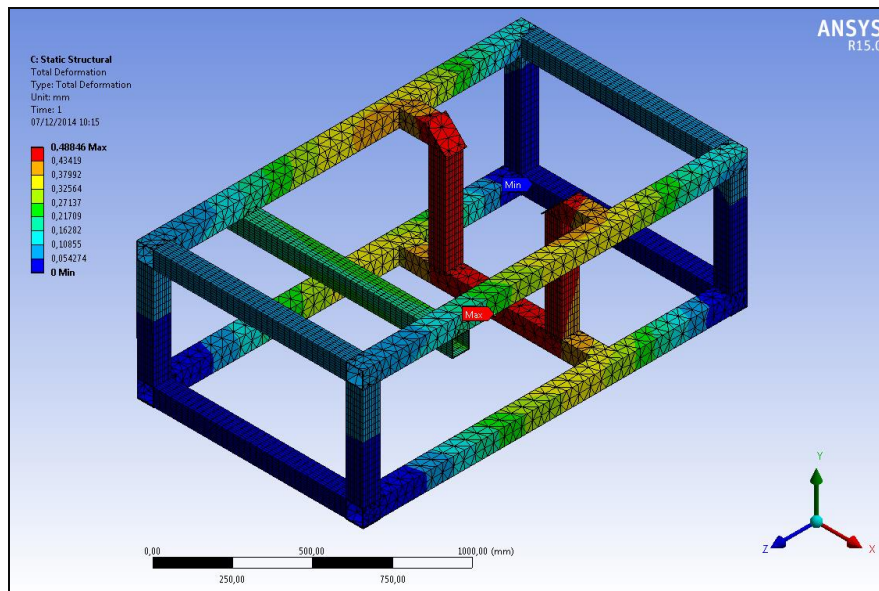
No es posible evitar que el sistema vibre, pero si es posible reducir el nivel de vibración entre el motor y la estructura, esto es logrado con la aplicación de material disipador (caucho), el cual absorbe gran parte de las oscilaciones propias del motor y evita que la estructura presente fallas debido principalmente a la fatiga del material.

Un método simplificado para el análisis de la carga dinámica es realizar un análisis de tipo estático con una carga superior a la que se utiliza en este análisis, un valor lo suficientemente conservador para la carga dinámica es de 2.5 veces la carga estática, esto asumiendo que los niveles de vibración son moderados y existe la presencia de material disipador en las bases del motor. En el desarrollo del análisis dinámico se han mantenido la misma geometría y las condiciones de

frontera presentadas en el análisis estático, variando únicamente la carga aplicada, la cual alcanza un valor de 8750 [N].

La aplicación de estas nuevas cargas mantiene la forma en la que se deforma la estructura, pero lógicamente la magnitud de estas deformaciones también se ve incrementada, alcanzando una máxima deformación de 0.49 mm en la parte baja de la zona de las bases del motor, tal como se muestra en la figura 86.

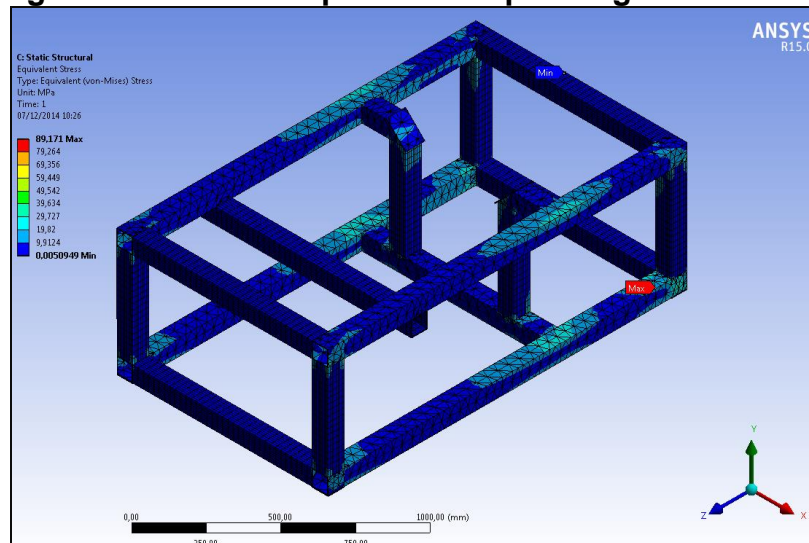
Figura 86: Deformación producida por cargas dinámicas



Elaborado por: Julio Rubio T.

