

ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL CICLO DIÉSEL ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF THE DIESEL CYCLE

Darwin Javier Ramírez Ante
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte
La victoria , Ibarra-Ecuador
djramireza@utn.edu.ec

RESUMEN

La eficiencia energética de un ciclo diésel es crítico por las pérdidas de energía que se generan dentro del motor, principalmente por el calor disipado el cual no es aprovechado en su totalidad por las diferentes transformaciones de las leyes de la termodinámica.

En el motor diésel se estudia sus componentes y su respectivo funcionamiento de los mismos, formulando así los principios termodinámicos necesarios para el análisis del ciclo diésel, como son la primera y segunda ley de la termodinámica.

En el presente proyecto se realiza un análisis de eficiencia tanto teórico como real en el ciclo diesel, llegando a una comparación de los dos, logrando así determinar el porcentaje de energía aprovechada y así mismo la energía perdida.

La eficiencia teórica se la calculo por medio de una ficha técnica citada en el documento, la cual oscila en un 67% con una pérdida de energía del 33%, mientras que la eficiencia real es de 48%, dato obtenido por medio de las mediciones de gases realizadas en esta investigación en un motor didáctico de marca Mazda BT50, que se encuentra en el taller de la Universidad Técnica del Norte, llegando a determinar una pérdida de energía en este ciclo es de alrededor del 52%.

En el ciclo diésel el mantenimiento preventivo se lo realiza para brindar un

mayor beneficio al momento de operar un motor con altos estándares de eficiencia energética, esto depende del tipo y antigüedad del motor, supervisando de una manera periódica los diferentes tipos de filtros como son: aceite, combustible y aire.

ABSTRAC

The energy efficiency of a diesel cycle is critical due to the energy losses that are generated inside the engine, mainly due to the dissipated heat, which is not fully exploited by the different transformations of the laws of thermodynamics.

In the engine, the components and their respective operation will be studied, formulating the thermodynamic principles necessary for the analysis of the diesel cycle.

In the present project an analysis of both theoretical and real efficiency in the diesel cycle will be carried out, arriving at a comparison of the two, thus being able to determine the percentage of energy used and also the energy lost.

The theoretical efficiency is reduced to 67% with an energy loss of 33%, while the real efficiency is 48%, obtained by means of the measurements. of gases made in this research in a didactic engine brand Mazda BT50, which is in the workshop of the Technical University of the North, reaching to determine a loss of energy in this cycle is about 52%.

In the cycle, the preventive maintenance is performed to provide a greater benefit when operating an engine with high energy efficiency standards, this depends on the type and age of the engine, periodically monitoring the different types of filters such as: oil, fuel and air.

I INTRODUCCIÓN

En este Proyecto de Grado titulado “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL CICLO DIÉSEL” se realizará un análisis termodinámico del motor diésel Mazda BT50 de propiedad de la Universidad Técnica del Norte para lo cual a través de un método inverso, es decir, conociendo el porcentaje de composición de los gases de escape se obtienen los reactivos y así poder conocer las cantidades de combustible y aire que intervienen en el proceso de combustión analizado.

En este marco se obtienen valores de temperatura, presión, entalpía, volumen y energía interna para cada estado del ciclo diésel tanto teórico como real, lo cual permite calcular las respectivas eficiencias del ciclo. Estas eficiencias calculadas son comparadas entre si y luego comparadas con la estándar para determinar en qué estado de funcionamiento se encuentra el motor en estudio.

En primer lugar se realiza el planteamiento del problema, para lo cual se trazan un objetivo general y otros específicos que conllevarán a la solución del problema.

Posteriormente se hace las consideraciones básicas para el análisis de los ciclos de potencia, se analiza en forma general el funcionamiento del motor diésel y de sus principales componentes y se formula los principios termodinámicos necesarios para el análisis del ciclo diésel.

A continuación se realiza el análisis tanto teórico como real del ciclo diésel del motor Mazda BT50, para lo cual se analiza el proceso de combustión a través de la ecuación estequiométrica, lo cual ayuda a cuantificar los valores de eficiencia térmica real y teórica.

