Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Facultad de Ingeniería

2022

Evaluación del desempeño y emisiones de mezclas biodiésel, diésel, etanol y agua en motores diésel con base en la literatura

Andrés Camilo Calderon Benavides
Universidad de La Salle, Bogotá, andresccalderon70@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Part of the Environmental Engineering Commons, and the Other Civil and Environmental Engineering Commons

Citación recomendada

Calderon Benavides, A. C. (2022). Evaluación del desempeño y emisiones de mezclas biodiésel, diésel, etanol y agua en motores diésel con base en la literatura. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1972

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y EMISIONES DE MEZCLAS BIODIÉSEL, DIÉSEL, ETANOL Y AGUA EN MOTORES DIÉSEL CON BASE EN LA LITERATURA

ANDRES CAMILO CALDERON BENAVIDES

UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C.

2022

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y EMISIONES DE MEZCLAS BIODIÉSEL, DIÉSEL, ETANOL Y AGUA EN MOTORES DIÉSEL CON BASE EN LA LITERATURA

ANDRES CAMILO CALDERON BENAVIDES

DIRECTOR:

VICTOR MARULANDA CARDONA
DOCTOR EN INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C.

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado primero a mis padres por ser el camino de mis éxitos, por su confianza amor y respeto en mi proceso universitario como pioneros en el cumplimiento de metas y sueños. A mi familia en especial a mi abuelo por haber sido mi apoyo, mi guía y mi fortaleza a lo largo de toda mi carrera profesional, A todas las personas que me acompañaron en esta etapa, que aportaron a mi formación tanto profesional como personal.

Andrés Camilo Calderón Benavides

Agradecimientos

Agradezco a mi director Víctor Marulanda por orientarme durante todo mi desarrollo profesional, por su confianza y empeño en cada una de las etapas universitarias, principalmente en el desarrollo del presente trabajo de grado. Por brindarme las herramientas y los conocimientos necesarios para poder llevar acabo esta investigación, sobre todo por la oportunidad de poder trabajar con él. Así mismo agradecer por su dedicación compromiso y entendimiento permanente, el cual fue un aporte fundamental en mi vida para superar etapas nuevas y culminar esta investigación con éxito.

Adicionalmente a la biblioteca virtual de la Universidad de La Salle por facilitar las herramientas y materiales necesarios para el desarrollo del análisis realizado en la investigación.

Resumen

A través de los últimos años se han buscado diferentes alternativas de sustitución del combustible diésel tradicional, debido a las problemáticas generadas por el incremento de los valores de contaminación atmosférica, este trabajo evaluó el porcentaje y el desempeño energético de mezclas biodiésel, diésel, etanol y agua como una alternativa de solución, en donde se definió el rango adecuado de utilización de la mezcla, con un total de 34 artículos científicos publicados en SCIENCEDIRECT y otras fuentes de investigación. Por lo cual se identificaron características fundamentales, con el fin de obtener un consumo específico del freno (BSFC) y una eficiencia térmica optima (BTE), en conjunto de la utilización de rangos como: biodiésel (20 – 40 %), diésel (40 – 80 %), etanol (5 – 20%). Los cuales, según múltiples resultados logran equilibrar el sistema de combustión, generando menores emisiones de contaminantes atmosféricos, entre ellos: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y material particulado.

Este trabajo se desarrolló en 3 etapas: 1. revisión bibliográfica y selección de artículos a analizar, 2) análisis de porcentajes de mezcla, emisiones y desempeño energético y 3) comparación, análisis y conclusión de porcentajes. Gracias a este proceso se logró definir que la utilización de mezclas BDE genero ventajas y desventajas en el sistema de combustión, produciendo una mayor actividad de reacción en la zona rica del combustible, mejorando la calidad de inyección, punto de ebullición, densidad y viscosidad. Sin embargo, se resalta el uso de aditivos para mantener un sistema energético óptimo y evitar aumentos de emisiones NOx, generadas por el bajo número de cetano del etanol y reducción de la eficiencia térmica por enfriamiento y calor latente de evaporización.

Debido a esto, solo 10 de los artículos investigados lograron estar por debajo del valor máximo permisible para CO por la normatividad europea (euro 2020), pero los hidrocarburos y los dióxidos de nitrógeno mostraron resultados prometedores incluso menores que el diésel convencional. Se concluye que las mezclas DBE garantizan la disminución de emisiones problemáticas de NOx, CO y HC con resultados del 0.04, 150 y 10 ppm, como también reducciones en la formación de material particulado y hollín en un 21 y 39%, el biodiésel llevo a una reducción de masas en partículas debido a la combustión avanzada. Sin embargo, se determinaron emisiones de CO_2 con incrementos del 6 al 18%, esto debido a la disminución del CO, pero no debe ser considerada una consecuencia negativa, ya que el CO_2 se consume en diferentes procesos naturales.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción 8
Objetivos 9
Objetivo general 9
Objetivos específicos 9
Marco de referencia 10
Combustibles: 10
Propiedades de los combustibles: 10
Tipos de combustión 12
Sistema de combustión: 12
Marco Legal 14
Metodología 15
Etapa 1: 15
Revisión bibliográfica y selección de artículos a analizar 15
Etapa 2: 15
Análisis de porcentajes de mezcla, emisiones y desempeño energético. 15
Etapa 3: 17
Evaluación de la información reunida. 17
Resultados 19
Resumen analítico de artículos bibliográficos 20
Propiedades químicas de los combustibles mezclados 54
Emisiones de contaminante químico (CO) en motores CI y FI (Carga media) 58
Evaluación de misiones de CO (%) 59
Análisis gráfico de emisiones CO 60
Emisiones de contaminante químico (NOx) en motores CI y FI (Carga media) 61
Evaluación de emisiones de NOx (ppm) 62
Análisis gráfico de emisiones NOx 63
Emisiones de contaminante químico (HC) en motores CI y FI (Carga media) 64
Evaluación de emisiones de HC (ppm) 65
Análisis gráfico de emisiones de hidrocarburos 66
Discusión de resultados 67
Consumo de combustible específico del freno (Brake-Specific-Fuel-Consumption) 67
Eficiencia Térmica (Brake-Thermal-Efficiency) 69
Análisis comparativo de emisiones NOx 73
Análisis comparativo de emisiones CO 77

Análisis comparativo de emisiones CO_2 80
Análisis comparativo de material particulado (PM) 82
Conclusiónes 84
Referencias 86

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Resumen analitico de articulos bibliograficos 20
Tabla 2 Propiedades quimicas de los combustibles 55
Tabla 3 Emisiones evaluadas en motores diésel de CO 58
Tabla 4 Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de NOx 61
Tabla 5 Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de HC 64

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Variación de misiones de CO respecto al valor estándar del dièsel convencional 59
Ilustración 2 Variación de misiones de NOx respecto al valor estándar del diésel convencional 62
Ilustración 3 Variación de misiones de HC respecto al valor estándar del dièsel convencional 65

Introducción

El biodiésel es considerado un desarrollo novedoso, en Colombia y Europa se ha utilizado por más de veinte años y su uso se ha difundido actualmente por todo el mundo a una velocidad increíble **(Krishna et al., 2019).** Entre sus muchas ventajas se encuentra su impacto notorio en la reducción de emisiones producto de la combustión **(Yilmaz & Sanchez, 2012)**. Además, posee la posibilidad de ser utilizado en mezclas con gasolina y otros compuestos químicos como el etanol y el diésel. Como residuo se obtiene la glicerina la cual es representada como un subproducto muy valioso que de ser refinada a un grado farmacológico puede llegar a cubrir los costos operativos de una planta productora **(Shahir et al., 2014).** No obstante, a escala industrial el uso de etanol en el proceso de producción de biodiésel dificulta la separación de fases y purificación del producto final. En el proceso patentado por la Universidad De La Salle el uso de etanol acuoso en la producción de biodiésel conduce a un producto que no requiere pasos de purificación ni separación de fases **(Marulanda, 2019).** El uso de etanol en lugar de metanol en la producción de biodiésel representa ventajas adicionales como una mayor productividad, menor cantidad de emisiones y mejoras de rendimiento en motores diésel **(Rodríguez morales et al., 2008)** Esto explica el desempeño y la importancia de evaluar los porcentajes de mezclas de la composición de etanol, biodiésel, diésel y agua.

Este trabajo pretende evaluar y contribuir con los resultados bibliográficos de artículos relacionados con la utilización de la mezcla obtenida por el proyecto desarrollado en la Universidad de la Salle, el cual tiene como producto una mezcla que se compone directamente con agua y etanol. Adicionalmente no requiere purificación tampoco catalizadores, esta mezcla se puede utilizar directamente con biodiésel para evaluar sus propiedades, emisiones, y la variación en las condiciones de funcionamiento de los motores diésel. **(Marulanda, 2019),** analizando los porcentajes de mezcla adecuados y su comportamiento en el proceso de combustión. Se sabe que la utilización de biodiésel como combustible produce mayores emisiones de NOx y presenta problemas de fluidez a bajas temperaturas como también existe una escasa estabilidad oxidativa y su poder solvente obliga a sustituir mangueras en el motor **(Rodríguez et al., 2008).** Es por ello, que se requiere de un estudio previo que dirija y mencione los porcentajes más acertados de la mezcla para la perfecta ejecución del mismo.

Objetivos

Objetivo general

- Realizar una revisión bibliográfica de artículos publicados en la literatura que hagan referencia al desempeño y emisiones de mezclas biodiésel, diésel, etanol y agua en motores diésel.

Objetivos específicos

- Realiza un análisis de los porcentajes de mezcla usados en la literatura para definir el rango de mezcla adecuado para la investigación del proyecto en la segunda etapa.
- Realizar un análisis de las emisiones generadas durante la combustión de mezclas biodiésel, diésel, etanol y agua en motores diésel, en comparación a los resultados obtenidos de la utilización del diésel convencional.
- Evaluar el desempeño energético y la reducción de gases de efecto invernadero en función de la composición de mezcla diésel, biodiésel, etanol y agua, para identificar las ventajas que pueden obtenerse en comparación con el uso del diésel convencional.

Marco de referencia

Combustibles:

- ✓ Definición

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera **renovable** a partir de restos orgánicos, los cuales proceden habitualmentedel azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas. (Anzil, 2007).

- ✓ Características

Anzil (2007), señala que el biodiésel es un biocombustible que se fabrica a partir de cualquier grasa animal o aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. Se suele utilizar girasol, canola, soja, los cuáles, en algunos casos, son cultivados exclusivamente para producirlo.

- ✓ Clasificación de combustibles:

Los combustibles se clasifican teniendo en cuenta su estado de agregación en sólidos, líquidos y gaseosos. Un ejemplo de combustible sólido es el carbón o la madera. Un ejemplo de combustible líquido es el gasóleo, y de combustibles gaseosos, el propano y el gas natural. (Brizuela & Romano, 2003)

Propiedades de los combustibles:

Las propiedades más importantes que caracterizan a los combustibles son su composición, poder calorífico, viscosidad densidad, temperatura de combustión y contenido de azufre. Sin embargo, también ha propiedades que evalúan el comportamiento del sistema sus variaciones y efectos como el consumo energético del combustible, el consumo especifico de frenado, la eficiencia térmica y la presión ejercida del motor, esto en función del rendimiento del sistema (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ Composición:

La composición de un combustible es fundamental para poder determinar los parámetros estequiométricos característicos de la reacción de combustión. Además, establece si el mismo es apto o no para el uso que se requiere, La forma habitual de indicar la composición de un gas es como porcentaje en volumen de cada uno de sus componentes, en condiciones normales de temperatura y presión. Si se expresa este porcentaje relativo al 100% total, se obtiene la fracción molar. Mol de componente / mol de combustible. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ Poder calorífico:

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa de combustible. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ BSFC (Consumo específico del freno o brake specific fuel consumption)

Representa el consumo del motor con relación a la potencia producida. Usualmente se especifica en lb/hp-hr en sistema ASA o en gr/Kw-hr en sistema DIN. Sólo se refiere a la potencia salida por el volante, no si esta es bien aprovechada o no. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ BTI (Consumo de eficiencia tèrmica o brake thermal efficiency)

Eficiencia térmica es igual al trabajo obtenido a partir del calor/ calor recibido del reservorio a mayor temperatura, la eficiencia térmica mide que tan eficiente es el calor que se pueda convertir en trabajo. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ BMEP (Presión promedio media del motor

La definición de BMEP es: la presión promedio (media) que se aplica a los pistones de manera uniforme desde la parte superior hasta la parte inferior de cada carrera de potencia, produciría la potencia de salida (freno) medida. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ Mezclas BDE

Generalmente algunos combustibles son mezclados para aumentar algunas propiedades de su composición, en el caso de este documento la composición del combustible difiere de contenido como etanol, diésel y biodiésel, los cuales se denominan mezclas BDE.

- ✓ Tipos de diésel

Diésel A: Es el adecuado para vehículos, es más refinado y contiene aditivos para evitar la solidificación de la parafina a bajas temperaturas; además, le aportan propiedades para reducir el consumo y las emisiones contaminantes, proteger la bomba y, en general, el sistema de inyección.

Diésel B: Se usa para maquinaria agrícola, pesquera, embarcaciones y vehículos autorizados. Está menos filtrado y contiene más parafina que el diésel A, lo que puede generar problemas11 si se usa en coches y camiones.