De igual forma que en el análisis estático se han verificado los esfuerzos a los que se encuentra sometida la estructura, manteniendo la mayor concentración de esfuerzos en las uniones entre elementos, el máximo esfuerzo en la estructura alcanza un valor de 89.2 MPa (Ver **Figura 87**), valor que se encuentra por debajo del esfuerzo de fluencia del acero A-36.

Figura 87: Esfuerzos producidos por cargas dinámicas



Elaborado por: Julio Rubio T.

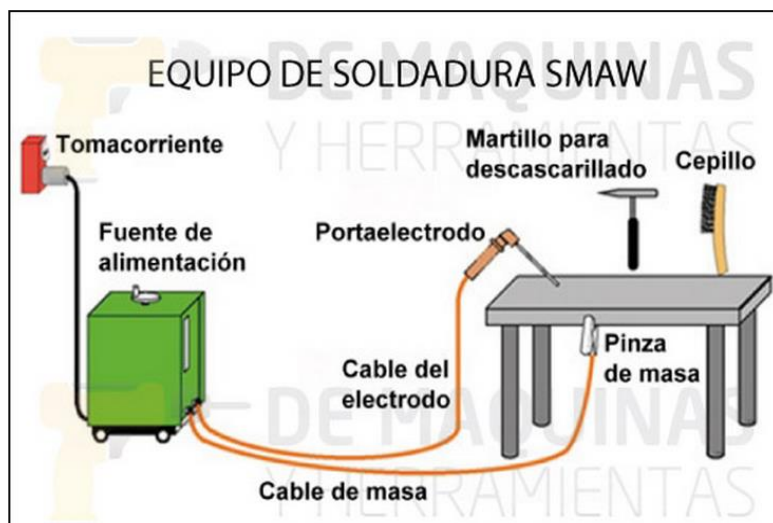
El mínimo factor de seguridad calculado para el análisis dinámico alcanza un valor de 2.8, lo cual indica que la estructura aún es capaz de soportar cargas mayores a las que se han aplicado y no presentar deformaciones permanentes en el material.

4.1.6 Selección del método de soldadura.

Una de las principales ventajas que presenta el uso del acero A-36 en estructuras metálicas, es la compatibilidad con la mayoría de procesos de soldadura conocidos.

El método de uso más común para la construcción de estructuras de tipo artesanal es la soldadura por arco o SMAW (Shielded Metal Arc Welding), este método es el adecuado para la construcción del banco ya que es un método sencillo, eficaz, de bajo coste y el soldador no requiere de mucha preparación como la que se requeriría mediante el uso de métodos de soldadura con equipos más sofisticados; en la Figura 88 podemos ver el equipo de soldadura que se utiliza generalmente con la soldadura por arco.

Figura 88 Equipo utilizado en soldadura SMAW



Fuente: www.demaquinasyherramientas.com

4.1.7 Selección del electrodo.

El electrodo es la varilla encargada de producir el flujo eléctrico entre las piezas a soldar y el material de aporte contenido en el núcleo del mismo, para hacer una adecuada selección del tipo de electrodo, se siguen las normas establecidas por la AWS⁶ (American Welding Society), las cuales indican que para piezas de acero A-36 con espesores menores a 6 [mm], que vayan a ser soldadas mediante el método SMAW existen dos especificaciones de electrodos aplicables. La especificación A5.1 contiene los electrodos de las series E60XX y E70XX; mientras que la especificación A5.5^c contiene los electrodos de la serie E70XX-X.