Para finalizar se realiza el análisis de las eficiencias obtenidas comparándolas entre sí y con el estándar, se hace también un análisis de los porcentajes de los gases de combustión y se da unas recomendaciones de buenas prácticas energéticas en motores diésel. Finalmente en el capítulo V se realiza las conclusiones y recomendaciones más relevantes del trabajo de grado.

II PROPUESTA

Análisis de gases de combustión

Para poder realizar un análisis energético a través del cálculo de la eficiencia térmica del motor diésel Mazda BT50 y dado que el funcionamiento de este tipo de motores es muy compleja, además que no cuenta con la instrumentación necesaria y confiable para poder determinar el gran número de parámetros requeridos para encontrar la eficiencia del motor diésel, es decir para realizar un análisis termodinámico más exhaustivo, se ha recurrido a un método indirecto que consiste en analizar la composición química de los productos de combustión o gases de escape. Esto se hace fundamentalmente con la ayuda de analizadores de datos de gases combustión, los cuales arrojan datos de la composición de los gases, productos de la combustión. Esto nos ayuda para poder plantear una reacción inversa para encontrar los reactivos conociendo los

productos, a través de la estequiometría de la combustión.

Monitoreo de emisiones para motores diésel

Como resultado del proceso de combustión en los motores diésel se obtienen diversos gases y productos, entre ellos los más importantes son: Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), oxígeno (O_2), hidrocarburos no quemados (HC), nitrógeno, agua y bajo ciertas condiciones óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado, (OBERT, 2007, pág. 385).

Un correcto análisis de las proporciones de los gases puede dar lugar a diagnósticos muy importante del funcionamiento del motor. El analizador de gases de escape analiza la química de estos gases y nos dice en que proporciones se encuentran los mismos. Además, la medición de los gases de las emisiones de escape es importante para la sintonía del motor, optimización de su performance, seguridad y probar que las emisiones cumplan con las regulaciones medio ambientales.

En este sentido, la nivelación de los niveles de O_2 y CO inmediatamente después de que los gases de escape dejen el motor, antes de cualquier cartucho catalítico, provee una excelente indicación de cuan rica o pobre es la combustión del motor y puede ser utilizada para su afinamiento y así alcanzar una óptima performance, fuera del consecuente ahorro económico. Niveles significativos de Hidrocarburos combustibles $CxHy$ por encima o debajo de los valores recomendados por el fabricante del motor, con una indicación de combustible indeseado y no quemado. Ajustes adicionales en la combustión o

en el mantenimiento del motor pueden ser requeridos para resolver este potencial peligro de seguridad.

Las emisiones de altas concentraciones de CO , NO_x e hidrocarburos en los gases de escape pueden ser peligrosos para la seguridad y salud y en la mayoría de los casos, están reguladas por las autoridades relacionadas al cuidado del medio ambiente.

Medición de emisiones

El monitoreo de emisiones en cumplimiento a la legislación es efectuada a la salida del escape. Esta regulación normalmente requiere la medición de contaminantes incluyendo CO , NO_x e hidrocarburos. Mediciones del nivel de O_2 de los gases de escape son también requeridas desde que la mayoría de emisiones deben ser hechas para un nivel de O_2 de referencia conocido. El nivel de referencia típico de O_2 para motores es de 11% y 15% y está regulado en las normas nacionales. Las emisiones de los motores son reportadas mayormente en unidades de partes por millón (ppm) y porcentaje (OBERT, 2007, pág. 391).

Para la presente investigación se analizarán los gases de combustión en el motor diésel de una Mazda BT50, para determinar la eficiencia energética teórica que esta posee

Características generales

La gran mayoría de los procesos de generación de energía, implican la utilización de una fuente de energía, que al combustionarse produce una reacción química. Todo proceso de combustión implica necesariamente un cambio en la composición de las sustancias que intervienen en estos procesos por cuanto

se trata de reacciones químicas, (OBERT, 2007, pág. 119).

En este sentido, el proceso de combustión se define como la reacción química exotérmica auto mantenida, que implica la oxidación de los componentes de los combustibles, los cuales tiene la capacidad de ser oxidados, lo que nos permite poder expresar a través de una ecuación química o ecuación de reacción.