Diésel C: Su uso es específicamente para calderas o equipos que generan calor debido a su alto contenido de parafinas. Está prohibido para coches o embarcaciones, tiene muchas más impurezas que el diésel A y B, además de ser más barato. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ Diferencias entre el diésel y la gasolina

El diésel es más pesado que la gasolina y se evapora más lentamente por su número de carbonos, pero tiene mucho más poder calorífico y un mejor proceso de combustión. El diésel es 30% más eficiente que la gasolina, comparando la misma cantidad. El diésel produce una mayor cantidad de dióxido de carbono (CO_2), que contribuye al efecto invernadero, mientras que la gasolina produce óxidos de nitrógeno, los cuales son causantes de la lluvia ácida y smog. (Brizuela & Romano, 2003)

Tipos de combustión

- ✓ Combustión incompleta**.**

Sucede lo contrario que en la combustión completa. O sea, como el combustible no se oxida completamente, se forman sustancias que todavía pueden seguir oxidándose; por ejemplo, CO. Estas sustancias se denominan inquemados. La presencia de inquemados indica que la combustión se está realizando en forma incompleta. Otros inquemados pueden ser H2, CnHm, H2S y C. Estas sustancias son los contaminantes más comunes que escapan a la atmósfera en los gases de combustión. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ Combustión con exceso de aire:

Es la combustión que se lleva a cabo con una cantidad de aire superior a la estequiométrica. Esta combustión tiende a no producir inquemados. Es típica la presencia de O2 en los humos. Si bien la incorporación de aire permite evitar la combustión incompleta y la formación de inquemados, trae aparejada la pérdida de calor en los productos de combustión, reduciendo la temperatura de combustión, la eficiencia y la longitud de llama. (Brizuela & Romano, 2003)

Sistema de combustión:

- ✓ **Motor diesel**

Es un motor de combustión interna encendido por compresión. El combustible se enciende inyectándolo en una cámara que contiene aire a alta presión y temperatura. Este proceso se conoce como encendido por compresión y es típico del ciclo Diésel. En cambio, los motores de gasolina utilizan las bujías como medio para introducir una chispa al final de la fase de compresión con la finalidad de iniciar la combustión. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ **Motores de combustión interna**

El motor de combustión interna es un tipo de motor que obtiene la energía mecánica a partir de la energía química con la que cuentan los combustibles. El proceso de combustión en este tipo de motores se produce en el interior del propio cilindro.

La gran mayoría de motores de combustión interna cuentan con cuatro etapas o tiempos, durante su funcionamiento, la admisión: Las válvulas de admisión introducen la mezcla de combustible gracias al vació generado por los pistones, durante su recorrido mientras bajan, la compresión: Las válvulas se cierran y el pistón vuelve a subir, comprimiendo la mezcla de aire y de combustible, la explosión: Etapa que se produce gracias a la chispa de la bujía, en motores gasolina, o por auto-detonación, en los diésel, provocando la detonación., el escape: Última etapa en la que las válvulas de escape se abren y se expulsan los gases producidos tras la detonación. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ **Motores de inyección directa**

En primer lugar, tenemos la inyección indirecta, que tenían los vehículos diésel antiguos y que todavía conservan algunos modelos de gasolina. Con ella, el combustible se suministra fuera de la cámara de combustión. En los vehículos de gasolina, está situada en el colector de admisión, para que se mezcle bien con el aire en movimiento y luego llegue al interior del cilindro. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ **Proceso de transesterificación**

Es una reacción de equilibrio, normalmente iniciada ya por la mezcla de reactivos. Sin embargo, la reacción es tan lenta que se requiere un catalizador por razones de economía. Estos catalizadores suelen ser ácidos o bases fuertes. (Brizuela & Romano, 2003)

- ✓ **Catalizadores:**

La reacción de transesterificación precisa de catalizadores, y estos pueden ser de varios tipos: Desde ácidos homogéneos (caso del ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico o el ácido fosfórico), Hasta ácidos heterogéneos (zeolitas, resinas sulfónicas, etc.) Básicos homogéneos (hidróxido sódico o potásico) Básicos heterogéneos (óxidos de calcio o magnesio, entre otros) Incluso enzimáticos del tipo lipasas. (Brizuela & Romano, 2003)

Marco Legal

- ✓ **RESOLUCIÓN 910 DE 2008.**

Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.

- ✓ **RESOLUCIÓN 1111 DE 2013.**

Por la cual se modifica la resolución 910 de 2008.

- ✓ **Directiva Euro 2020**

Requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea.

Metodología

Etapa 1:

Revisión bibliográfica y selección de artículos a analizar

- ✓ **Búsqueda General.**

  Búsqueda general de artículos científicos en base de datos como Sciencedirect, EBSCO, IOPscience, SCIENCEGOV, IEEE Xplore, entre otros. Estas bases de datos de acceso libre están disponibles en la web y en la biblioteca de la universidad de la Salle. Para la realización de la búsqueda de los artículos se definirán como palabras claves y criterios de relación directa: Diesel, Biodiésel, engine Test, Diesel wáter and mixtures, NOx reduction.

- ✓ **Selección de artículos.**

  Selección de artículos por medio del análisis del resumen y las Conclusiones: se realizará una filtración y análisis de los resultados obtenidos en cada artículo, identificando características claves del proceso como reacciones, productos, perdidas, características del sistema, entre otros.

Etapa 2:

Análisis de porcentajes de mezcla, emisiones y desempeño energético.

- ✓ **Análisis y evaluación de información relacionada.**

De los artículos identificados, se realizará un análisis de la información relacionada con los porcentajes de mezcla y los mejores resultados obtenidos en cuanto a reducción de emisiones y desempeño energético, reportados por los autores. Esta información se presentará por medio de una tabla resumen, se identificarán los artículos más importantes a trabajar, se podrán clasificar y separar según la temática específica, y la centralización del contenido según los objetivos específicos. Se evaluarán las conclusiones y las comparaciones a simple vista, por lo cual se sugiere la siguiente estructura:

Tabla 1 Tabla "Ejemplo reporte analítico de la información ·

TABLA RESUMEN ARTICULOS BIBLIOGRAFICOS										
Nombre del articulo	Autor	Mezcla evaluada			Banco de prueba	Clasificación Temática especifica			Variables medidas /Evaluadas	
						Objetivos			Variables energéticas	Variables ambientales
		B	D	E		01	02	03		
ARTIULO 1										
Performance and emission assessment of optimally blended	Sachin Muralee Krishnaa	17	78	5	Generador de motor diésel de 15 kW y cuatro	X	X	X	Potencia del motor, Rendimiento del combustible y poder calorífico BSFC	Emisiones Nox , hidrocarburos , CO, Material Particulado.
Resultados										
El modelo obtuvo con éxito la proporción óptima para mezcla de BDE como 78% de diésel, 15% de biodiésel y 5% de etanol con un máximo poder calorífico neto de 37,01 MJ (4,3% menor que el diésel).										
Conclusiones										
Todas las mezclas de BDE incluyendo BDE9 (con 51% de biocombustible) fueron completamente estables, la mezcla exhibió la mayor estabilidad a la oxidación entre las mezclas (17 h).										
Bibliografía										
(1)										

- ✓ **Descripción del cuadro ¨Reporte analítico de información¨**

A continuación, se describirá el contenido informativo de cada recuadro mencionado en la tabla anterior

- **Nombre del artículo:** Se presentará el nombre del artículo, como también la representación editorial y detalles de la publicación.
- **Autores:** Nombre del autor o autores
- **Mezcla Evaluada:** En este recuadro se describirá la composición de la mezcla, explicando la procedencia del combustible y sus compuestos. (Biodiésel de soya, grasa animal, girasol, aceite de cocina, emulsionante, solvente, diésel, agua, etanol, etc.)
- **Banco de prueba:** En este recuadro se identificarán y se describirá el mecanismo de combustión usado en el estudio, el cual identificará los parámetros técnicos a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto en su segunda etapa (Motor diésel conectado a dinamómetro, banco resistivo, banco de bombillo, etc.)

- **Clasificación:** En este recuadro se clasificarán los artículos según su enfoque bibliográfico, en donde se resaltará la diferencia de resultados, se explicará el aporte de cada artículo en relación con los objetivos específicos dirigido a: análisis de emisiones, desempeño energético y rangos de porcentajes de mezcla.
- **Variables energéticas:** En este cuadro se identificarán y se describirán las variables energéticas como la energía consumida, el desempeño energético, relación costo energético y producción, entre otros.
- **Variables ambientales:** En este recuadro se identificarán las variables Ambientales evaluadas, como también los contaminantes presentes en el proceso de combustión y los precursores que interfieran o produzcan reacciones en la atmósfera que sean mencionadas por el artículo (emisiones, BSFC, NOx, hidrocarburos, material particulado, etc.).
- **Resultados:** Se describirán los resultados y las conclusiones más importantes que fueros encontrados en el artículo de revisión, ya que son parámetros clave para la siguiente etapa (evaluación de la información reunida).
- **Conclusiones:** Se describirán todas las conclusiones relevantes a tener en cuenta, como también las relaciones encontradas entre parámetros.
- **Referencias:** Para facilitar la búsqueda de los artículos seleccionados se citará en formato APA cada una de las referencias encontradas y utilizadas para su respectivo análisis.

Etapa 3:

Evaluación de la información reunida.

Para este apartado se establecerá una relación entre los resultados obtenidos por la revisión bibliográfica, y la clasificación de la tabla (1) en donde se permitirá señalar congruencias y contradicciones de la literatura, se explicará conceptualizaciones. Se evaluarán los rangos de mezcla usados y reportados por los autores para definir conclusiones, ventajas y desventajas obtenidas.

- ✓ **Ventajas y desventajas.**

Se realizará un cuadro comparativo entre las ventajas y desventajas encontradas en los artículos según la literatura, en función de la mezcla y el uso de biodiésel convencional en motores diésel, esto con el fin de identificar y ver características significativas durante el proceso, como reducción de emisiones, aumento de la carga energética, entre otras.

- ✓ **Comparación, Análisis y conclusión de porcentajes**

Se comparan los resultados obtenidos en cada artículo, se desarrollará un análisis de los datos y se concluye con respecto a los porcentajes de mezcla que muestren mayores reducciones de emisiones y gases de efecto invernadero, el menor deterioro en el desempeño energético entre la mezcla y el biodiésel convencional, con esto se obtendrá el porcentaje óptimo de biodiésel a utilizar en la segunda etapa del proyecto.

- ✓ **Recopilación y construcción del artículo de revisión**

Al finalizar la comparación, análisis y conclusión de porcentajes se conformará un documento que represente el estudio, los hallazgos, características, resultados y Conclusiones identificadas por cada etapa de la revisión bibliografía para dar paso a la continuidad del proyecto de la universidad de la Salle denominado: "***Producción de biodiésel a partir de aceite de palma y etanol acuoso por medio de transesterificación supercrítica: prueba de concepto y evaluación de desempeño y emisiones en un motor diésel***

Resultados

A continuación, se presenta el cuadro resumen, el cual contempla el estudio de 34 artículos de los cuales 9 evaluaron las condiciones energéticas del motor como la potencia del freno (BSFC), la eficiencia térmica interna del sistema (BTE), temperatura, densidad y composición energéticas de mezclas biodiésel, diésel, etanol acuoso (BDE), biodiésel, diésel (BD) y biodiésel etanol (BE). Por otro lado, hay 25 investigaciones científicas respecto al análisis, evaluación y estudio de emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), hidrocarburos (HC) y material particulado (PM). Este cuadro recopila toda la información de cada uno de los artículos y resume el contenido dependiendo de la temática específica a analizar según los objetivos 1 2 y 3. Adicionalmente, se diferencian las variables ambientales y las variables energéticas, mostrando los resultados y las conclusiones por cada rango de mezcla evaluada.

Cabe resaltar que el origen del biocombustible utilizado no involucra cambios significativos en los resultados obtenidos por cada autor, ya que cada combustible y la composición de cada mezcla contemplan su respectivo número de cetano, porcentaje de oxígeno, viscosidad, densidad, punto de inflamación y calor evaluado.

En caso de querer hacer una profundización más a fondo de los resultados presentados, los artículos se pueden encontrar a detalle en la bibliografía

Resumen analítico de artículos bibliográficos

Tabla 2 Resumen analítico de artículos bibliográficos

RESUMEN ANALITICO DE ARTÍCULOS BIBLIOGRAFICOS										
Nombre del articulo	Autor	Mezcla evaluada		Banco de prueba		Clasificación Temática especifica Objetivos			Variables medidas /Evaluadas	
		B	D	E		01	02	03	Variables energéticas	Variables ambientales
ARTICULO 1										
Performance and emission assessment of optimally blended: Biodiesel-Diesel-ethanol in Diesel engine generator	Sachin, Muralee ,Krishnaa	17	78	5	Motor diésel de 15 KW, cuatro tiempos y cuatro cilindros.	X	X	X	Potencia del motor, Rendimiento del combustible y poder calorífico BSFC	Emisiones NOx, hidrocarburos, CO, PM.
Resultados										
Se midieron resultados óptimos para mezclas BDE, con contenidos como 78% de diésel, 15% de biodiésel y 5% de etanol, con un máximo poder calorífico de 37,01 MJ (4,3% menor que el diésel). La eficiencia térmica de BDE fue similar al diese con un (27%), y las mezclas lograron una eficiencia térmica del 26%, representando una pequeña diferencia. Por otro lado, la emisión mínima de CO dio un valor de 0,20 g / kW h ,30% más bajas que el diésel, la tasa de emisión depende de la relación aire / combustible y la velocidad del motor (rpm). Ya que la velocidad del motor se mantuvo constante a lo largo de este estudio, el principal factor decisivo para la emisión de CO fue el contenido de biocombustible. El contenido de oxígeno en las mezclas aumenta con la adición del biocombustible que, a cambio, ayuda a aumentar la relación oxígeno-combustible, en las regiones ricas en combustible que conducen a una combustión completa.										
Conclusiones										
➢ Las mezclas BDE son inevitables para lograr especificaciones y desempeño similares al diésel, todas las mezclas (con 51% de biocombustible) fueron completamente estables en la temperatura. Las mezclas BDE produjeron la mayor estabilidad de oxidación en comparación. ➢ Se encontraron mezclas de BDE con menor emisión de CO y niveles de emisión de CO_2 más altos que el diésel. ➢ La menor emisión de CO fue con BDE (0,20 g / kW h).										