Como se puede ver cada especificación del electrodo está denotada por una letra al inicio y 4 dígitos posteriores, la nomenclatura que se le da a los electrodos depende específicamente del tipo de electrodo, las cargas máximas que soporta y las posiciones en las que se puede soldar, así por ejemplo un electrodo E6011 indica lo siguiente:

⁶ Código de soldadura estructural – Acero Tabla 3.1/ American Welding Society, 2010

- **E:** Electrodo para soldadura eléctrica de tipo manual.
- **60:** Resistencia a la tensión en Ksi. (62000 lb/pulg²)
- **1:** Posiciones de soldar (Plano, horizontal, vertical y sobre-cabeza)
- **1:** Tipo de recubrimiento y corriente (**Recubrimiento:** celulósico, potasio; **Tipo de corriente:** AC, DCEP; **Penetración:** Media)

En el mercado local tenemos a los electrodos E6011 y E7018 como los de mayor uso en este tipo de aplicaciones, pero para la construcción del banco de soporte se opta por el uso del electrodo E6011, ya que debido a los bajos niveles de esfuerzos a los que se encuentra sometida la estructura, esta no presentaría ningún problema con este tipo de soldadura; por otro lado el electrodo E7018 es mayormente considerado como un electrodo para acabado superficial debido a la buena apariencia dejada en el cordón de soldadura.

4.1.8 Construcción de la estructura metálica.

Como se conoce, este modelo está elaborado con tubos cuadrados de acero de 75 mm y 3 mm de espesor, según las dimensiones del modelo, para la elaboración de este banco se requiere de un total de 15 [m], pero en el medio se comercializan tubos en medidas estándar (6 [m] de longitud), por lo que se requerirá la compra de tres (03) tubos cuadrados.

Se requiere una longitud de 1800 [mm] de soldadura en todas las uniones para asegurar la unión entre las piezas, considerando soldadura continua y un rendimiento de 50 [mm] por cada electrodo, se requiere un total de 36 electrodos para soldar por completo el banco de soporte.

4.2. MONTAJE DEL MOTOR Y SUS RESPECTIVOS IMPLEMENTOS Y ACCESORIOS

4.2.1. Montaje del motor

En la figura 89 podemos observar el montaje del motor turbo diésel sobre la estructura metálica donde se apoya en tres puntos importantes, dos bases delanteras que se sujetan a la altura del block del motor y una posterior que sujeta con la coraza, manteniendo de esta forma el equilibrio del motor.

En estas bases donde se apoya el motor se adhiere una superficie de goma las cuales sirven para amortiguar las vibraciones durante el funcionamiento del motor.

Figura 89: Montaje del motor



Elaborado por: Julio Rubio T.

4.2.2. Montaje del radiador

En la figura 90, nos muestra el montaje del radiador se lo dispuso en la parte frontal del motor turbo diésel, con su respectivo deflector donde se dispone el ventilador con ello se logra una mejor corriente de aire que beneficia al sistema de refrigeración del motor.

El radiador dispone de dos apoyos en sus extremos inferiores con sus respectivas bases de goma lo que le permite mantenerse equilibrado y soportar las vibraciones cuando el motor esté en funcionamiento, evitando así cualquier daño físico prematuro del radiador.

Figura 90: Montaje del radiador



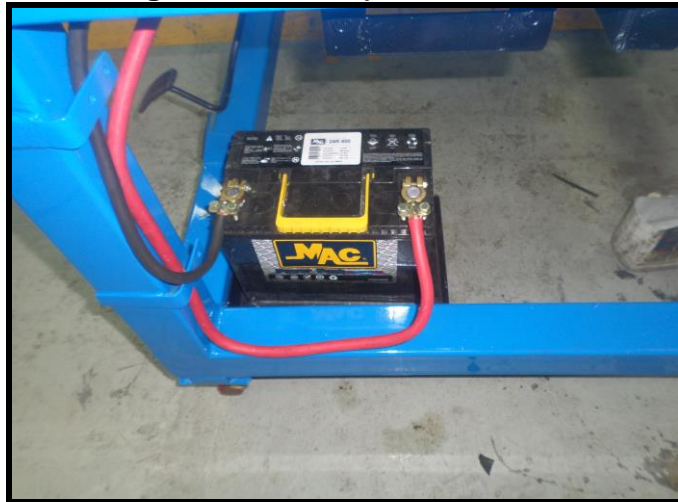
Elaborado por: Julio Rubio T.

4.2.3. Montaje de la batería

La ubicación de la batería se encuentra en la parte posterior e inferior del lado derecho de la estructura, facilitando de esta forma la instalación eléctrica con el tablero de instrumento, la alimentación de energía con el motor de arranque y el aterrizaje a masa, (ver figura 91)

Su ubicación se decidió que por seguridad que vaya en este lugar para protección, es decir alejado del tanque de combustible y del tubo de escape.