La combustión (quemar algo) es un proceso tan fácil de realizar porque genera mucha entropía y por tanto su viabilidad (tendencia a reaccionar) es muy alta; mucha energía ordenada en los enlaces químicos pasa bruscamente a energía térmica (desordenada) de las partículas producidas.

Combustión

Es un proceso mediante el cual las sustancias (combustibles) capaces de reaccionar con el oxígeno (oxidante), interactúan con este generando calor. Entre las sustancias más comunes tenemos a los hidrocarburos, los cuales a través de la combustión son capaces de generar energía. La reacción de combustión se puede resumir de la siguiente manera:

Combustible

Son todas las sustancias conocidas como hidrocarburos, que tienen fundamentalmente en su composición carbono, hidrógeno y cantidades variables de oxígeno, nitrógeno y azufre. Los cuales pueden ser líquidos como el diésel y la gasolina o gaseosos como el GLP.

Las propiedades más relevantes de los combustibles son: la composición y contenidos de impurezas, la entalpía estándar de reacción (también llamada

poder calorífico), la densidad, la viscosidad y coeficiente de dilatación (para el almacenamiento y transporte), la entalpía de vaporización (conviene que sea baja), la presión de vapor (conviene que sea alta para que no haya que gasificar artificialmente), los límites de ignición (por chispa), auto inflamación y extinción, la toxicidad y la compatibilidad con otros materiales (tubos, juntas, válvulas, bombas) (OBERT, 2007, pág. 271).

a principal de estas reacciones es que la masa de cada elemento debe permanecer constante en todo el proceso, por lo que al aplicar un balance de masa se debe cumplir que:

Las reacciones de combustión pueden ser:

- Reacción de combustión completa.- Este tipo de combustión tiene lugar cuando todo el carbono se ha transformado u oxidado en dióxido de carbono y todo el hidrogeno en agua.
- Reacción de combustión incompleta.- Es cuando no se ha transformado u oxidado todo el carbono o el hidrogeno, formándose el monóxido de carbono (CO) como principal indicador.

Estequiometria del proceso de combustión

Durante el proceso de combustión se producen muchas transformaciones y reacciones químicas, dependiendo de la composición del combustible utilizado y de las condiciones en que se realiza la combustión. Básicamente, cuando se quema un hidrocarburo, el hidrogeno contenido en este se combina con el oxígeno del aire para producir agua, el carbón de combinar con el oxígeno del

aire para formar dióxido de carbono y además se libera energía en forma de calor, (OBERT, 2007, pág. 235).

Volumen de aire que ingresa a los cilindros

Para calcular el volumen de aire que ingresa a los cilindros, por ciclo de trabajo, se comienza determinando la cilindrada del motor. A través de la siguiente fórmula:

$$V_{cil} = L \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad cm^3$$

Donde:

- L = Longitud de la carrera en mm.
- D = Diámetro interno del cilindro o calibre en mm.
- V_{cil} = Volumen del cilindro en mm^3 o cm^3 .

$$\begin{aligned} V_{cil} &= 92 \text{ mm} \times 3.14159 \\ &\quad \times \left(\frac{93 \text{ mm}}{2}\right)^2 \\ V_{cil} &= 624\,947.60 \text{ mm}^3 \\ V_{cil} &= \mathbf{624.94 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

Si bien es cierto, el " V_{cil} " calculado con anterioridad representa el volumen de cada cilindro (sin tomar en cuenta la cámara de combustión) del motor, esta cantidad también representa la cantidad de aire teórica ingresada en cada uno de los cilindros del motor, Ahora bien para calcular la cantidad de aire total que ingresa a los cilindros sin tomar en cuenta el volumen de la cámara de combustión, al valor anterior se le debe multiplicar por el número de cilindros " θ ", así:

$$\begin{aligned} V_{Total} &= V_{cil} \times \theta \quad cm^3 \\ V_{TOTAL} &= 624.94 \text{ cm}^3 \times 4 \\ V_{TOTAL} &= \mathbf{2\,499.76 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