Bibliografía										
(1)										
ARTÍCULO 2										
Comparative analysis of Biodiesel Ethanol Diesel and Biodiesel Methanol Diesel blends in a Diesel engine	Nadir Yilmaz* (Department of Mechanical Engineering)	45 40	45 40	10 20	Motor de encendido por compresión en las mismas condiciones de funcionamiento	x	x			Emisiones de PM, NO x, HC y CO

Resultados

Las mezclas de metanol son más efectivas que las mezclas de etanol para reducir el CO y emisiones de HC, mientras que la reducción de NO se logra mediante mezclas de etanol. Las emisiones de CO aumentan al incrementar el etanol y el metanol. Esto quizás se deba a un menor número de cetano de combustibles alcohólicos, que aumentan el retardo de ignición, provocando una combustión incompleta. Otra observación indica que las mezclas de BDE dan como resultado mayores emisiones de CO. También se obtuvo que los combustibles mezclados con etanol muestran un aumento significativo en las emisiones de HC. Esta cifra también indica que el aumento de la concentración de etanol en la mezcla de BDE aumenta las emisiones de HC. Sin embargo, se sabe que las emisiones de HC son producto de una combustión incompleta. Los resultados muestran que la concentración de etanol debería ser mucho menor del 10% para tener el efecto positivo de un mayor nivel de oxígeno en lugar del efecto de enfriamiento del etanol.

Conclusiones

- El aumento de la concentración de alcohol reduce las emisiones de NOx, al tiempo que aumentan las emisiones de CO y HC.
- Las mezclas de etanol serían las adecuadas para reducir las emisiones de NOx para las concentraciones investigadas en este trabajo.
- En general, las emisiones dependen en gran medida del motor condiciones de funcionamiento y proporciones de mezcla de alcohol, que podría haber efectos positivos y negativos

Bibliografía										
(2)										
ARTÍCULO 3										
Emission reduction potential of using Ethanol Biodiesel Diesel fuel blend on a heavy-duty Diesel engine	M. Mofijur, M.G. Rasul.	48	48	5	Motor diésel de servicio pesado de CI	x	x			Emisiones de PM, NOx, HC y CO

Resultados
Los resultados de la operación del motor con BDE mostraron una reducción significativa en las emisiones de PM y un aumento del 2% al 14% en las emisiones de NOx. Las emisiones con mezclas BDE aumentaron un 11,4% en las pruebas de velocidad constante / carga variable y aumento aproximadamente 5,6% en las pruebas de carga constante / velocidad variable en comparación con el del combustible diésel. En las pruebas de carga completa, las emisiones de CO disminuyeron en altas velocidades y aumentado a bajas velocidades. A pesar de que se informó que las mezclas de biocombustible y diésel lograrían reducir las emisiones de CO
Conclusiones
➢ La aplicación de BDE redujo las emisiones de PM en un 30% en promedio. Sin embargo, dio lugar a un ligero aumento de emisiones NOx en un rango de 5,6% a 11,4% en las pruebas condiciones. ➢ El impacto del BDE en las emisiones de CO varía con las condiciones de operación del motor, aun así, no fue concluyente. ➢ Una reducción general de HC fue obtenido en las condiciones de funcionamiento. ➢ Los resultados sobre formaldehído, acetaldehído, propionaldehído y acetona sugieren que el uso de BDE conduce a un ligero aumento de acetona y total aldehído. ➢ En resumen, el biodiésel, diésel mezclado con etanol se puede utilizar directamente en un motor diésel para menores emisiones de PM y HC
Bibliografía
(3)

ARTÍCULO 4										
Investigation of CI engine emissions in Biodiesel, Ethanol, Diesel blends as a function of ethanol concentration	Nadir Yilmaza, Francisco M.Vigila, A.Burl Donald, sonb Tariq, Darab, sehc	42	43	15	Motor de encendido por compresión	x	x			Emisiones NOx ,CO y HC
		37	38	25						

Resultados
Para todos los combustibles, las emisiones de CO disminuyen a medida que la carga aumenta, debido a que hay mayor combustión y la temperatura de los gases es ideal para que se produzca combustión completa. En comparación con el diésel de referencia, los combustibles mezclados con etanol generan mayores emisiones de CO. Porque el etanol tiene un índice de cetano más bajo y un calor de vaporización más alto, los combustibles mezclados con etanol también aumentan concentraciones de HC. Por otro lado, las emisiones de NOx aumentan en todos los casos a medida que aumenta la carga debido a temperatura de combustión más alta. En el caso de las mezclas de biodiésel-, diésel,

etanol, la adición de etanol reduce las emisiones de NO en comparación con el combustible diésel, lo que podría deberse al efecto d enfriamiento del etanol que conduce a una menor combustión del cilindro.

Conclusiones

- Mientras se mezcla el etanol con los demás combustibles se redujeron las emisiones de NO para todas las concentraciones y se da la presencia de HC sin quemar.
- Las emisiones dependían no sólo de las concentraciones de etanol, sino también de condiciones de operación.
- En general, las altas concentraciones de etanol aumentaron las emisiones de HC y viceversa, pero a más del 50% de carga, el etanol disminuyo las emisiones de HC para todas las concentraciones.

Bibliografía

(4)

ARTÍCULO 5

Ethanol, Biodiesel, Diesel fuel blends: Performances and emissions in conventional Diesel and advanced Low Temperature Combustions	Ludivina Pidal, Bertrand Reciente, Laurie Stock, Nicolas Juan	40	40	20	Motor diésel multicilíndrico y Motor mono cilíndrico LTC	X	X	X	BSFC Y TFC	Emisiones de PM, NOx y Co

Resultados

Para las tres mezclas a base de etanol, el nivel de humo disminuye en comparación con el combustible de referencia, y es cerca de cero, esta mejora de las emisiones de humo se explica fácilmente por la presencia de oxígeno procedente del biodiésel. Parece que la combustión es muy lenta para los combustibles, lo que lleva a su combustión incompleta con altos niveles de emisión de HC y CO. Este comportamiento de las mezclas de etanol -diésel ya se ha observado los combustibles oxigenados permiten mantener bajos niveles de humo (<0,2 FSN), mientras que disminuyen las emisiones de NOx. Además, el aumento de la tasa de oxígeno conduce a una ligera disminución del nivel de ruido y de las emisiones de HC y CO. Por otro lado, la principal ventaja de los combustibles mezclados con etanol es su bajo nivel de humo alcanzable incluso con alta tasa, lo que permite una importante disminución de la emisión de NOx.

Conclusiones

- ✓ La presión efectiva media indicada un aumento cuando el porcentaje de etanol en la mezcla aumenta hasta un 5%.
- ✓ La temperatura de los gases de escape disminuye y la temperatura del aceite lubricante aumenta correspondiente a la adición del porcentaje de etanol en la mezcla
- ✓ Las emisiones de CO, HC y humo en los gases de escape son reducidas debido al aumento del porcentaje de etanol en la mezcla.

Bibliografía										
(5)										
ARTÍCULO 6										
Comparison of the effect of Biodiesel-Diesel and ethanol-Diesel on the gaseous emission of a direct-injection Diesel engine	Yage D i ,C.S.Cheung, Zuohua Huang	1, 5	74, 3	24	Motor Diésel de inyección directa de 4 cilindros (El motor tiene una capacidad de 4334 cc y velocidad del motor de 1800 Rev. min)	X	X	X	BSFC Y TFC	Emisiones de PM, NOx y Co

Resultados

Para los combustibles BDE, las emisiones de HC y CO específicas disminuyen mientras que las emisiones de NOx y NO2 aumentan, para los combustibles con diésel y etanol, las emisiones de HC y CO específicas de los frenos aumentan significativamente con una carga baja del motor, A pesar de tener el mismo contenido de oxígeno en los combustibles mezclados, existen diferencias significativas en las emisiones gaseosas entre las mezclas de biodiésel, diésel y las mezclas de etanol, diésel. cuando el retardo de encendido es demasiado largo, se producirá un deterioro de la combustión a medida que se queme más combustible por el número de cetano

El HC y las emisiones de CO aumentan con la adición de etanol excepto a 0,67 MPa, siendo el aumento más obvio a menor carga del motor, Sin embargo, a 0.67 MPa, La temperatura puede mejorar la vaporización del combustible mezclado con aire, lo que conduce a una mejor combustión. En general Las emisiones de NO para las mezclas de disminuyen a baja y media cargas del motor, pero aumentan con cargas elevadas del motor

Conclusiones

- Tanto para los combustibles DB como para los DE, hay un aumento de NO2 emisiones, en comparación con diésel, con las mezclas DE emitiendo más NO2 que las mezclas DB.
- Para las mezclas DE, el freno específico HC y CO las emisiones aumentan especialmente con las cargas bajas del motor, mientras que Las emisiones de NOx / NO específicas del freno disminuyen con cargas bajas

Bibliografía

(6)

ARTÍCULO 7										
Recent Developments on Internal combustion Engine Performance and Emissions Fuelled With Biodiesel – Diesel - Ethanol Blends	M. Mofijur*	5	80	15	Motor diésel de inyección directa	x	x	x	Eficiencia energética	Emisiones de HC NOx CO Y CO_2
Resultados										
Los resultados experimentales indican que las emisiones dependen en gran medida de las condiciones de funcionamiento del motor y del biocombustible y concentración en la mezcla, los combustibles mezclados con etanol aumentaron las emisiones de CO en comparación con las del combustible diésel para todos. Los resultados mostraron que agregar etanol a la mezcla de BDE redujo la concentración del número de partículas y emisión de masa de partículas. Debido a esto los combustibles mezclados dan mayores emisiones de formaldehído y acetaldehído.										
Conclusiones										
➢ Las emisiones dependen en gran medida de las condiciones de funcionamiento del motor y de la concentración de biocombustible en la mezcla. ➢ Las mezclas combinadas de biodiésel, diésel, alcohol reducen significativamente los NOx y HC. ➢ Los picos de emisiones de humo se redujeron en gran medida con el aumento del porcentaje de etanol en combustibles mezclados. ➢ La adición de etanol a la mezcla de biodiésel, diésel redujo la concentración del número de partículas y emisión de masa de partículas. ➢ El uso de etanol en la mezcla de biodiésel, diésel mostró un mayor consumo de combustible que el del combustible diésel.										
Bibliografía										
(7)										
ARTÍCULO 8										
The effect of ethanol–Diesel–Biodiesel blends on combustion, performance and emissions of a direct injection Diesel engine	Gvidonas Labeckas ⇑ , Stasys Slavinskas, Marius Mazˇeika	5	80	15	Diésel DI de 60 kW de aspiración natural de cuatro tiempos y cuatro cilindros	x	x	x	Potencia del motor, Rendimiento del combustible y poder calorífico	Emisiones de PM, NOx y Co

Resultados
Los resultados de la prueba mostraron que el motor que funcionaba con una mezcla compuesta BDE15 desarrolló un freno similar y eficiencia térmica como un diésel puro que funciona con una mezcla de aire-combustible ligeramente más rica a 2200 rpm velocidad. La mezcla terciaria BDE15 mostró una reducción significativa de las emisiones de NOx y HC en un 6,3%, 11,9%, 9,5% y 24,6%, 14,6%, 15,1% en comparación con el combustible diésel normal a velocidades de 1400, 1800, 2200 rpm. También encontraron que la opacidad del humo era un 26,1% más baja a 1400 rpm y un 8,4% más alta a 1800 rpm. Nuevamente un 15,6% más bajo a velocidades de 2200 rpm. El NOx más bajo reveló el papel exclusivo del oxígeno unido al combustible, HC emisiones junto con cambios positivos en las emisiones de CO y opacidades de los gases de escape
Conclusiones
✓ La adición de etanol al combustible diésel sugiere ventajas ecológicas y aumenta la concentración de biocombustible renovable en la mezcla que es uno de los objetivos recomendados por la Directiva de la UE 2009/28 / CE. ✓ Alimentado con la mezcla E15B, el motor diésel desarrolla una eficiencia térmica de frenado de 0,362, es decir, la misma que la de un diésel puro con mezcla de aire-combustible ligeramente más rica k = 1,5 a una velocidad nominal de 2200 rpm
Bibliografía
(8)

ARTÍCULO 9										
Effects of ethanol–Diesel–Biodiesel blends on combustiónand emissions in premixed low temperature combustion	QiangFangJunhua FangJian Zhuang Zhen Huang	10 10	80 70	10 20	Motor Diésel en condiciones de 4 cilindros a baja temperatura de combustión.	x		x	Potencia del motor, Rendimiento del combustible y poder calorífico	Emisiones de PM, NOx y Co

Resultados
El combustible mezclado con etanol, diésel y biodiésel produce menores emisiones de NOx y mayores emisiones de HC y CO debido a un mayor calor latente de vaporización que provoca una temperatura de combustión más baja. Los picos de emisiones de humo se redujeron en gran medida con el aumento del porcentaje de etanol en los combustibles mezclados. El etanol, diésel, biodiésel es una alternativa adecuada para reducir las emisiones de NOx y humo en premezclas más bajas a condición de temperatura. En comparación con el combustible diésel, las mezclas tienen menores emisiones de NOx debido a una menor temperatura de combustión, como resultado del mayor calor latente de vaporización. Desafortunadamente, la temperatura de combustión más baja también conduce a las emisiones más altas de HC y CO, En comparación con el combustible diésel, el etanol al 20% en volumen en mezclas de diésel y biodiésel (BDE20) tiene menos emisiones de NOx y humo y una mayor eficiencia térmica de los frenos -

Conclusiones
✓ Para el combustible BDE, el calor máximo, aumento la tasa de liberación con el aumento de la fracción de etanol en combustibles mezclados y el retardo de encendido se prolonga obviamente. y una mayor eficiencia térmica de los frenos ✓ Para el combustible DBE20 las emisiones de NOx son menores debido a un mayor calor latente de vaporización, que conduce a la menor temperatura de combustión y reducción de las emisiones de NOx. ✓ Para el combustible biodiésel etanol diésel, la opacidad del humo disminuye obviamente, en comparación con el combustible diésel y biodiésel. Los picos de emisiones de humo se reducen considerablemente con el aumento de la fracción de etanol en combustibles mezclados. ✓ BDE20 tiene menores emisiones y una mayor eficiencia térmica de los frenos en LTC con sincronización de inyección avanzada, en comparación con los del combustible diésel. Por lo tanto, el bajo índice de cetano y la creciente volatilidad del etanol son favorables por su alto contenido de oxigeno
Bibliografía
(9)

ARTÌCULO 10										
Particles emitted during the stops of an urban bus fuelled with ethanol–Biodiesel–Diesel blends	Octavio Armas,Arantzazu Gómez, Carmen Mata, Ángel Ramos.	30	60	10	Autobús urbano Renault EURO II, turbocompresor de 6 cilindro,	x	x			Emisiones de Material Particulado.