Figura 91: Montaje de la batería



Elaborado por: Julio Rubio T.

4.2.4. Montaje del tanque de combustible

El tanque de combustible está ubicado en la parte posterior del lado superior izquierdo de la estructura, está fijado en sus respectivas bases con una franja de goma sobre todo su contorno lo cual evita las vibraciones cuando el motor esté en marcha. (Ver figura 92)

El tanque de combustible está a una altura similar al nivel de los filtros de combustible y de la bomba de inyección, con la finalidad de, que el combustible fluya libremente sin alguna restricción con relación a una altura determinada.

Figura 92: Montaje del tanque de combustible



Elaborado por: Julio Rubio T.

4.2.5. Montaje del panel de instrumento

La figura 93 nos muestra el tablero de instrumento dispone de sus respectivos indicadores donde podemos observar y controlar el estado de funcionamiento del motor, está ubicado sobre la estructura metálica en la parte posterior derecha fijado con sus respectivos pernos de sujeción y una franja de goma para evitar las vibraciones cuando el motor esté en funcionamiento.

Está ubicado a una altura inferior promedio a la de un hombre, es decir menos de 1,65 m, facilitando de esta forma su visualización.

Figura 93 Montaje del tablero de instrumentos



Elaborado por: Julio Rubio T.

4.2.6. Montaje del tubo de escape

Como se muestra en la figura 94 el montaje del tubo de escape se lo ubico en relación con la disposición del motor turbo diésel

Figura 94 Montaje del Sistema de escape



Elaborado por: Julio Rubio T.

CAPÍTULO V

COMPROBACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL BANCO DE PRUEBAS

5.1. FALLAS Y SOLUCIONES DEL MOTOR DIÉSEL ISUZU 4HG1

Síntomas	Causa	Solución
Motor da arranque pero no gira	Falta de combustible	Abastecer de combustible y purgar el sistema de inyección
	Aire en sistema de combustible	Purgar sistema de inyección de combustible
	Filtros de combustibles obstruidos	Reemplazar filtros de combustibles
	Agua en el combustible	Reemplace el combustible, los filtros, limpie las cañerías, y purgue el sistema
	Revisar salida de combustible de la bomba de inyección a los inyectores	Reemplace o repare la bomba de inyección
	Revisar el cable ahogador apagador de motor	Reemplace el cable o mecanismo del apagador de motor
Ralentí inestable	Revisar mecanismo de regulación de ralentí	Regular mecanismo de ralentí
	Aire en sistema de combustible	Purgar sistema de inyección de combustible
	Filtros de combustibles obstruidos	Reemplazar filtros de combustibles

	Agua en el combustible	Reemplace el combustible, los filtros, limpie las cañerías, y purgue el sistema
	Mal ajuste el juego de las válvulas	Calibrar las válvulas 0.4 mm
	Filtro de aire obstruidos	Reemplazar filtro de aire
Motor no acelera o acelera con dificultad	Cable del acelerador roto	Reemplace el cable del acelerador
	Verificar acción de aceleración de la bomba de inyección	Reparación o reemplace la bomba de inyección
	Aire en sistema de combustible	Purgar sistema de inyección de combustible
	Filtros de combustibles obstruidos	Reemplazar filtros de combustibles
	Agua en el combustible	Reemplace el combustible, los filtros, limpie las cañerías, y purgue el sistema
Motor aumenta de temperatura	Bajo nivel de refrigerante	Abastecer de refrigerante al sistema de refrigeración
	Mangueras rotas "Superior e inferior"	Reemplazar mangueras
	Fuga de refrigerante por el sello de la bomba de agua	Reemplazar bomba de agua
	Termóstato averiado	Reemplazar termóstato
	Banda de la bomba de agua rota	Reemplazar banda

	Ventilador roto	Reemplazar radiador
	Radiador obstruido	Reparar o reemplazar el radiador
Perdida de Potencia del motor	Aire en sistema de combustible	Purgar sistema de inyección de combustible
	Filtros de combustibles obstruidos	Reemplazar filtros de combustibles
	Agua en el combustible	Reemplace el combustible, los filtros, limpie las cañerías, y purgue el sistema
	Filtro de aire obstruidos	Reemplazar filtro de aire
	Tubo de admisión roto	Reemplace el tubo de admisión
	Turbo dañado	Reparar o reemplazar el turbo
	Baja presión de combustible	Verificar bomba de alimentación
	Compresión baja	Verificar componentes internos del motor
	Tubo de escape obstruido	Reparar o reemplazar el sistema de escape
Consumo de aceite	Filtro de aire obstruidos	Reemplazar filtro de aire