La cilindrada total del motor dada por el fabricante es de 2499 cm^3 , la cual se

asemeja al valor calculado anteriormente para el volumen de los cilindros. Sin embargo este valor no toma en cuenta el volumen ocupado por las cámaras de combustión del motor, el cual por su forma compleja es muy difícil de determinar. En este sentido, el volumen ocupado por las cámaras de combustión " V_{cc} " de cada uno de los cilindros del motor se calcula considerando la relación de compresión " r_c " del motor dado por el fabricante que es de 18:1 y el volumen del cilindro " V_{cil} ", resultando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} V_{cc} &= \frac{V_{cil}}{r_c} \quad cm^3 \\ V_{cc} &= \frac{624.94 \text{ cm}^3}{18} \\ V_{cc} &= \mathbf{34.71 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

Para conocer el volumen total de las cámaras de combustión, se debe multiplicar por el número de cilindros que posee el motor.

$$\begin{aligned} V_{TCC} &= V_{cc} \times \theta \\ V_{TCC} &= 34.71 \text{ cm}^3 \times 4 \\ V_{TCC} &= \mathbf{138.84 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

Posteriormente al sumar con el volumen total se obtiene el valor de aire teórico ingresado en un ciclo de funcionamiento del motor:

$$\begin{aligned} V &= V_{TOTAL} + V_{TCC} \quad cm^3 \\ V &= 2\,499.76 + 138.84 \text{ cm}^3 \\ V &= \mathbf{2\,638.60 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

De lo anterior se obtiene que el V_1 el cual es igual a:

$$V_1 = \mathbf{2\,638.60 \text{ cm}^3}$$

Evaluación del ciclo diésel teórico

Para poder calcular la eficiencia térmica teórica del ciclo diésel para el motor MAZDA BT50, que luego será comparada con la eficiencia térmica real del ciclo del mismo motor, se debe tener en cuenta ciertas idealizaciones que ayuden a determinar en qué estado se encuentra nuestro motor desde un punto de vista termodinámico, (CENGEL Y., 2012, pág. 756).

En este sentido se debe tomar en cuenta las idealizaciones consideradas anteriormente, que no son otra cosa que simplificaciones que facilitan la compresión básica del comportamiento del ciclo. Entre las idealizaciones que se adoptan para la evaluación del ciclo tenemos las siguientes:

- Se considera que el fluido es aire puro, que se comporta como un gas perfecto.
- El análisis se lo realizará sobre un motor de cuatro tiempos, el cual necesita dar dos vueltas del cigüeñal para realizar un ciclo completo (cuatro carreras).

Por lo tanto, el principio de funcionamiento de los motores diésel consiste en: Admitir la mayor cantidad de aire como sea posible, comprimirlo suficientemente como para generar una presión y temperatura tales que al introducir combustible finamente pulverizado, se combustione rápidamente y producto de la misma se genere trabajo mecánico sostenido en el tiempo. (OBERT, 2007, pág. 203).

Para ello es necesario que ocurran una serie de transformaciones termodinámicas del fluido,

Cálculo de la eficiencia térmica teórica

Una vez que se tiene calculado en calor que entra y calor que sale, se puede determinar la eficiencia teórica del ciclo para el motor diésel MAZDA BT50. En este sentido, la segunda ley de la termodinámica expresa que ninguna máquina térmica es capaz de convertir en trabajo mecánico todo el calor aportado. Por ello, solo una parte de la energía química aportada por el combustible es transformada en trabajo y esta proporción representa el rendimiento térmico del motor. Así puede definirse como la razón entre el trabajo generado en el ciclo ideal y el equivalente en trabajo del calor gastado para generarlo, (CENGEL Y., 2012, pág. 756).