Resultados
Se reportó la reducción tanto del número como del tamaño de las partículas en modo de acumulación con el uso de mezclas de combustible oxigenado, con menos proporción de hidrocarburos aromáticos y azufre en su composición. Las mezclas oxigenadas reducen considerablemente las concentraciones en el modo de acumulación (hasta un 50% con ED y un 68% con EBD en el último segundo) aunque a costa de un aumento en la concentración del modo de núcleos (hasta 65% con ED y 50% con EBD en el octavo segundo). Las concentraciones del modo de acumulación fueron menores con los combustibles oxigenados con respecto al diésel debido a la presencia de oxígeno en el compuesto y su fracción aromática más baja. La mayor reducción (alrededor del 89%) fue logrado con la mezcla EBD debido a su mayor contenido de oxígeno. Por el contrario, las concentraciones de partículas en modo núcleo derivadas de las mezclas de combustible oxigenado fueron de nuevo más altos que los producidos por combustible diésel.
Conclusiones

- La concentración de partículas del modo de acumulación es reducida cuando ED y EBD se utilizan como combustible, aunque las reducciones son mayores con EBD por su mayor contenido de oxígeno.
- La concentración de núcleos aumenta con los combustibles oxigenados, y el aumento es mayor con ED que con EBD.
- Los diámetros medios del modo de acumulación disminuyen con el uso de combustibles oxigenados, y la diferencia es mayor con EBD.

Bibliografía

(10)

ARTÍCULO 11

Combustion, performance and emission characteristics of a DI Diesel engine fueled with ethanol–Biodiesel blends	Yanuandri Putrasaria , Arifin Nura , Aam Muharama,*		97,5	2,5	motor Diésel de inyección directa de dos cilindros	x	x			Emisiones de Co Y hC
			95	5						
			92,5	7,5						
		80	10	10						

Resultados

El consumo específico del freno es mayor con cargas menores, pero disminuye con cargas medias y alta. La secuencia es D100, D85B10E5, D80B10E10 y D70B25E5, siendo la misma en todas las cargas del motor, manteniendo la secuencia creciente de contenido de biocombustibles. El aumento es mayor con cargas pequeñas (32,4% en el caso de D70B25E5); a cargas medias y altas los valores determinados. A altas cargas la emisión de CO aumenta, siendo aproximadamente un 50% menor en el caso de mezclas de combustibles estudiadas. Este hecho se explica por el alto contenido de oxígeno de biodiésel y el etanol, que también mantienen el proceso de oxidación durante el proceso de escape.

El aumento de los niveles de emisión de CO_2 puede deberse a la Disminución de CO, que continúa el proceso de oxidación debido al alto nivel de oxígeno de los combustibles estudiados, asegurando una más completa combustión. Se puede observar que en el caso de mezclas de etanol al 5%, las emisiones de HC disminuyen significativamente en comparación con el combustible diésel en los dominios de las tres cargas del motor. Las mezclas de etanol de mayor nivel generan mayores emisiones de HC, y aquellas con mayor nivel de biodiésel generan menos HC. Este hecho sugiere que la presencia de etanol en la mezcla de combustible es la razón del aumento de las emisiones de HC, y la presencia de biodiésel conduce a su reducción.

Conclusiones

- Las emisiones de CO disminuyen significativamente debido a un importante aumento de las emisiones de CO_2, como resultado de un proceso de oxidación prolongado incluso en la fase de escape, lo que es posible debido a que las mezclas de combustibles analizadas tienen hasta un 4,55% de oxígeno
- Las emisiones de NOx aumentan especialmente en cargas medias y altas, hecho que se explica por más combustión y por aumento de la temperatura de combustión, debido a la presencia de oxígeno en el combustible
- En general se puede concluir que las mezclas de combustibles estudiadas presentan menores niveles de contaminación, especialmente a cargas medias y pequeñas de motor, siendo las excepciones CO_2 y NOx, casos en los que los valores registrados son superiores a los registrados para el combustible diésel.
- La presencia de los componentes orgánicos oxigenados en el combustible tiene un efecto pequeño con cargas bajas del motor, pero con cargas medias y altas estas emisiones disminuyen significativamente

Bibliografía

(11)

ARTÌCULO 12

Performance and emission characteristics of an CI engine fueled with Diesel–Biodiesel–etanol blends	István Barabás,AdrianTodoruţ, Doru Băldean	10	85	5	Motor Diésel de inyección directa de dos cilindros	x	x	x		Emisiones de CO, NOx Y HC
		20	70	10						
		10	80	10						

Resultados

Los resultados experimentales mostraron que el rendimiento del motor CI se mejoró con el uso del BE20 especialmente en comparación con el B20. Además, las emisiones de escape para BE20 fueron bastante reducidas. El motor se cargó, en la posición del acelerador completamente abierto, hasta cinco velocidades en el rango de 1000 a 3000 rpm con 500 rpm. Para cada punto evaluado, coincidente con el par del motor que consume combustible diésel. Las posibles razones del aumento de par de BE20 fueron los efectos dobles de una combustión más completa gracias al enriquecimiento de oxígeno y una lubricidad más eficiente del biodiésel contenido en BE10 que probablemente conduce a menores pérdidas de potencia mecánica.

La temperatura de los gases de escape con BE10 fue más alta en comparación con las de los combustibles diésel y B10. BE10 muestra mayor distribución de temperatura en cada velocidad de prueba del motor que los demás combustibles (B10 y gasóleo). La principal razón de La gran diferencia entre BE10 y el combustible diésel puede ser la mejor combustión de BE10 gracias al etanol añadido al biodiésel El CO emitido por

B10 y Mezclas de biodiésel BE10, es menor que las de las correspondientes cajas de combustible diésel. Esto se puede explicar por el enriquecimiento de oxígeno. debido a la adición de etanol y biodiésel,										
Conclusiones										
➢ Como alternativa, se pueden utilizar mezclas de biodiésel y etanol para combustibles en motores diésel convencionales sin cambios importantes. ➢ El par de motor obtenido para BE20 fue superior a ambos los obtenidos para los combustibles diésel y B10 ➢ Las emisiones de NOx se incrementaron levemente con el uso de mezcla de BE y combustible diésel estándar con respecto a las de la mezcla de BD, Pero en cuanto a las emisiones de CO_2, que tienen un efecto vital en el mundo calentamiento, se obtuvo una drástica disminución para el combustible B10 ➢ En comparación con los de los combustibles diésel y BE10. Para B10 la disminución promedio de CO_2 fue de aproximadamente 67% y 67,5% en comparación con los combustibles diésel ➢ Las emisiones de CO y SO2 se redujeron con el uso de ambas mezclas de BDE con respecto a los del combustible diésel puro. ➢ El consumo medio de combustible específico del freno para el combustible BE20 fue más baja que la de B20 y era casi la misma que la del combustible diésel estándar										
Bibliografía										
(12)										
ARTÍCULO 13										
Effect of etanol blending with Biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine	Hüseyin Aydin a,*, Cumali _ Ilkılıç b	20	70	10	En un solo cilindro, cuatro Trazos de motor diésel de inyección directa	x		x		Emisiones de CO, CO_2, NOx y SO2
Resultados										

Los resultados experimentales indicaron que la mezcla de combustible que contenía 4% en volumen de etanol que contenía agua, 1% en volumen de butanol y 5% a 30% de biodiésel produjo mezclas estables después de 30 días. La mezcla de combustible BD1041, compuesta por un 10% en volumen de biodiésel, un 4% en volumen de etanol que contiene agua y un 1% en volumen de butanol, demostró un aumento del 0,45 al 1,6% en el combustible específico para frenos. El mejor rendimiento del motor de BD1041 fue el resultado de una combustión completa y una temperatura de reacción más baja basada en el agua efecto de enfriamiento, que redujo las emisiones a 2.8 e 6.0% de NOx, 12.6 e 23.7% de materia particulada (PM), 20.4 e 23,8% total de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), entre modo inactivo y 3,2 kW de potencia de salida del generador

Se observó que el BSFC para mezclas de combustibles de etanol e diésel en modo inactivo aumentaba ligeramente en un 0,48% para todas las mezclas en relación con diésel convencional, la emisión de NOx aumentó al aumentar la adición de biodiésel al combustible diésel para todos los regímenes de producción de energía. , las emisiones de NOx para las mezclas de biodiésel y combustible diésel convencional aumentaron un 0,8%, 2,6%, 6,5% y 14,1% en relación con el diésel convencional para BD10, BD15, BD20 y BD30 respectivamente. . Las emisiones de CO aumentaron al aumentar la carga del motor, para todas las mezclas de combustible probadas. Las emisiones de CO observadas también aumentaron con el aumento de las fracciones de mezcla de biodiésel, las mezclas de biodiésel demostraron un aumento de emisiones de CO de 14,4%, 18,5% 19,9% y 27,3% para BD10, BD20, BD15 y BD30 respectivamente.

Conclusiones

- La mezcla de diésel convencional con hasta 4% en volumen de etanol que contiene agua, con 1% en volumen de butanol como codisolvente y con 5% 30% de biodiésel como agente estabilizador produjo mezclas estables de combustibles con una integridad adecuada del combustible en términos de miscibilidad, estabilidad de fase, viscosidad y poder calorífico.
- Tanto para el combustible mezclado con biodiésel como para los combustibles combinados con etanol, las emisiones de NOx aumentaron junto con el aumento de la carga del motor, así como con el aumento de la fracción de mezcla de biodiésel en combustibles diésel en comparación con el diésel convencional.
- Para las mezclas de combustibles de etanol e diésel, se observó una reducción de NOx de hasta un 8,1% y un 10,2%, respectivamente, a una potencia de salida de 1,6 kW y 3,2 kW. BD1041 contribuyó específicamente a la reducción de NOx en 2.8, 5.3 y 6.0% en modo inactivo, 1.6 kW y 3.2 kW respectivamente
- La contribución del combustible BD1041 a la reducción de partículas fue de 12,9, 18,5 y 23,7% en comparación con diésel convencional en modo inactivo, 1,6 kW y 3,2 kW de potencia de salida.

Bibliografía

(13)

ARTICULO 14										
Solubility of a Diesel–Biodiesel–ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from Diesel engine	Luengn mitcha	5	90	5	Motor diésel de inyección directa, refrigerado por aire, de carrera.	x		x		Emisiones CH y CO NOx

Resultados

Las emisiones de CO de las mezclas fueron no muy diferentes al del diésel convencional. Sin embargo, a plena carga (100% de carga), las emisiones de CO de las mezclas disminuyeron significativamente, en comparación con los del diésel convencional. Esto puede explicarse por el enriquecimiento de oxígeno debido a la adición de etanol y biodiésel, en que un aumento en la proporción de oxígeno promoverá la oxidación adicional de CO. El resultado mostró que la mezcla de 80% diésel, 15% el biodiésel y el etanol al 5% produjeron la menor cantidad de CO (0,6–0,8% en volumen) a plena carga del motor. La adición de oxigenados en el combustible diésel resultó en sólo un ligero efecto sobre las emisiones de CO a carga baja y media, pero redujo significativamente las emisiones de CO a carga alta o plena.

Se observó que las mezclas que contengan un mayor porcentaje de biodiésel tienen una menor emisión de HC. Esto indica que la presencia del etanol podría ser el factor esencial para el aumento de HC emisiones. Una alta emisión de HC significa que hay etanol no quemado emitido en el escape debido a la mayor región de dispersión de etanol en la cámara de combustión. El biodiésel tiene un índice de citano más alto que el diésel convencional, resultando en una combustión más completa en el cilindro. Se puede observar que todas las mezclas de combustibles y biodiésel reducen las emisiones de NOx en la condición sin carga. Sin embargo, en cargas bajas, medias y altas, las emisiones de NOx son mayores para los combustibles mezclados que el del diésel puro.

Conclusiones

- El sistema de etanol disminuyó al disminuir la temperatura. sin embargo, a temperaturas superiores a 20 C no hubo problema con la separación de fases
- El biodiésel derivado del aceite de palma podría utilizarse como un aditivo para emulsiones de diésel
- La densidad y el punto de fluidez de todas las mezclas estaban por debajo de los límites estándar para combustible diésel.
- El alto valor de cetano del biodiésel podría compensar la disminución de cetano causada por la presencia de etanol en combustible diésel
- Se encontró que el calor de combustión de todas las mezclas era más bajo que el del combustible diésel solo. Sin embargo, el poder calorífico de las mezclas que contienen etanol inferior a 10% no eran muy diferentes de los convencionales

Bibliografía										
(14)										
ARTÍCULO 15										
Assessment of energy performance and air pollutant emissions in a Diesel engine generator fueled with water-containing ethanol–Biodiesel–Diesel blend of fuels	Wen-JhyLeeaYi - Cheng Liua	10	86	4	Motor mono cilíndrico horizontal de cuatro tiempos	x		x		Emisiones CH y CO NOx

Resultados

En el modo de ralentí del motor (0 kW), el BSFC se redujo en un 0,15% con aumento de la mezcla de biodiésel con combustible diésel convencional para BD5, BD10 y BD15. Sin embargo, BSFC para BD20 fue similar a combustible diésel convencional mientras que para BD30, BSFC aumentó en un 0,46%. Se observó BSFC para mezclas de combustibles de etanol e diésel en modo inactivo para aumentar ligeramente en un 0,48% para todas las mezclas en relación con diésel. Aunque este ligero aumento fue insignificante, podría atribuirse a la adición de etanol en el combustible diésel. Debido al poder calorífico reducido del etanol. Para las mezclas de biodiésel, la emisión de NOx aumentó con aumentar la adición de biodiésel de soja al combustible La carga del motor de 1,6 kW podría atribuirse a las altas temperaturas de la llama de nitrógeno atmosférico en presencia de moléculas adicionales oxígeno y nitrógeno en la cámara de combustión. sin embargo, la reducción de la emisión de NOx con aumento de las fracciones de biodiésel en diésel a 3,2 kW de carga del motor fue contrario a lo informado anteriormente

Se puede observar claramente que el etanol que contiene agua indujo mayor emisión de CO, lo que sugiere que la combustión incompleta de combustibles debido a la baja temperatura de combustión como una causa probable de mejora de la emisión de CO. con una potencia de salida del motor de 3,2 kW, las emisiones de CO de los combustibles mezclados con biodiésel aumentaron un 0,4%, 3,0%, 8,1%, 2,4% y 16,7%

Conclusiones

- Tanto para combustible mezclado con biodiésel como para combustibles mezclados con etanol, las emisiones de NOx aumentaron junto con aumento de la carga del motor, así como con una mayor fracción de mezcla de diésel en combustibles diésel en comparación con diésel convencional.,
- Para las mezclas de combustibles de etanol e diésel, la reducción de NOx de hasta 8,1% y 10,2%, respectivamente, a 1,6 kW y 3,2 kW de potencia de salida fue observado. esto contribuyó específicamente a la reducción de NOx por 2,8, 5,3 y 6,0% en modo inactivo, 1,6 kW y 3,2 kW respectivamente.
- La introducción de una pequeña cantidad de agua contenida en el etanol dio como resultado un enfriamiento térmico durante el proceso de combustión que inhibió la formación de NOx.