	Fuga de aceite por retenedores del cigüeñal	Reemplazar retenedores
	Exceso de presión de aceite	Revisar presión de aceite del motor
	Presencia de aceite a la salida del escape	Revisar turbo compresión o componentes internos del motor
Exceso de humo azul o blanco en el escape	Guías de válvula desgastadas.	Cambie las guías de válvula.
	Segmentos gastados.	Cambie los segmentos.
	Nivel de aceite demasiado alto.	Revise el nivel de aceite.
Refrigerante en el aceite	Enfriadores averiados.	Compruebe, repare o cambie los enfriadores.
	Junta de culata rota o quemada.	Cambie la junta de culata.
	Culata rajada.	Cambie la culata
	Bloque agrietado.	Repare o cambie el bloque

5.2. FALLAS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Síntomas	causa	Solución
Motor no arranca	Falta de combustible	Abastecer de combustible y purgar sistema
	Tuberías de combustibles restringidas	Limpie las tuberías de y reemplace los filtros de combustibles
Motor inestable en ralentí	Combustible contaminado	Reemplace el combustible y los filtros
	Restricción de aire en el ducto de admisión	verificar filtro de aire y tuberías de admisión
	Poca inyección de combustible	Verificar o reparar toberas
	Baja presión de combustible	verificar bomba de alimentación Verificar o reparar bomba de inyección
Motor se cala	Aire en el sistema de combustible	Purgar sistema de combustible
	Filtros de combustibles obstruidos	Reemplazar filtros de combustible
	Filtro de aire sucio	Limpiar o reemplazar filtro de aire
	cañerías obstruidas	Limpiar cañerías de combustible
	Combustible contaminado	Reemplazar combustible
	Baja presión de combustible	Verificar bomba de alimentación y de inyección
	Poca inyección de	Reparar o reemplazar

	combustible	inyectores
Consumo excesivo de combustible	Filtro de aire sucio	Reemplazar filtro de aire
	Desajuste de la bomba de inyección	Reparar o reemplazar la bomba de inyección
	Goteo de los inyectores	Reparar o reemplazar inyectores
Perdida de potencia del motor	Filtro de aire sucio	Reemplazar filtro de aire
	Desajuste de la bomba de inyección	Reparar o reemplazar la bomba de inyección
	Goteo de los inyectores	Reparar o reemplazar inyectores
	Filtros de combustibles obstruidos	Reemplazar filtros de combustible

5.3. PLAN DE MANTENIMIENTO

I: Inspección																					
A: Ajustar																					
R: Reemplazar																					
Intervalo de servicio 1 x 100	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Motor																					
Aceite de motor	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de aceite del motor	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Fuga de aceite	I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I
Sistema de combustible																					
Drenaje de agua en el sedimentador de combustible	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Filtros de combustibles			R		R		R		R		R		R		R		R		R		R
Cañerías de combustibles	I				I				A				I				A				I
Tanque de combustible	I				I				I				I				I				I
Fuga de combustible	I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I
Sistema de admisión y Escape																					
Filtro de aire				R			R			R			R			R			R		

Turbo																					
Ductos de admisión									A								A				
Múltiple de admisión y escape									A								A				
Sistema de refrigeración																					
Refrigerante									R								R				
Termostato									R								R				
Mangueras del radiador									A								A				
Radiador									A								A				
Holguras de la válvulas									R								R				
Condiciones de funcionamiento del motor																					
Regulación de velocidad de ralentí																					
Tensión de la banda del alternador							A						A						A		
Mecanismo de aceleración																					
Mecanismo del apagador del motor							A						A						A		
							A						A						A		
Ajuste de las bases del																					

motor																					
Ajuste de las bases del radiador									A								A				
Ajuste de las bases del tanque de combustible									A								A				
Ajuste de la base del filtro de aire									A								A				
Ajuste de abrazaderas de las mangueras y cañeras									A								A				
Revisión bornes y del nivel de electrolito de la batería									A								A				
Conexiones eléctricas																					
Indicadores del tablero de instrumento																					
Estructura																					
Estructura / limpieza																					
Bases de la ruedas de la estructura	L		L		L		L		L		L		L		L		L		L		L
Rodamientos de las ruedas de la estructura									A								A				