Por lo tanto, la eficiencia térmica teórica para este ciclo diésel bajo suposiciones de aire estándar frío puede determinarse a través de la ecuación:

$$\eta_{TEORICA} = \frac{\text{Calor Entregado} - \text{Calor Expulsado}}{\text{Calor Entregado}}$$

$$\eta_{TEORICA} = 1 - \frac{Q_{SAL}}{Q_{ENT}}$$

$$\eta_{TEORICA} = 1 - 0.870/2.681$$

$$\eta_{TEORICA} = 1 - 0.33$$

$$\eta_{TEORICA} = 0.67$$

$$\eta_{TEORICA} = 67\%$$

Evaluación del ciclo diésel real

Con el objeto de analizar el ciclo diésel desde un punto de vista real y así poder calcular la eficiencia térmica real del ciclo diésel que luego será comparada con la eficiencia térmica teórica del mismo, se debe tomar en cuenta que para poder realizar un análisis más acertado de las complejas transformaciones que ocurren en el interior de una máquina térmica que

convierte la energía química del combustible en trabajo útil, es necesario realizarlo por medio de un análisis de gases.

Un proceso de combustión real se basa en que la combustión es incompleta. Un proceso de combustión es incompleto si los productos de combustión contienen algo de combustible o componentes no quemados como: Carbono (C), Hidrogeno (H), Monóxido de carbono (CO). El oxígeno insuficiente es una reacción obvia para la combustión incompleta, otra causa es la disociación la cual se vuelve importante a temperaturas elevadas. Para analizar este proceso real de combustión es necesario conocer la composición de los gases, por medio de los estudio realizados por el testo 350 analizador de gases por combustión.

de combustión, pero no se conoce cuanto combustible o aire (mol) se usa durante el proceso de combustión. No obstante, estas incógnitas pueden determinarse a partir de una ecuación de balance de moles (igualación de ecuación química) que se realizará a continuación:

- $O_2 \rightarrow$ *Peso Molar* = 32 \rightarrow 1.738%
- $CO_2 \rightarrow$ *Peso Molar* = 44 \rightarrow 2.40%
- $CO \rightarrow$ *Peso Molar* = 28 \rightarrow 1.60%

Acumulación
 = *Entrada* - *Salida*
 + *Generación* - *Consumo*

$$CO_2 \quad 0 = \frac{100(0.024)}{44} - \#CO_2 + \frac{100(0.016)}{28} - 0$$

$$O_2 \quad 0 = \frac{100(0.01738)}{32} - \#O_2 + 0 - \frac{1}{2} \left[\frac{100(0.016)}{28} \right]$$

Despejando de la ecuación la salida de los gases en moles se obtiene:

$$CO_2 = 0.054 + 0.057 = \mathbf{0.111 \text{ mol}}$$

$$O_2 = 0.054 - 0.028 = \mathbf{0.026 \text{ mol}}$$

Cálculo de la eficiencia térmica real

Una vez que se tiene calculado en calor que entra y calor que sale, se puede determinar la eficiencia teórica del ciclo para el motor MAZDA BT50. En este sentido, la segunda ley de la termodinámica expresa que ninguna maquina térmica es capaz de convertir en trabajo mecánico todo el calor aportado. Por ello, solo una parte de la energía química aportada por el combustible es transformada en trabajo y esta proporción representa el rendimiento térmico del motor. Así puede definirse como la razón entre el trabajo generado en el ciclo ideal y el equivalente en trabajo del calor gastado para generarlo.

Por lo tanto, le eficiencia térmica real para este ciclo diésel bajo suposiciones de aire estándar frio puede determinarse a través de la ecuación:

$$\eta_{REAL} = \frac{\text{Calor Entregado} - \text{Calor Expulsado}}{\text{Calor Entregado}}$$

$$\eta_{REAL} = 1 - \frac{Q_{SAL}}{Q_{ENT}}$$

$$\eta_{REAL} = 1 - \frac{805.30 \text{ KJ}}{1554 \text{ KJ}}$$

$$\eta_{REAL} = 1 - 0.52$$

$$\eta_{REAL} = 48 \%$$

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Análisis de la eficiencia térmica teórica del motor diésel de la Mazda BT50

Ningún motor diésel puede tener una eficiencia del cien por cien (eficiencia perfecta), ya que esto equivaldría a decir que todo el trabajo realizado por el motor diésel (generación de movimiento) es igual a la energía química del combustible utilizado para producirlo. Por otro lado, cuando el trabajo realizado es menor que la energía química consumida, la pérdida o la diferencia entre ambos valores se transforma en calor, que se puede considerar como energía útil y por lo tanto perdida.