- La emisión de PM disminuyó con el aumento de la mezcla de biodiésel en diésel para mezclas de biodiésel y etanol e diésel de combustibles.
- La contribución del combustible BD10 a la reducción de partículas fue de 12,9, 18,5 y 23,7% en comparación con el diésel convencional en modo inactivo, 1,6 kW y potencia de salida de 3,2 kW.

Bibliografía

(15)

ARTÌCULO 16

Cold start idle emissions from a modern Tier-4 turbo-charged Diesel engine fueled with Diesel-Biodiesel, Diesel-Biodiesel-ethanol, and Diesel-Biodiesel-diethyl ether blends	Murari MohonRoy (Associate Professor) JorgeCalder (Graduate Student) WilsonWang	20	75	5	Motor diésel moderno de inyección directa (DI) de 4 cilindros	x	x	x		Emisiones CH y CO NOx
		50	45	5						
		100								

Resultados

Los resultados de la investigación muestran que las emisiones de CO y NOx disminuyen, pero las emisiones de HC aumentan después del calentamiento que del arranque en frío. Las mezclas de BDE con los aditivos producen menos emisiones de CO que el diésel puro.Los aditivos de etanol y DEB pueden reducir las emisiones de NOx en las mezclas de diésel y biodiésel, y el aumento del contenido de biodiésel reduce las emisiones de HC.Las mezclas de diésel-biodiésel con aditivos de etanol se muestran en promedio alrededor de un 20% más baja de temperatura (35-56 C) a 800 rpm, 22% menor (36-62 C) a 1000 rpm y 26% menor (41-72 C) a 1200 rpm. En general, las mezclas de biodiésel producen más NOx que el diésel, debido al contenido de oxígeno del biodiésel en condiciones de motor similares. Se encontró que la adición de etano l al5% en volumen logra disminuir las emisiones de CO para todas las mezclas de B20 y B30 debido a la volatilidad. Efecto del etanol que domina la combustión. Adición de etanol al 15% por volumen a B20, y se encontró que B50 aumenta las emisiones de CO de 5% de adición probablemente debido al efecto de enfriamiento del etanol reductor temperatura de combustión

Conclusiones

- Todas las mezclas de combustible B20 mostraron puntos de enfriamiento por debajo de 20 C. B20E5 y B20E15 tienen puntos de enfriamiento por debajo de 25 C.
- Desde el arranque en frío hasta la condición de calentamiento CO, NOx y HC todos producir tendencias observables. CO y NOx vieron reducciones después arranque en frío, mientras que las emisiones de HC aumentaron con el tiempo.

- todos los combustibles se mezclan con etanol con la excepción del B20E15 generan menos CO resultados de emisiones que el diésel puro.
- Adición de etanol al 5%podría reducir las emisiones de CO de las mezclas de combustible B20 y B50, mientras que la adición de Etano la B100 aumentaría Emisiones de CO, sin dejar de mantenerse por debajo de los niveles limpios de diésel.
- Por otro lado, no se encontró un aumento significativo en las emisiones de aldehídos después del período de calentamiento, y no se notaron emisiones de humo (inspección visual) para cualquier mezcla de combustible en condiciones de ralentí después del calentamiento del motor

Bibliografía

(16)

ARTÍCULO 17

Investigation on the combustion characteristics and particulate emissions from a Diesel engine fueled with Diesel-Biodiesel-ethanol blends	H. Tse* , C.W. Leung, C.S. Cheung	15	85	0	motor diésel de inyección directa aspirado naturalmente de 4 cilindros a velocidad en régimen permanente de 1800 rev	x		x		Emisiones CH y CO Nx
		15	80	5						
		15	75	10						
		15	65	20						

Resultados

La tasa máxima de liberación de calor aumenta con un incremento en la carga del motor de baja a media, pero disminuye con la carga alta del motor para todos los combustibles de prueba, Para los combustibles DBE, el retardo de encendido para DBE0 y DBE10 se encuentra entre el biodiésel, mientras que el de DBE20 es incluso más largo que el del combustible diésel. Las mezclas de DBE con etanol podrían reducir PM, partículas ultrafinas y nanopartículas en un 99% de media para todas las cargas del motor en comparación con biodiésel., está debido a los efectos combinados de la presencia de oxígeno ligado al combustible, compuestos aromáticos y azufrados reducidos y la estructura del alcohol en etano que son eficaces en la reducción de precursores de hollín. El comportamiento de combustión y el rendimiento en cuanto a emisiones es influenciada por diferentes tipos de combustible caracterizados por su unión a combustible oxígeno, características de inyección, calor latente de evaporación, valor calorífico inferior, índice de citano, etc.

Conclusiones

- La presión en el cilindro y la tasa máxima de liberación de calor de DBE son comparativamente más altas que las de diésel convencional y biodiésel, con el aumento de etanol en los combustibles mezclados, el retardo de encendido se alarga. la presión en el cilindro y la liberación máxima de calor se vuelve más alta y retardada.

- Las mezclas DBE retardan el inicio de la combustión y acortan la duración de la combustión resulta en un pre-mezclado menor duración de la combustión difusiva en comparación con biodiésel, cuanto mayor sea la fracción de etanol en el Combustible mezclado, menor es la duración de la combustión y la menor masa de combustible quemada en el modo de difusión

- Las mezclas de DBE también conducen a la reducción de partículas que se asocia con una combustión más corta en la que menos combustible se quema, así como los aromáticos reducidos y el azufre que surge de la sustitución parcial del diésel por etanol, favoreciendo reducción de partículas en masa y en número.
- Biodiésel logra el mínimo PM pero conduce a un aumento de la partícula total, concentraciones ultrafinas y de nanopartículas. De lo contrario, las mezclas de DBE podrían alcanzar de manera efectiva PM y PN más bajos emisiones en particular con concentraciones de nanopartículas y ultrafinas menores

Bibliografía

. (17)

ARTÍCULO 18

Performance, emission and combustióncharacteristic of a multicylinder DI Diesel engine running on Diesel–ethanol–Biodiesel blends of high etanol content	Datta tray, Bapu Hulwan, Satish chandra, V.Joshi	10	70	20	Los experimentos se llevan a cabo en un motor diésel DI multicilindro	x		x		Emisiones CH y CO NOx
		20	50	1						
		10	50	40						

Resultados

Los resultados mostraron que aumentar el etanol proporcional en la mezcla de combustible aumentó el BSFC, este comportamiento es atribuido al poder calorífico por unidad de masa del etanol, que es notablemente más bajo que el del combustible diésel. Para obtener la energía de combustible deseada es la tendencia general de disminución, en BSFC con carga se observa para mezclas similares al combustible diésel en todos los tiempos de inyección y velocidades. La entrada tiene que ser mayor con el etanol. Se observa que la BTE ha aumentado con la carga para mezclas de alto contenido de etanol también como el combustible diésel en todos los tiempos y velocidades de inyección. BTE aumenta ligeramente para mezclas en comparación con el combustible diésel en altas cargas de ambas velocidades y todos los tiempos de inyección.

También se observa que el BTE se reduce para mezclas de alta contenido de etanol a bajas cargas de 1600 RPM e inyección de 13 y 18 momento. También se observa que las emisiones de NO se incrementan para el etanol combustibles mezclados en comparación con el combustible diésel en otras cargas excepto 1600 RPM de 21 y 13 tiempo de inyección. Las mezclas de etanol están teniendo el contenido de oxígeno, baja viscosidad que puede conducir a una mejor mezcla, combustión mejorada y aumento de la temperatura en el cilindro. Los

resultados mostraron que las emisiones de CO aumentaron drásticamente a cargas más bajas y disminuyó ligeramente a cargas más altas para las mezclas en comparación con el combustible diésel. Se nota una ligera reducción en las emisiones de CO para mezclas a alta carga y que se debe al oxígeno del combustible incorporado y al proceso de combustión mejorado debido a una mejor mezcla.

Conclusiones

- El contenido de oxígeno aumentó al 14,53% en peso, manteniendo el índice de cetano dentro del límite de mezcla C (mezcla de fracción de etanol más alta).
- BSFC aumenta para mezclas como consecuencia de un contenido energético reducido, sin embargo, la eficiencia térmica mejoró ligeramente.
- Humo reducido notablemente para mezclas, especialmente a media y altas cargas de ambas velocidades y todos los tiempos de inyección. La reducción máxima es aproximadamente del 60% al 70% a cargas más altas para el respectivo alto contenido de etanol mezcla de contenido en todos los tiempos y velocidades de inyección
- Las emisiones de NO se reducen para mezclas con la carga más baja de 0,1 MPa. BMEP de todas las condiciones laborales. Se incrementa ligeramente en otras cargas excepto 1600 RPM y 21 y 13 tiempo de inyección.
- Las emisiones de CO aumentan drásticamente con cargas bajas y disminuyen ligeramente con cargas altas para las mezclas. Esto indica que el proceso de combustión de estas mezclas se aproxima al proceso de combustión diésel con aumento de carga (temperatura de trabajo del motor).

Bibliografía

(18)

ARTÍCULO 19

A comparative study of co-combustion process of diesel-ethanol and Biodiesel ethanol blends in the direct injection Diesel engine	Wojciech Tutak, Arkadiusz Jamrozik, Michał Pyrc, Michał Sobiepański		80	20	Motor de encendido por compresión operado a una velocidad de rotación constante de 1500 rpm.	x	x	x	BSFC,BTE,	Emisiones de NOx, HC, CO
		80		20						

Resultados

El valor más alto de emisiones de NOx se obtuvo para la mezcla de DE con el 30% de la fracción que era igual a 5,5 g / kWh, para la mezcla BE, se obtuvo el valor más alto de NOx para el 45% de la fracción EF y fue de 3,5 g / kWh. En el caso de las emisiones de HC, ambos modos con el aumento en la fracción DE en la mezcla produjo un aumento en las emisiones de HC de hasta un 35%, el DE en las mezclas. Para la mezcla BE, el valor más alto de HC se documentó para el 35% de la Fracción DE, alcanzando 0,8 g / kWh, pero para la mezcla DE, este valor fue 0,7 g / kWh

Para el 35% de la mezcla con biodiésel, se observó un incremento en las emisiones de HC del 25%, pero en el caso de la mezcla con diésel, este aumento fue del 14%. Yilmaz descubrió que los combustibles mezclados con alcohol muestran niveles de HC ligeramente más altos

emisiones en algunos casos, lo que podría deberse a que los alcoholes tienen números de cetano más bajos. Las crecientes emisiones de CO se deben principalmente a la disminución de la temperatura. Las menores emisiones de CO se pueden obtener mediante mayor contenido de oxígeno, lo que conduce al aumento de la temperatura de combustión Se observaron menores emisiones de CO debido al contenido de oxígeno en etanol (10,8% en términos de masa). Para la alimentación con combustible diésel puro, las emisiones de CO fueron de casi el 2% pero para el combustible biodiésel, este valor se redujo al 1,5%.

Conclusiones

- El motor propulsado por la mezcla DE se caracteriza por una mayor temperatura de los gases de escape en comparación con BE
- Las emisiones de HC y NOx aumentaron hasta en un 35% de la fracción DE en la mezcla.
- El más alto valor de las emisiones de NOx se obtuvieron para la mezcla DE con el 30% (5.5 g / kWh). Para la mezcla BE, el valor más alto de NOx se registró para DE del 45% (3,5 g / kWh)
- Las emisiones de CO disminuyeron con el aumento de la fracción DE., para propulsión de combustible diésel puro, Las emisiones de CO fueron casi del 2%, pero para el combustible biodiésel, este valor fue del 1,5%. Para fracción de 45% DE en las mezclas, el diésel y el biodiésel mostraron casi los mismos valores de emisiones de CO de 0
- Para el motor impulsado por la mezcla BE, la emisión de CO_2 fue menor en comparación con la mezcla DE.

Bibliografía

(19)

ARTICULO 20

Performance of an agricultural engine using blends of Diesel and ethanol	Javier Solis Estrada.,José Fernando Schlosser.	50	30	20	Motor diésel en un tractor agrícola	x		x	Ppotencia, BSFC, la reserva de par, la reserva de velocidad a del motor	
		40	30	30						
		20	60	20						
		88	0,6	0,6						
		50	35	15						

Resultados

Utilizando B5 y BED3 los valores de par y potencia del motor no difieren, además, con el ED3 el consumo de combustible fue inferior al 5,92%. Usando BED12, la potencia se ha reducido en un 2,97%, en comparación con BDE15, mientras que su consumo de combustible no tuvo diferencia. Con ED15, la potencia fue menor en 6,30% y el consumo de combustible aumentó en 3,77%, ambos en comparación con DBE20. El valor de reserva de par se incrementó al aumentar el contenido de etanol en DBE15, lo que redujo la reserva de velocidad y el índice de elasticidad del motor.