5.4 GUÍAS DE PRÁCTICAS

BANCO DE ENTRENAMIENTO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1

Guía	#1	Materia:	
Fecha:		Hora:	
Estudiante:		Curso:	
Docente:		Revisión:	

Tema:	Perdida de Potencia del Motor
Objetivos	Reconocer componentes del sistema de combustible de baja presión
Tipo de Actividad	Análisis sistema de falla
Modalidad	Grupal
Equipo a Utilizar	Medidor de presión de combustible, faja de filtro, destornilladores, llaves mixtas 10 y 17

Descripción de actividades a realizar

- **Revisar nivel de Combustible**
- **Drenar combustible del sedimentador (verificar si existen contaminantes)**
- **Revisar filtro de combustible (observar si hay impurezas o filtros tapados)**
- **Purgar el sistema de combustible**

BANCO DE ENTRENAMIENTO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1

Guía	#2	Materia:	
Fecha:		Hora:	
Estudiante:		Curso:	
Docente:		Revisión:	

Tema:	Inestabilidad del motor en ralentí
Objetivos	Reconocer componentes del sistema de combustible de baja y alta presión y sistema de inyección
Tipo de Actividad	Análisis sistema de falla
Modalidad	Grupal
Equipo a Utilizar	Medidor de presión de combustible, faja de filtro, destornilladores, llaves mixtas (mm) 10 – 17 – 18, Ratchet y supe de mando ½ dado 12 mm,

Descripción de actividades a realizar

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisar nivel de Combustible ➤ Drenar combustible del sedimentador(verificar si existen contaminantes) ➤ Revisar filtro de combustible(observar si hay impurezas o filtros tapados) ➤ Purgar el sistema de combustible <p>Aflojar cañería de cada inyector una por una y con el motor en funcionamiento en ralentí y comprobar el estado de funcionamiento del inyector (si al momento de comprobar el inyector el motor mantiene el síntoma de falla reemplace o repare el inyector)</p>

BANCO DE ENTRENAMIENTO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1

Guía	#3	Materia:	
Fecha:		Hora:	
Estudiante:		Curso:	
Docente:		Revisión:	

Tema:	Ruido en el motor en ralentí
Objetivos	Reconocer componentes mecánicos del motor
Tipo de Actividad	Análisis sistema de falla
Modalidad	Grupal
Equipo a Utilizar	Estetoscopio, llave (mm) 10 – 12 -14, destornilladores, Ratchet y supe de mando 1/2, dados 10 – 12 – 14, calibrador de laminas

Descripción de actividades a realizar

- **Inspección visual del motor en funcionamiento**
- **Con el estetoscopio y con el motor en funcionamiento determinar la magnitud del ruido**
- **Desmonte la tapa de la válvulas**
- **Con la llave mixta 14 mm, un desarmado plato que se ajuste al perno regulador del balancín y con el calibrador de láminas proceda a calibrar las válvulas, en el orden de encendido del motor**
- **Proceda a montar la tapa de válvulas y encienda el motor.**

BANCO DE ENTRENAMIENTO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICOS PARA EL MOTOR TURBO DIÉSEL ISUZU 4HG1

Guía	#4	Materia:	
Fecha:		Hora:	
Estudiante:		Curso:	
Docente:		Revisión:	

Tema:	Motor da arranque, pero no enciende
Objetivos	Reconocer componentes mecánicos del motor
Tipo de Actividad	Análisis sistema de falla
Modalidad	Grupal
Equipo a Utilizar	Llaves mixtas (mm) 12 – 13 – 14,