En el caso del motor diésel Mazda BT50 de combustión interna y a partir de los datos propuestos, se puede considerar una temperatura mínima de (273 K) y una máxima de (1735 K). Esta combinación de temperaturas nos da un rendimiento teórico máximo insuperable del 67%, valor que fue calculado en el capítulo III de este trabajo de grado y cuyos datos se detallan en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Propiedades termodinámicas del fluido de trabajo para el proceso teórico del ciclo diésel

ESTADO	1	2	3	4
T (K)	273	867.49	1734.98	720
P (KPa)	77.55	4435.59	4435.59	204
V (cm ³)	2638.60	146.58	293.16	263
h (KJ/Kg)	273.11	896.61	1923.12	735
U (KJ/Kg)	194.74	-----	-----	528
Rendimiento teórico del motor Mazda BT50			--	67%

Del dato de la temperatura máxima (1735 K) se puede decir, que es difícil hallar un dato preciso de temperatura máxima alcanzada en la cámara de combustión. Esto debido a que los hidrocarburos arden a temperaturas cercanas a los 2000 C (2273 K) y ya parece bastante optimista considerar unos 1561 K como la temperatura media de toda la cámara de combustión. Por lo tanto la eficiencia del 67% se puede considerar un cálculo razonable.

Por lo tanto, con el valor teórico de la eficiencia térmica del 67% se concluye que el motor pierde al menos un 33% de la energía que entra a la máquina, la cual se disipa por todo el motor como calor.

Análisis de la eficiencia térmica real del motor diésel de la Mazda BT50

Tomando en cuenta los datos encontrados en el análisis de gases y llevando adelante el cálculo con datos reales del motor, y cuyos valores se dan en la tabla 4.2, con una temperatura mínima de 290 °K y una máxima de 1836 °K. Se pudo hallar un rendimiento térmico del 48 % que en perspectiva es menor al valor teórico y que se acerca un poco más a lo que pasa realmente en

las máquinas térmicas. Se puede decir que la pérdida de energía se encuentra

Análisis del proceso de transformación de energía

El valor de la eficiencia teórica para el motor diésel Mazda BT50 calculada en el capítulo III, es de 67% lo cual obviamente es menor a la eficiencia dada por el ciclo de Carnot, operando en los mismo límites de temperatura. Este porcentaje encontrado nos indica que la cantidad de energía contenida en el combustible que se pierde, bordea el 33%.

El valor de la eficiencia real para el motor diésel Mazda BT50 calculada en el capítulo III, es de 48% lo cual obviamente es menor en primer lugar a la eficiencia térmica teórica y en segundo lugar mucho menor a la eficiencia dada por el ciclo de Carnot, operando en los mismo límites de temperatura. Este porcentaje encontrado nos indica que la cantidad de energía contenida en el combustible que se pierde, bordea el 52%, lo cual es un valor más real tomando en cuenta que los cálculos se hicieron bajo condiciones idealizadas.

A continuación se puede apreciar que existe una diferencia del 19% entre el rendimiento teórico con respecto al rendimiento real, demostrando que la pérdida de la eficiencia energética producida principalmente por el calor sigue siendo un problema al momento de la combustión.

Tabla ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-2: Diferencia del rendimiento térmico teórico con el real.

Rendimiento teórico del motor diésel Mazda BT50	Rendimiento real del motor diésel Mazda BT50
--	---

67%
19%

48 %

Del cálculo de las eficiencias térmicas tanto real como teórico, expuestas con anterioridad. Se puede concluir que casi la mitad de la energía contenida en el combustible se pierde inevitablemente en forma de calor antes de empezar el movimiento del vehículo. Al margen de las mejoras tecnológicas que indudablemente se pueden hacer, los motores diésel por definición, un despilfarro energético de primera magnitud y no podrán dejar de serlo. La primera y la segunda ley de la termodinámica lo impiden de un modo absoluto.