La adición de etanol a 15%, mostró una tendencia a disminuir la potencia a medida que aumenta el contenido. Según RAHIMI et al. (2009), utilizando mezclas de BED en un motor de ciclo diésel, reduce el rendimiento, lo que indica que la adición de compuestos oxigenados en el

aceite Diésel se reduce la potencia del motor. Y se encontró que, para todos los combustibles utilizados, la potencia máxima se alcanza a 2100 rpm Se observa una tendencia de incremento en los valores de consumo cuando se aumenta el contenido de etanol en la mezcla de ED, Los resultados indicaron que, para todos los combustibles utilizados, el menor consumo específico de combustible se obtuvo entre 1400 rpm y 1600 rpm.

Conclusiones

- El (B15) puede ser utilizado como combustible alternativo para motores de tractores agrícolas, sin presentar grandes cambios en el rendimiento, ya que el contenido de etanol se encuentra en bajos porcentajes, hasta el 12%.
- Se puede considerar que los mejores resultados se obtuvieron al utilizar BED15, ya que este combustible se obtuvo con los valores de consumo más bajos, sin aportar diferencia en los valores de par y potencia del motor al compararlo con B30.
- Hubo un aumento en la reserva de par del motor cuando el contenido de etanol en B15 fue mayor; sin embargo, el resultado no significó un beneficio en el rendimiento del motor ya que este aumento se debió a una disminución en la velocidad de reserva del motor, reduciendo también el índice de elasticidad.

Bibliografía

(20)

ARTÍCULO 21

Comparative investigation of emissions and combustion characteristics between ethanol-Biodiesel-Diesel blends and Diesel fuel in a passenger car Diesel engine	Chang Sik Lee*, Hyun Gu Roh	100			Un motor diésel de cuatro cilindros con sistema de inyección directa	X	X			Emisiones de NOx, HC, CO
		10	80	10						
		10	70	20						

Resultados

En general, los combustibles mezclados con alcohol aumentaron las emisiones de CO en comparación con al combustible diésel para todas las condiciones de funcionamiento, las mezclas redujeron las emisiones de NO, para todas las concentraciones, Las emisiones dependían no sólo de las concentraciones de etanol, sino también condiciones de operación. En general, las altas concentraciones de etanol aumentaron las emisiones de HC y viceversa, pero a más del 50% de carga el etanol disminuye las emisiones de HC para todas las concentraciones. Las mezclas de etanol, en comparación entre sí indican, que no hay diferencia significativa en las emisiones de NO, para las tres mezclas a base de etanol, el nivel de humo disminuye en comparación con el combustible de referencia B10-D80-E10, y es cerca de cero. Esta mejora de las emisiones de humo se explica fácilmente por: La presencia de oxígeno procedente del etanol y el (principal factor). Parece que la combustión es muy lenta para los combustibles C y D, lo que lleva a su combustión incompleta con altos niveles de emisión de HC y CO.

La potencia de frenado del motor diésel se incrementa con el aumento del porcentaje de etanol. La presión efectiva media indicada aumenta cuando el porcentaje de etanol en la mezcla aumenta hasta un 5%. La temperatura de los gases de escape disminuye y la temperatura del aceite lubricante aumenta correspondiente a la adición del porcentaje de etanol en la mezcla.

Conclusiones

- El consumo de combustible se redujo a medida que aumentaba la carga del motor, y el BSFC del combustible E20-BD10-D70 mostró un mayor consumo en condiciones de baja carga del motor
- En la condición de carga alta, los combustibles mezclados con etanol aumentaron ligeramente NOx emisiones debidas a la rápida combustión.
- En el caso de una condición de carga baja del motor, mezcla de BDE (E20-BD10-D70) mostró mayores emisiones de CO y HC que las de los otros combustibles probados.

Bibliografía

(21)

ARTÍCULO 22

The Effects of Ethanol-Diesel-Biodiesel blends on Fuel Properties.	Kiatkong Suwannakij1, a, Teerapong Baitiang1, b, Manida Tongroon1.	3	92	5	un motor diésel de cuatro cilindros	X	X		BSFC, BTE	
		5	85	10						
		6	79	15						

Resultados

La viscosidad de todas las emulsiones (a 40 C) fue menor. Que el del combustible diésel debido a la menor viscosidad de la concentración de etanol. El poder calorífico de las emulsiones disminuye al aumentar la concentración de biodiésel. Con la misma cantidad de biodiésel añadido, también se observa la misma tendencia cuando aumenta la cantidad de etanol. Esto se debe a los valores caloríficos más bajos del biodiésel de aceite de palma y combustible de etanol, todas las emulsiones de etanol y diésel se mantuvieron en almacenamiento y se dejó durante 3

meses a temperatura ambiente. El resultado muestra que solo la emulsión en el porcentaje de D: E como 95: 5% en volumen exhibe estabilidad de solubilidad. Sin aglomeración de gotas de líquido y capa de sedimentos

Conclusiones

- El biodiésel, derivado del aceite de palma, se puede utilizar como emulsionan-te eficaz para el etanol -diésel, emulsiones. Con un bajo porcentaje de etanol, los combustibles mezclados con etanol se pueden almacenar a temperatura ambiente. durante 3 meses sin separación de fases ni aglomeración de gotas de líquido.
- La viscosidad y densidad de todas las emulsiones de etanol diésel están en el estándar de diésel de Tailandia. Los valores caloríficos de las mezclas Tienden a disminuir con el porcentaje creciente de biodiésel y etanol.
- La lubricidad del Diésel se puede mejorar mediante la adición de biodiésel que se corresponde con el alto porcentaje.

Bibliografía

(22)

ARTÍCULO 23

The Impact of Biodiesel Fuel on Ethanol/Diesel Blends	Nawar Al-Esawi 1 , Mansour Al Qubeissi 1,2,* and Ruslana Kolodnytska 3	15	80	5	un motor diésel de inyección	X		x	Características de calentamiento y evaporación, número de cetano (CN), viscosidad.	

Resultados

En este Artículo se utilizó un modelo experimental que indicaría la vida útil eficiencia y otras variables de las mezclas diésel, biodiésel y etanol en motores diésel, los resultados revelaron que una mezcla de hasta un 15% de biodiésel, un 5% de etanol y el 80% de los combustibles diésel habían dado lugar a pequeñas variaciones en la vida útil de las gotas, CN, viscosidad y valor calorífico de diésel puro, con menos del 1,2%, 0,2%, 2% y 2,2% de reducción en esos valores. CN es una de las características más importantes de combustible diésel, ya que mide la calidad de combustión del combustible diésel la presencia de etanol en diésel. Resulta en una reducción en su CN y viscosidad, que es otra propiedad importante que influye en la calidad de combustión, Por lo tanto, se utilizó combustible biodiésel para compensar la disminución de las dos propiedades mencionadas, cada 1 vol. % de etanol provoca una disminución de CN en 0,6 unidades, lo que será bueno compensado por 0,55 unidades por cada 1 vol. % de biodiésel.

Se predijo el impacto de las adiciones de biodiésel y etanol en el poder calorífico (HV) del diésel. Para diferentes mezclas de EBD la reducción de HV provocada por el etanol. Por ejemplo, E10 / D90 (caso 3) tuvo un 3% menos de HV en comparación con diésel puro, mientras que el E5

/ B5 / D90 tenía solo 0,5 HV menos en comparación con el diésel puro. Las predicciones mostraron que nuestra mezcla objetivo (E5 / B15 / B80) tiene un 2,2% menos de HV en comparación con el diésel puro, que se puede tolerar en motores diésel.

Conclusiones

- Las predicciones revelaron que la presencia de biodiésel a expensas del Etanol (por ejemplo, 5% de biodiésel y etanol al 5%, en lugar de solo el 10% de etanol) compensaron la reducción en la vida útil de las gotas, superficie temperatura, CN, viscosidad e incluso el poder calorífico
- Se encontró que una mezcla de 15% de biodiésel, 5% de etanol y 80% de combustibles diésel llevaron a una reducción de menos del 1.2%, 0.2%, 2% y 2.2% en la vida útil de las gotas, CN, viscosidad y poder calorífico, respectivamente, en comparación con los del combustible diésel puro.
- Se puede concluir que la presencia de biocombustibles con hasta un 20% en combustible diésel se puede utilizar en motores diseñados para diésel puro con un requisito de modificación mínimo o nulo.

Bibliografía

(23)

ARTICULO 24

A comparative study of exhaust emissions using diesel-biodiesel-ethanol blends in new and used engines	S. K. Jha, S. Fernando, E. Columbus, H. Willcutt	25	70	5	un motor usado y dos motores nuevos de 4 cilindros	x		x		Emisiones NOx, CO, CO_2
		30	70							
		20	70	10						
		15	70	15						

Resultados

Los resultados con DBE mostraron una reducción significativa de las emisiones de NOx en motores nuevos con aumento de la concentración de etanol, mientras que con el motor antiguo en condiciones similares, un perfil de emisiones de NOx aumentado fue observado. Comparado al combustible diésel, las emisiones de CO al usar el biodiésel las mezclas de diésel. Etanol aumentaron con el aumento de etanol proporción en las mezclas. D70BD25E5 tendía a mostrar una menor CO que D70BD30, con la única excepción en un motor velocidad de 2200 r / min. Una mezcla de etanol al 5% proporcionó una ligera mejora en las emisiones de CO, pero un mayor contenido de etanol en aumento de las emisiones de CO. Este aumento de las emisiones de CO con el aumento en el porcentaje de etanol en la mezcla podría ser en- tributo a la posible extinción de la combustión causada por la alta calor latente de vaporización de etanol.

Las emisiones de NOx pueden ser el resultado de un cambio en el tiempo de inyección de combustible causado por diferentes propiedades mecánicas del biodiésel Las propiedades del biodiésel afecta el sistema de inyección de combustible y puede causar una variación en la sincronización de la inyección de combustible- Comparado con D70BD30, la mezcla D70BD25E5 mostró un promedio aumento de la emisión de NOx del 16%. En comparaciones similares, un se observó un aumento promedio del 21% y un 24% al usar D70BD20E10 y D70BD15E15, respectivamente.

Conclusiones

- El aumento en el porcentaje de etanol en las mezclas de biodiésel y diésel causó cambios significativos en las propiedades del combustible como el número de cetano, destellos punto y presión. Esto exigirá más requisitos de almacenamiento más exigentes que el diésel convencional. etanol
- El biodiésel se asoció con niveles más bajos de emisiones de CO en comparación a los niveles asociados con el combustible diésel de petróleo; sin embargo, el aumentó las emisiones de CO.
- Sustituyendo 100% biodiésel para combustible diésel resultó en un aumento de las emisiones de NOx en aproximadamente un 10% a un 20%.
- La adición de etanol mostró diferentes tendencias en las emisiones de NOx. En motores nuevos, un aumento de etha-nol proporción en la mezcla de combustible resultó en una disminución de NOx emisiones, aunque el viejo motor Ford 4000 demostró una tendencia casi inversa en las emisiones de NOx
- Es posible que otras propiedades del etanol y biodiésel o interacción con características del proceso de combustión y combustión dinámica de la cámara puede haber causado esta variación en la tendencia esperada hacia las emisiones de NOx.

Bibliografía

(24)

ARTÍCULO 25

Role of biofuel and their binary (Diesel–Biodiesel) and ternary (ethanol–Biodiesel–Diesel) blends on internal combustion engines emission reduction	Mofijur, M., Rasul, M. G., Hyde, J., Azad, A. K., Mamat, R., & Bhuiya, M. M. K.	10	70	20	Motor diésel de cilindros en un 30%, 35%, 11%, 4%, respectivamente	x		x		Emisiones de NOx, HC, CO
		5	80	15						
		10	50	40						
		16	80	4						
		20	75	5						
		15	80	5						

Resultados

La revisión indicó que las emisiones del motor dependen de algunos factores, como el funcionamiento del motor. Tipos de biocombustible, mezcla, etc. Ambas mezclas de biodiésel, diésel y etanol cumplen un papel importante en la reducción de la emisión de gases de escape como monóxido de carbono (CO), hidrocarburo (HC), material particulado (PM). Finalmente, alrededor del 5-10% de etanol con 20-25% de Biodiésel se puede agregar con diésel de manera efectiva y de manera eficiente para reducir las emisiones globales y así mantener mejor el medio ambiente y la salud humana, El biocombustible tiene potencial para reducir hasta un 80% emisión de gases de efecto invernadero. La mayor emisión de dióxido de carbono debería causar menos preocupación porque el CO_2 es absorbido por los cultivos, lo que ayuda a Mantener niveles más bajos de CO_2 en la atmósfera. El motor diésel reduce un 26% de monóxido de carbono, un 20% de hidrocarburos, 4% de NOx y 15% de humo a plena carga que el combustible diésel.

La razón del aumento de CO_2 se atribuyó al mayor contenido de oxígeno de biocombustible que ayuda a completar la combustión. El biodiésel y su mezcla reducen las emisiones de gases de escape de CO y HC. de un motor diésel turboalimentado debido a la combustión completa del biodiésel A plena carga, la mayor parte de las emisiones reguladas del motor, ya que CO, HC y humo se encontraron más bajos

Conclusiones

- El uso de biodiésel-diésel y etanol -biodiésel-diésel combinaciones favorables para reducir las emisiones de CO debido al mayor contenido de oxígeno contenido de biocombustible.
- La mayoría de los investigadores informaron que las emisiones de NOx aumentan mientras que la mezcla binaria y terciaria se usa debido a la mayor cantidad de número de cetano, mayor contenido de oxígeno, tiempo de inyección, etc.
- La mayoría de los estudios mostró una mezcla de etanol -biodiésel-diésel reducir la emisión de PM ya que el biocombustible contiene menos aromáticos compuestos y oxígeno superior.
- Existe un informe incoherente sobre el resultado de las emisiones de CO_2. Mayoría de los estudios mostró un aumento de las emisiones de CO_2 de los biocombustibles que se atribuye al mayor contenido de oxígeno del biocombustible que ayuda mejorar la calidad de la combustión. En general, una pequeña proporción de etanol

Bibliografía

(25)

ARTÍCULO 26

An experimental investigation on the performance, combustiónand emission characteristics of ci diesel engine at various compression ratio with different ethanol-biodiesel blends	Subramanyam Pavuluri, Dr.B.Sidda Reddy, Dr.B.Durga Prasad	90		10	Motor diésel CI monocilíndrico de cuatro tiempos	x	x	x	Eficiencia térmica BSFC	Emisiones de CO y NOx
		80		20						
		70		30						
		60		40						

Resultados

La combustión incompleta ocurre con una mayor proporción de etanol a una baja relación de compresión, debido a un mayor retardo de encendido. La carga del motor da como resultado una disminución del retardo de encendido y del período de combustión del etanol. La temperatura aumenta la cinética del oxígeno en el etanol, lo que aumenta la eficiencia térmica Durante la carrera de compresión, a mayor temperatura se produce una mejor mezcla aumentando índice de compresión. La presión del cilindro del motor también aumenta debido a una mayor relación de compresión, esto da como resultado un retardo de encendido. En este momento el etanol la reacción de la mezcla es mucho más rápida y hace que la presión del cilindro del motor aumente rápidamente.