Descripción de actividades a realizar

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisar nivel de Combustible ➤ Drenar combustible del sedimentador (verificar si existen contaminantes) ➤ Revisar filtro de combustible (observar si hay impurezas) ➤ Purgar el sistema de combustible ➤ Afloje las cañería de cada inyector, de encendido del motor con la llave del Switch de encendido, y verificar si a cada inyector es suministrado de combustible por la bomba de inyección ➤ Verificar la posición de la palanca del ahogador del motor ➤ Revisar cable ahogador del motor (Lubricar o reemplazar cable del ahogador del motor)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se ha construido una estructura suficientemente reforzada que le permite soportar las cargas estáticas y dinámicas que ejerce el motor a la estructura.
- ✓ El uso del banco de entrenamiento ayudara al estudiante a observar y conocer el principio de funcionamiento del motor diésel.
- ✓ Se reemplazaron componentes internos del motor tales como pistones, rines, cilindros, empaquetadura, cojinetes de bielas y bancadas, y la respectiva reconstrucción de la culata, obteniendo como resultado la reducción del nivel de emisiones de gases contaminantes.
- ✓ Se elaboraron guías de prácticas, para el uso respectivo del motor turbo diésel, donde se describen los lineamientos para la realización de las prácticas para los estudiantes de la facultad de ingeniería automotriz de la UIDE.
- ✓ Se diseñaron guías de prácticas, donde se describen los procesos para analizar las fallas posibles y soluciones que se presenten en sistema de inyección del motor turbo diésel.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar periódicamente el respectivo mantenimiento preventivo de la estructura, manteniéndola está libre de impurezas y de cualquier objeto o agente que podrían causar daño físico de la misma.
- ✓ Antes de realizar cualquier operación, leer el manual de funcionamiento, donde se describen los lineamientos para su utilización.
- ✓ Antes de encender el motor turbo diésel verificar los niveles como Electrolitos de batería, aceite, refrigerante y combustible.
- ✓ Para la utilización práctica del proyecto, se pide utilizar el equipo de protección personal.
- ✓ Durante las prácticas, no utilizar anillos pulseras cadenas relojes, que podrían enredarse y causar algún daño físico del estudiante.
- ✓ No manipular ni modificar físicamente ningún instrumento del proyecto sin la autorización previa del docente o del director de la carrera.
- ✓ Realizar los respectivos mantenimientos preventivo o correctivo del motor turbo diésel Isuzu 4HG1, de acuerdo al plan de mantenimiento elaborado.

BIBLIOGRAFÍA

- Beer y Johnston. (1979). Estática Vectorial para Ingenieros, (3ª Ed.) México D.F: McGraw-Hill/Latinoamericana S.A.
- D.B. Welbourn y J.D. Smith. (1969). Fundamentos de la Dinámica de las Maquinas - Herramientas, España: Marcombo S.A.
- D. Gabriel Cuesta Ferrer. (2003). Camiones y Vehículos Pesados / Motor Diésel, U.E: Cultura S.A.
- D. Hermógenes Gil Martínez. (2000). Manual Práctico del Automóvil / Reparación, Mantenimiento y Prácticas; Colombia: Cultura S.A.
- D. Hermógenes Gil Martínez. (2000). Manual del Automóvil / Reparación y Mantenimiento El Motor Diésel; España: Cultura S.A.
- D. Miguel de Castro. (1989). Manual de Inyección Diésel, (2ª Ed.) España: Ceac S.A.
- D. Miguel de Castro. (1983). El Motor diésel, (11ª Ed.) España: Ceac S.A.
- F. Reyes Murillo. (2001). Motor Diésel - Nociones y Prácticas, Lima-Perú
- Jack C. Cormal. (1983). Análisis Estructural, (3ª Ed.) México, Harla S.A.
- J.M. Alonso. (2001). Técnicas del Automóvil – Sistema de Inyección de Combustible de los Motores Diésel, España, Paraninfo S.A.

- J.M. Alonso. (2000). Técnicas del Automóvil – Equipo Eléctrico, (9ª Ed.), España, Paraninfo S.A.
- J.M. Alonso. (2000). Técnicas del Automóvil - Motores, (10ª Ed.), España, Paraninfo S.A.
- N.L. Erpelding. (1982). Reparación y Puesta a punto de Motores Diésel, España: Marcombo S.A.
- Richard G. Budynas y Reith Nisbett. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica, (8ª Ed.), México, Mc Graw-Hill Interamericana.
- Robert L. Mott. (1992). Diseño de Elementos de Maquinas (2ª Ed.), México, Prentice Hall Hispano-Americano S.A.