Sin embargo, pese a que la tecnología se encuentra en constante evolución y ha dado pasos agigantados tan solo ha podido disminuir en algunos puntos porcentuales, la cantidad de energía que se desperdician en las máquinas térmicas en su funcionamiento. Esto debido básicamente a que los motores diésel están limitados de forma absoluta por las leyes termodinámicas en las que basan su funcionamiento, como es la primera y segunda ley de la termodinámica.

Cabe recalcar que las emisiones de los motores diésel son muchos más visibles que la de los motores de gasolina, ya que contienen más hollín o material particulado, con menos CO pero con más NO_x, SO₂ o aldehídos. Además las partículas de hollín pueden alcanzar hasta un 60 a 80% del total emitido, tienen sustancias orgánicas absorbidas en su superficie y variará según el combustible utilizado, tipo de motor y grado de mantenimiento.

En cuanto a los resultados obtenidos en las emisiones de HC, CO₂ y CO se puede observar que en el intervalo de

1800 rpm en adelante, las mediciones que se registran corresponden a un régimen transitorio de operación. Debido a que la operación del motor no tiene un tiempo de estabilización, por este motivo la combustión es incompleta. Específicamente en este caso, la combustión de los carbonos presentes en el combustible no es apropiada.

Análisis del mantenimiento automotriz para mejorar la eficiencia en la transformación de energía en un motor de ciclo diésel.

La gestión del mantenimiento es indispensable para tratar de alcanzar niveles de eficiencia energética en el desempeño del motor diésel Mazda BT50. En este proyecto es de suma importancia que se revisen estado de filtros de aire, aceite y combustible. Seleccionar el tipo de lubricante para nuestro motor beneficiará no solo en el mejor desempeño de éste sino también en el ahorro de combustible.

El mantenimiento preventivo de motores diésel debe conllevar a tener máquinas térmicas con alta confiabilidad, disponibilidad, seguridad y performance. Todo esto conllevará a tener consumos de combustibles razonables, a tener lugares de trabajo menos contaminados y condiciones ambientales de operación dentro de lo estipulado por las normativas nacionales y/o internacionales (en el supuesto caso de no existir una norma nacional). Si operamos los motores aplicando estos parámetros, estamos en pos de una mejor eficiencia energética en el desempeño de las llamadas máquinas térmicas y en este caso específico del motor diésel Mazda BT50.



Figura: Mantenimiento preventivo de los filtros de aceite.

Los sistemas de inyección de combustible diésel dependen de ductos de flujo pequeños y de espacios libres muy reducidos. Ellos no pueden tolerar impurezas en el combustible. Esto significa que los filtros de combustible deben recibir mantenimiento de acuerdo a la programación publicada por los fabricantes, o más frecuentemente si las condiciones del inventario de combustible lo exigen. Todos los filtros deben ser como mínimo de la misma calidad de los originales del equipo. Ellos actúan como trampa para retener los abrasivos antes de que puedan entrar en las cámaras de combustión del motor. La falta de un filtrado de aire apropiado causará el rápido desgaste de anillos, pistones, y revestimientos. Cambie los filtros de aire por lo menos con la misma frecuencia con que lo recomienda el fabricante, y use un filtro de reemplazo como mínimo de la misma calidad de los originales del equipo. Si está expuesto a condiciones extraordinariamente polvorosas, puede requerirse una más frecuente limpieza o cambio de los filtros de aire.

CONCLUSIONES

- En el análisis de eficiencia energética en un ciclo diésel real se tiene que la energía aprovechada es de un 23% y que las pérdidas se

encuentran en un 77% de acuerdo al cálculo realizado anteriormente.

- Se concluye que el proceso de transformación de energía es muy importante ya que por medio de este se calculó el porcentaje de pérdidas de energía que tiene un ciclo diésel.
- El motor diésel es el motor térmico más eficiente de los usados normalmente en automoción, gracias a su elevada relación de compresión 18:1, siendo los más eficientes aquellos cuya velocidad de funcionamiento sea lo más lenta posible.
- Se observó que las pérdidas de energía en un ciclo diésel son más aun elevadas cuando no hay un mantenimiento preventivo de filtros y lubricantes lo cual ha hecho que así mismo tenga un mayor consumo y no sea aprovechado en su totalidad.