Al aumentar la proporción de etanol, el monóxido de carbono (CO) la emisión disminuye debido al aumento de temperatura al final de la carrera de compresión y al cambio en cinética química de la reacción del oxígeno. Esto conduce a la formación de CO_2 a partir de CO que resulta en una disminución de CO emisión. Los resultados indican que las emisiones de NOx aumentan al aumentar la carga del motor. El aumento de la proporción de etanol aumenta la relación H / C, lo que resulta en un aumento de las emisiones de NOx. Aumentando la relación de compresión y con cargas elevadas, reduzca el NOx para obtener un 10% de etanol y biodiésel puro.

Conclusiones

- Al aumentar la relación de compresión a 19,5: 1, se produce el encendido automático debido a un CN más bajo del etanol y una mayor vaporización, lo que resulta en una mejor conversión de combustible eficiencia hasta 40% en comparación con el diésel. Alta relación de compresión, el etanol también cumple la misma presión en comparación con el diésel.
- A relaciones de compresión de 19,5 con los distintos etanoles en mezclas, la tasa de liberación de calor aumenta gradualmente hasta 30% pero cae repentinamente, la liberación de calor también se debe al bajo contenido de CN y la alta volatilidad.
- La cinética de reacción de oxígeno mejorada en el etanol conduce a una mayor liberación de calor y formación de CO_2. Mayor proporción de etanol Disminuye la emisión de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) que se debe a la rápida mezcla. de etanol y cinética de oxígeno aumentada.
- Con alta carga de motor NOx las emisiones disminuyen para el biodiésel puro y el 10% de etanol , pero a partir de entonces aumentan a medida que aumentan Proporción de etanol debido al aumento de la relación H / C.

Bibliografía

(28)

ARTÍCULO 27

An Experimental study of Combustion, Performance, Exergy and Emission characteristics of a CI engine fueled by Diesel-Ethanol-Biodiesel Blends	Abhishek Paul, Rajsekhar Panua, Durbadal Debroy	50	32	15	Motor de inyección directa	X	X	X	características de rendimiento, combustión energética y emisiones,	Emisiones de NOx, CH y CO ,
		50	45	5						
		50	40	10						
		50	30	20						

Resultados

La mezcla D35E15B50 mostró una mejora sustancial en las emisiones de hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono, el análisis de energía mostró un 25,64% de aumento en la eficiencia energética en condiciones de carga completa. Para la mezcla D35E15B50 el incremento de etanol hasta el 15% mostró una tendencia decreciente de BSFC. Esta disminución constante en BSFC indica una mejor utilización de la energía química del combustible en trabajo útil. El comportamiento de combustión mejorado del motor sometido al ensayo enriquecido con mezclas etanol aseguran un mayor porcentaje de liberación de energía del combustible durante la oxidación.

La mezcla con etanol al 20% produjo de nuevo una tasa de liberación de calor reducida, esta disminución puede ser debido a un adelgazamiento excesivo de la carga debido a un mayor porcentaje de etanol en la carga. La emisión de NOx del motor aumenta con la carga independientemente del combustible utilizado. Esto se debe a que el aumento de carga aumenta la energía del motor y, por lo tanto, mejora la calidad de combustión del motor La adición de etanol mejora las características de inyección del motor y su oxígeno extra dentro de la cámara de combustión a medida que se disocia. Como resultado, la ruptura de largo hidrocarburos de cadena de diésel y biodiésel ocurre de manera efectiva y su oxidación ocurre en una mayor concentración de oxígeno

Conclusiones

- Los resultados de la mejora de la combustión se observan en términos de mejora térmica de los frenos. eficiencia y reducción del consumo de energía específico del freno del motor para la mezcla D35E15B50.
- El mayor grado de combustión también aseguró una menor emisión de HC para la mezcla D35E15B50. Sin embargo, se observó la ventaja real de la adición de etanol, ya que también fue capaz de reducir la emisión de NOx junto con la emisión de HC, aunque en general las emisiones de HC y NOx permanecen inversamente proporcionales entre sí.
- Se reveló en el estudio que La mezcla 592 D35E15B50 es la más adecuada entre las mezclas probadas que pueden permitir un motor CI normal para utilizar eficazmente la energía química del combustible minimizando las pérdidas del motor con una reducción de emisión

Bibliografía

(27)

ARTÌCULO 28

combustiónand Emissions of a Diesel Engine Fueled with Diesel-Biodiesel-Ethanol Blends and Supplemented with Intake CO_2 Charge Dilution	Ho Tse	15	80	5	motor diésel de inyección directa	x	x	x	BSFC, BTE	Emisiones de CO_2, CO , NOx

Resultados

Se ha descubierto que el efecto combinado de las mezclas de DBE con la dilución del CO_2 de admisión tiene efectos marginales sobre el consumo de combustible específico del freno y la eficiencia térmica del freno, lo que reduce significativamente las emisiones de NOx y aumenta ligeramente las emisiones de partículas. (BSFC) de todos los combustibles de prueba disminuye con un aumento en la carga del motor de 0.09 a 0.70 MPa con pendiente decreciente debido a un aumento en la eficiencia térmica del freno a mayores cargas del motor. La carga del motor de prueba más alta de 0,70 MPa, el BSFC mínimo es 225,3 g / kWh para diésel, seguido de 234,8 g / kWh para DBE5, 239,1 g / kWh para DBE10, 240,5 g / kWh para DBE20 y 249,2 g / kWh para biodiésel puro. Por lo tanto, el BSFC para biodiésel puro es el más alto debido a su contenido de energía más bajo, mientras que el del diésel es el menor entre los combustibles de prueba.

BTE aumenta en función del contenido de oxígeno en los combustibles de prueba y aumenta con un aumento en las cargas del motor. Para cada carga del motor, cuanto más oxigenados se agregan a los combustibles, menor es el poder calorífico de las mezclas de combustible y mayor es el BSFC. El CO_2 disminuye con el aumento de la carga del motor a bajas cargas del motor y no cambia mucho con un aumento adicional de la carga del motor de 0,35 a 0,70 MPa. El biodiésel tiene el CO más bajo y el CO_2 más alto entre todos los combustibles de prueba en cargas de motor bajas y medias, pero a un nivel similar al de los otros combustibles con cargas altas.

Conclusiones

- Las mezclas de DBE pueden reducir eficazmente las emisiones de NOx y CO_2, y la concentración de partículas totales y de partículas de todos los tamaños, pero conducen a un aumento de las emisiones de CO y HC en cargas bajas del motor, lo que podría resolverse utilizando un convertidor catalítico de oxidación diésel.
- El uso de DBE facilita el uso eficaz de combustibles mezclados con diésel y biodiésel con una calidad de combustible mejorada y emisiones reducidas, en particular de NOx y PM, sin necesidad de modificar el motor.
- En cuanto al rendimiento del motor, el consumo de combustible específico de los frenos aumenta con el etanol en las mezclas de DBE y aumenta ligeramente debido a la mejora de la eficiencia térmica del freno (BTE) a altas cargas del motor.
- El BTE también aumenta con el Etanol, pero nuevamente aumenta ligeramente cuando los efectos de enfriamiento del etanol se anulan con la alta temperatura del gas en el cilindro a altas cargas del motor
- No hay un cambio significativo en el aumento de presión del cilindro con la adición de etanol como resultado del período de retardo de encendido más corto y, en consecuencia, se acumula y quema menos combustible en la fase premezclada.

Bibliografía

(28)

ARTÍCULO 29										
Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fueled with Biodiesel/Diesel blends	D.H.QiH.ChenL.M. GengY. ZH.Bian	20	70	10	Motor de encendido por compresión DI	x	x	x	BSFC	Emisiones, CO, NOx, CO2

Resultados

En este estudio, el biodiésel producido a partir de aceite crudo de soja se preparó mediante un método de transesterificación, se examinaron los efectos de la adición de biodiésel al combustible diésel sobre el rendimiento, las emisiones y las características de combustión de un motor de encendido por compresión aspirado naturalmente. Se observó un aumento menor en el consumo de combustible específico de los frenos (BSFC) y una disminución en la eficiencia térmica de los frenos (BTE) para el biodiésel y sus mezclas en comparación con el combustible diésel.

Se encontró una mejora significativa en la reducción de monóxido de carbono (CO) y humo para el biodiésel y sus mezclas con cargas elevadas del motor. Los hidrocarburos (HC) no presentaron variaciones evidentes para todos los combustibles probados. Los óxidos de nitrógeno (NOx) fueron ligeramente más altos para el biodiésel y sus mezclas. El biodiésel y sus mezclas exhibieron etapas de combustión similares a las del combustible diésel. El uso de aceite crudo de soja transesterificado se puede sustituir parcialmente por el combustible diésel en la mayoría de las condiciones de operación en términos de parámetros de rendimiento y emisiones

Conclusiones

- El BSFC aumenta con el aumento del porcentaje de biodiésel en las mezclas debido al menor poder calorífico del biodiésel. El BTE del biodiésel y sus mezclas es ligeramente inferior al del diésel con cargas de motor bajas, y mantener casi lo mismo con el motor alto cargas.
- El contenido de oxígeno en el biodiésel da como resultado una mejor combustión y aumenta la temperatura de la cámara de combustión, lo que conduce a mayores emisiones de NOx, especialmente con cargas elevadas del motor.
- Las emisiones de HC del biodiésel y sus mezclas tienen poca diferencia de combustible diésel. También se observa que existe una significativa reducción de emisiones de CO y humo con cargas elevadas del motor.
- La combustión comienza antes del biodiésel y sus mezclas que para diésel. La presión máxima del cilindro de biodiésel y sus mezclas. es más alta que la del combustible diésel, y casi idéntica a alta cargas del motor.

Bibliografía

(29)

ARTÍCULO 30										
Analysis and comparison of performance and emissions of an internal combustion engine fuelled with petroleum Diesel and different bio-Diesels	P.McCarthy, M.G.RasulS .Moazzem	5	90	5	Motor Ci	x		x		Emisiones NOx, HC, CO

Resultados

Este estudio encontró que el rendimiento de combustibles biodiésel se reduce al aumentar la relación de mezcla, con una disminución de la presión del 5% y un aumento del consumo de combustible del 7 al 10%. Esto se puede atribuir al menor contenido energético. De biodiésel en comparación con el diésel de petróleo. Se encontraron algunas emisiones más altas que el diésel de petróleo, mientras que algunos fueron más bajas.

Las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) disminuyeron en 14% para el biodiésel, las emisiones de monóxido de carbono (CO) se redujeron significativamente con reducciones del 58% y 27% respectivamente. Hidrocarburo (HC) se encontró que las emisiones aumentan con el aumento de la proporción de mezcla con un aumento del 10%. Por último, se encontró que las emisiones de dióxido de carbono (CO2) aumento, con un aumento del 6%.

Conclusiones

- Las emisiones de HC y CO_2 de aumentan con el incremento de la cantidad de biodiésel en la mezcla, mientras que la emisión de CO disminuye al aumentar la cantidad de Biodiésel en mezcla.
- La emisión de NOx depende de varios factores, como el tipo de motor y procedimiento de prueba utilizado. En este experimentó el biodiésel muestra una tendencia decreciente al aumentar la mezcla para las emisiones de NOx
- Los biodiéseles que tienen un mayor contenido de oxígeno pueden generar menos emisiones de CO con una proporción de mezcla creciente debido a la combustión complete en el motor diésel.

Bibliografía										
(30)										
ARTÍCULO 31										
Ethanol–biodiesel–diesel blends as a diesel extender option on compression ignition engines	Máté Zöldy	10	80	10	motor mono cilíndrico estándar de 4 tiempos con relación de compresión variable e Inyección indirecta de combustible	x	x	x	Desempeño Energético	Emisiones de CO,HC,NOx,
		5	90	5						
		7,5	90	2,5						
		2,5	90	7,5						
		7,5	87,5	5						
		5	92,5	2,5						
		4	94	2						
		8	88	4						

Resultados

Los resultados experimentales mostraron que el rendimiento del motor de encendido por compresión se mejoró utilizando BDE, particularmente en comparación con el 20% de biodiésel. Además, las emisiones de escape de BDE se redujeron bastante en comparación con el diésel Euro 5, biodiésel puro y mezcla de biodiésel con 5%, 10% y 15% de etanol se probaron en una inyección directa de aspiración natural de 4 cilindros. Con base en los resultados obtenidos y en comparación con el diésel Euro 5, los combustibles mezclados podrían llevar a una reducción tanto de NOx como de PM del motor diésel. La efectividad de las reducciones de NOx y partículas son más efectivas con un aumento de alcohol en las mezclas.

Con un alto porcentaje de alcohol en las mezclas, las emisiones de HC y CO podrían aumentar y la eficiencia térmica del freno puede ser ligeramente reducido. Además, el uso de etanol al 5% de las mezclas también podría reducir emisiones de HC y CO. El poder calorífico de las mezclas que contienen menos del 10% de etanol. No fue significativamente diferente al del diésel.