BIOGRAFÍA AUTOR

Darwin Javier Ramírez Ante, estudios secundarios institución educativa san José de chillanquer, obtuvo el título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte.

BIBLIOGRAFÍA

1. SONTAG R. y VAN WYLEN G, Introducción a la Termodinámica Clásica y y Estadística, traducida del inglés por Francisco Paniagua, 6ª edición, México, Editorial Limusa, 1991, 480 pp.
2. CENGEL Y, y BOLES M, Termodinámica, traducido del inglés por Virgilio y Gonzáles, 7ª Edición, México, Mc Graw Hill, 2012, 1011 pp.
3. OBERT E.F, Motores de combustión interna (Análisis y aplicaciones), y traducida del inglés por Cristóbal Monsiváis Lara, Vigésima Tercera y edición, México, Editorial Continental S.A, 1997, 760 pp.
4. HUANG, F, Ingeniería Termodinámica: Fundamento y aplicación, y traducido del inglés por Jaime Cervantes, 2ª edición, México, y Editorial continental, 1997, 550 pp.
5. INSTITUTO NACIONAL DE ENERGÍA (INE) – COMISIÓN DE y COMUNIDADES EUROPEAS (CCE), Tecnología de la y combustión: Programa de Capacitación en Gerencia de la Energía y en la Industria, Quito-Ecuador, pp 65.
6. JONES, J.B. y DUGAN. R.E, Engineering Thermodynamics, 3ª edición, y United States of America, Editorial Prentice Hall, 1996, 940 pp.
7. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA – INSTITUTO PARA LA y DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, Manuales y Técnicos y de Instrucción para Conservación de la Energía, Madrid-y España, 200 pp.
8. AOSCIACION PARA LA INVESTIGACIÓN Y DIAGNOSIS DE LA y ENERGIA, Manual de Auditorías Energéticas, 1ª edición, Madrid-y España, 2003, 222 pp.
9. BORROTO N.A, Gestión Energética en Sistemas Térmicos, Ecuador, y 2007.
10. VILLALOBOS J, CEPAL, Boletín, Eficiencia energética en el transporte de y carga por

- carretera, Edición N° 281 –
Numero 01 / 2010, 8 pp.
11. VILLALOBOS J. y
WILMSMEIER G, CEPAL,
Boletín, Estrategias y y
herramientas para la
eficiencia energética y la
sostenibilidad del y transporte de
carga por carretera, Edición N° 349
– Numero 05 / y 2016, 12 pp.
 12. BERNAOLA M, La emisión de
aerosoles de partículas y gases en
motores y diésel, Centro
nacional de Nuevas tecnologías
(INSHT), Seguridad y y
salud en el Trabajo, Edición N° 73,
España, 2013, 13 pp.
 13. REYES J. y VALCÀRCEL R,
Monitoreo de temperatura de gases
de y escape del motor de
combustión interna utilizando y
microcontrolador (PIC) y
asistido por PC, Perú, 2008, 102
pp.
 14. DRAGHI L. y FILGUEIRA R,
Motores Diésel: Ciclo ideal y
diagrama e indicado,
Argentina, 2015, 10 pp.
 15. ARTÈS D, Los límites de la
eficiencia térmica en motores
gasolina y a diésel, España,
2012, 17 pp.
 16. RAMÌREZ C.A. y REIBÀN J.M,
Análisis del balance energético e
implementación de un
banco didáctico con visualización
de datos y en tiempo real en un
motor Toyota 2B diésel para el
laboratorio de ingeniería
automotriz, Tesis Ing. Mec.
Automotriz, Cuenca, y
Universidad Politécnica
Salesiana, Carrera de Ingeniería
Mecánica y Automotriz, 2014,
pp. 28–60.
- VILLACIS L.F., Auditoría Exergética
en el área de estampación y en las y

calderas del área de tintorería de la
empresa textil Ecuador S.A, y Tesis
Ing. Mec. Sangolquí, Escuela
Politécnica del Ejército, y Facultad de
Ingeniería Mecánica, 2006, pp 154-166