Conclusiones

- La valorización de los resultados obtenidos muestra que las mezclas de BDE cumplen con los requisitos del número de cetano, viscosidad y lubricidad para diésel estándar.
- Las pruebas del motor han demostrado que la utilización del nuevo combustible reduce las emisiones del motor.

- De manera similar a otros tipos de biocombustible, el proceso de la introducción de la mezcla de tres componentes podría llevarse a cabo
  paso a paso.
- Es recomendado p ara mejorar la formación de emulsiones, usar dos veces más biodiésel en la mezcla que etanol
- En la primera etapa, una mezcla de 1 v / v% de etanol, 2% v / v de biodiésel y 97% v / v de diésel es sugerido, mientras que más tarde los porcentajes se pueden aumentar para cargas altas en 4% v / v de etanol y 8% v / v de biodiésel

Bibliografía

(31)

ARTÍCULO 32

Characteristics comparison of Biodiesel-Diesel Blend (B20) Fuel with Alcohol Additives	P. Venkateswara Rao., D. Prabhakara Chary	15	80	5	Motor de prueba de inyección directa	x	x		Potencial energético,, punto de inflamación	
		10	80	10						

Resultados

La observación general es que la adición de etanol mejora las propiedades del biodiésel, diésel mezcle el combustible. Por tanto, los alcoholes se pueden utilizar como aditivo para disminuir la densidad / viscosidad de la mezcla. El punto de inflamación del biodiésel es mucho más alto, los puntos de inflamación del biodiésel son 143% y 43% más que el combustible diésel. El biodiésel se puede almacenar fácilmente con punto de inflamación más alto, pero inicialmente la temperatura alta es necesario para quemar en la cámara de combustión.
Como los puntos de inflamación y combustión del etanol son muy inferiores en comparación con diésel y biodiésel, los puntos de inflamación y combustión de las mezclas disminuye con el aumento del porcentaje de etanol. Las mezclas con combustibles 5% y 10% de aditivo de etanol. disminuye el punto de inflamación en un 32,8% y un 25% de manera similar, una pequeña cantidad de alcohol la adición en la mezcla de combustible reduce la viscosidad en un 25,4%, 26,6% y 22%, 23,4% para 5% y 10% de etanol respectivamente en comparación con el combustible dièsel.

Conclusiones

- Mezclar combustibles de biodiésel (B20) con etanol tiene menor densidad y viscosidad que combustible dièsel.
- Adición de pequeñas cantidades de etanol en 5% y 10% por volumen diluido, la viscosidad y la densidad fueron reducido a costa del aumento del punto de inflamación y número de cetano.
- La reducción de propiedades mejora el motor. funcionamiento en términos de rendimiento, combustión y características de emisión con estos combustibles combinados.

- El combustible de mezcla se puede almacenar fácilmente con un punto de inflamación más alto, pero inicialmente se requiere una temperatura alta para quemar en la cámara de combustión.
- El índice de cetano del combustible de mezcla es mayor con viscosidad, que mejora la velocidad de combustión para mejorar la potencia de salida del motor.

Bibliografía

(32)

ARTICULO 33

Particle size distributions from a city bus fuelled with ethanol–Biodiesel–Diesel fuel blends	O. Armas ⇑ , A. Gómez, C. Mata, A. Ramos	30	60	10	Motor diésel de un Autobus Urbano	x		x		Numero de particulas, Diámetro de núcleos
			92	7,7						

Resultados

El uso de mezclas de combustibles oxigenados, con menor proporción de hidrocarburos aromáticos y azufre en su composición, conduce a una reducción tanto del número como del tamaño de las partículas. Sin embargo, estos combustibles aumentan la concentración de núcleos, manteniendo constante el diámetro de los núcleos. El vehículo emitió un aerosol con baja concentración de partículas, El diámetro de partícula del modo de acumulación es bastante alto, reduciendo así la relación superficie-volumen de partículas. La mayor concentración de partículas (3,5 107 # / cm3) se observó con combustible diésel, y concentraciones de partículas de no más de 1 107 y 5 106 # / cm3 se midieron cuando el BDE se utilizaron como combustibles,

Estos resultados muestran una reducción del 73% y el 86% en la concentración de partículas en comparación al combustible diésel convencional cuando las mezclas de combustible EBD fueron utilizado, respectivamente. Investigaciones anteriores han informado de una significativa reducción de la opacidad del humo en los gases de escape durante las pruebas realizadas en comparación con el combustible diésel, las mezclas de combustible EBD produjeron una gran reducción de la concentración de partículas a lo largo de la transición

Conclusiones

- Se observó una clara bimodalidad de distribuciones de tamaño de partículas. La bimodalidad de las distribuciones pueden explicarse por nucleación de hidrocarburos y formación de gotas. El vehículo probado no tiene diésel catalizador oxidante (DOC) ni filtro de partículas diésel (DPF), este contribuyendo a una emisión de hidrocarburos relativamente alta.

- El uso de mezclas de combustibles oxigenados, con menor proporción de hidrocarburos aromáticos y azufre en su composición, conduce a una reducción tanto del número como del tamaño de las partículas del modo de acumulación. Sin embargo, estos combustibles aumentan la concentración de núcleos, manteniendo constante el diámetro de los núcleos.
- Finalmente, una disminución tanto en la concentración total de partículas como el diámetro medio total se pudo observar cuando las mezclas de combustible fueron usó

Bibliografía

(33)

ARTICULO 34

The Effect of Different Diesterol (Diesel–Biodiesel–Ethanol) Blends on Small AirCooled Diesel Engine Performance and Its Exhaust Gases	Yaser Noorollahi, Mohsen Azadbakht, Barat Ghobadian			100	Motor diésel de inyección directa	x	x	x	Potencia y torque	Emisiones de CO, NOx,CO_2
		97	2	1						
		94	4	2						
		91	6	3						

Resultados

Los resultados de los experimentos mostraron que el uso de BDE de mezcla de combustible, potencia y torque del motor no permanecen exactamente constantes, las emisiones de hidrocarburos disminuyeron aproximadamente un 10% y el dióxido de carbono (CO_2) aumentó alrededor de un 7% en todas las mezclas de combustible, Los efectos de la potencia, en comparación con el rpm del motor, en diferentes mezclas de combustible de BDE al aumentar el porcentaje de biodiésel y etanol , el frenado del motor el efecto se incrementa principalmente y luego se reduce. Esto se debe al biodiésel oxigenado y la alta volatilidad del etanol en comparación con el diésel, provocando micro emulsión en el combustible de inyección.

Las emisiones de CO_2 y CO en relación con la velocidad del motor debido a diferentes mezclas de combustible de diésel demuestran los cambios en el monóxido de carbono de escape, se observan en base al porcentaje de volumen (% V) en comparación con la velocidad del motor que la cantidad de dióxido de carbono se redujo usando mezclas de combustible de BDE en comparación con el diésel puro. la cantidad de dióxido de carbono se reduce usando combustible de BDE

Conclusiones

- Al utilizar la mezcla de combustible D91B6E3, se aumenta la potencia del motor, mientras que al emplear otras mezclas de combustible de diésel se reduce.

➢ Con la mezcla de combustible D91B6E3, el par más alto se produce a 2100 rpm y 2500 rpm, mientras que, para otras mezclas de combustible, el par se reduce en el mismo rango. ➢ A 2100 rpm, el combustible D100 tiene la potencia máxima y el consumo mínimo de combustible, mientras que el D94B4E2 tiene el mayor consumo de combustible y la potencia mínima. ➢ La mayoría de los óxidos de carbono (CO,) se generan en diésel puro con una velocidad de 2900 rpm, generando 0,63 g de monóxido y 1,76 gramos de dióxido de carbono; los óxidos de carbono más bajos se producen en D91B6E3 a 2500 rpm: 0,44 g de monóxido y 1,42 gramos de dióxido de carbono. ➢ En D97B2E1, la mayoría de los hidrocarburos (55,88 g) se producen a 2100 rpm, mientras que en D91B6E3 los hidrocarburos más bajos (40,58 g) se generan a 2500 rpm. ➢ En D91B6E3, la mayoría de los NOx (56,52 g) se generan a 2900 rpm; en D97B2E1, los NOx más bajos (48,27 g) se generan a 1700 rpm. ➢ La emisión máxima de D97B2E1 pertenece a la velocidad de 2100 rpm y la emisión mínima de D91B6E3 se produce a una velocidad de 2900 rpm. Agregar un alto porcentaje en volumen de biodiésel y etanol reduce las emisiones de un pequeño motor diésel refrigerado por aire
Bibliografía
(34)

Propiedades químicas de los combustibles mezclados

A continuación, se presenta una tabla resumen que involucra las propiedades de composición química de los combustibles mezclados, se separó el numero de cetano de cada combustible para resaltar la diferencia porcentual entre cada uno, identificar variación o comportamientos diferentes según el porcentaje añadido a las mezclas BDE. Es notable la diferencia del número de cetano entre los 3 combustibles ya que el biodiésel y diésel contribuyen a una proporción adecuada de combustión, reduciendo perdidas de calor, enfriamiento del motor y altas emisiones por combustión incompleta (M. Mofijur, 2006).

Adicionalmente se representa la variación de la viscosidad, el punto de inflamación y el incremento del calor interno del motor, cuando se mezclan altos contenidos de etanol, como uno de los factores principales del aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y fallas a nivel interno del sistema

Tabla 2 Propiedades químicas de los combustibles

TABLA DE PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS COMBUSTIBLS MEZCLADOS (DIÈSEL, BIODIÈSEL, ETANOL)										
# De artìculo	Biodiésel	Numero de cetano	Diésel	Numero de cetano	Etanol	Numero de cetano	Densidad [kg/m3]	Viscosidad [mm2 /s]	Punto de inflamación [°C]	Calor evaluado [MJ/kg]
1	22	66	72	55	5	6	870	3,5	38	
2	45	52	45	52	10	6	850	4,2	70	44,8
3	47	55	47	46	5	6	840	3,04		40,9
4	42	52	43	52	15	6	810	4,57		44,8
5	40	50	40	40	20	6			14	37,7
6	15	51	74	52	24	6	830	4,6		29,2
7	5	50	80	41	15	6	823	1,84		48,28
8	5	51	80	40	15	6	226	1,84		48,28
9	10	50	70	52	20	6	832	2,38	14	39,93
10	30	50	60	51	10	6	826	2,44	18,5	39,1
11	80	52	10	48,1	10	6	843	2,61		43,15

TABLA DE PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS COMBUSTIBLS MEZCLADOS (DIÈSEL, BIODIÈSEL, ETANOL)										
# De artìculo	Biodiésel	Numero de cetano	Diésel	Numero de cetano	Etanol	Numero de cetano	Densidad [kg/m3]	Viscosidad [mm2 /s]	Punto de inflamación [°C]	Calor evaluado [MJ/kg]
12	20	52	75	50	5	6	852		18	
13	20	51	70	48	10	6	850	3,42	76	42,4
14	5	51	90	41	5	6	831		17,5	44,5
15	10	50	80	40	10	6		3,41		44,7
16	50	48	45	50	5	6	830	2,51		
17	15	51	75	52	10	6	840	4,6		42,5
18	10	50	70	40	20	6	830	3,7		
19			80	50	20	6	855	4,51	78	42,5
20	50	50	35	50	15	6	830	3		
21	10	50	80	50	10	8	845	3	60	42,6
22	8	51	85	48	10	6	839	3,1		45,5
23	15	56	80	54	5	8	840	3,7		45,2
24	15	51	70	43	15	6	854	2,42	30	38,6
25	10	50	70	40	20	6	832	2,38	14	39,9
26			80	42	20	6		1,52		
27	50	50	30	51	20	6	820	3,75	32	40
28	15	51	80	52	5	6	840	3,7	14	17

TABLA DE PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS COMBUSTIBLS MEZCLADOS (DIÈSEL, BIODIÈSEL, ETANOL)										
# De artìculo	Biodiésel	Numero de cetano	Diésel	Numero de cetano	Etanol	Numero de cetano	Densidad [kg/m3]	Viscosidad [mm2 /s]	Punto de inflamación [°C]	Calor evaluado [MJ/kg]
29	5	51	90	52	5	6	833	3,8		45,9
30	20	50	70	52	10	6	832	4,8	67	42,5
31	10	50	80	51	10	8	840	3,7	14	
32	15	50	80	51	5	6	832			
33	30	50	60	50	10	6	843	2,61		43,15
34	97	50	2	51	1	8				

Emisiones de contaminante químico (CO) en motores CI y FI (Carga media)

A continuación se representa la tabla de emisiones para el gas contaminante CO, el cual es comparado con el valor porcentual en Volumen (%V) del diésel convencional, cabe resaltar que la diferencia del sistema CI FI, no representa variaciones en el comportamiento del (BTE) (Mwangi, 2011). Debido a esto el análisis de emisiones para cada artículo evaluado se pudo lograr sin identificar condiciones de combustión de cada sistema, se puede notar que todo depende del contenido porcentual de las mezclas BDE.

Tabla 3 Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de CO

Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de CO (Carga media)					
Biodiésel	Diésel	Etanol	# De articulo	CO (%)	Diésel (%v)
22	72	5	1	0,2	0,05
45	45	10	2	0,04	0,05
42	43	15	4	0,08	0,05
15	74	24	6	0,1	0,05
5	80	15	7	0,05	0,05
5	80	15	8	0,03	0,05
10	70	20	9	0,07	0,05
80	10	10	11	0,05	0,05
20	75	5	12	0,234	0,05
20	70	10	13	0,05	0,05
5	90	5	14	0,08	0,05
10	80	10	15	0,05	0,05
50	45	5	16	0,08	0,05
15	75	10	17	0,05	0,05
10	70	20	18	0,08	0,05
15	80	5	23	0,08	0,05
15	70	15	24	0,05	0,05
10	70	20	25	0,07	0,05

Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de CO (Carga media)					
Biodiésel	Diésel	Etanol	# De articulo	CO (%)	Diésel (%v)
50	30	20	27	0,07	0,05
15	80	5	28	0,08	0,05
5	90	5	29	0,05	0,05
30	60	10	33	0,05	0,05
			34	2,5	0,05

Evaluación de misiones de CO (%)

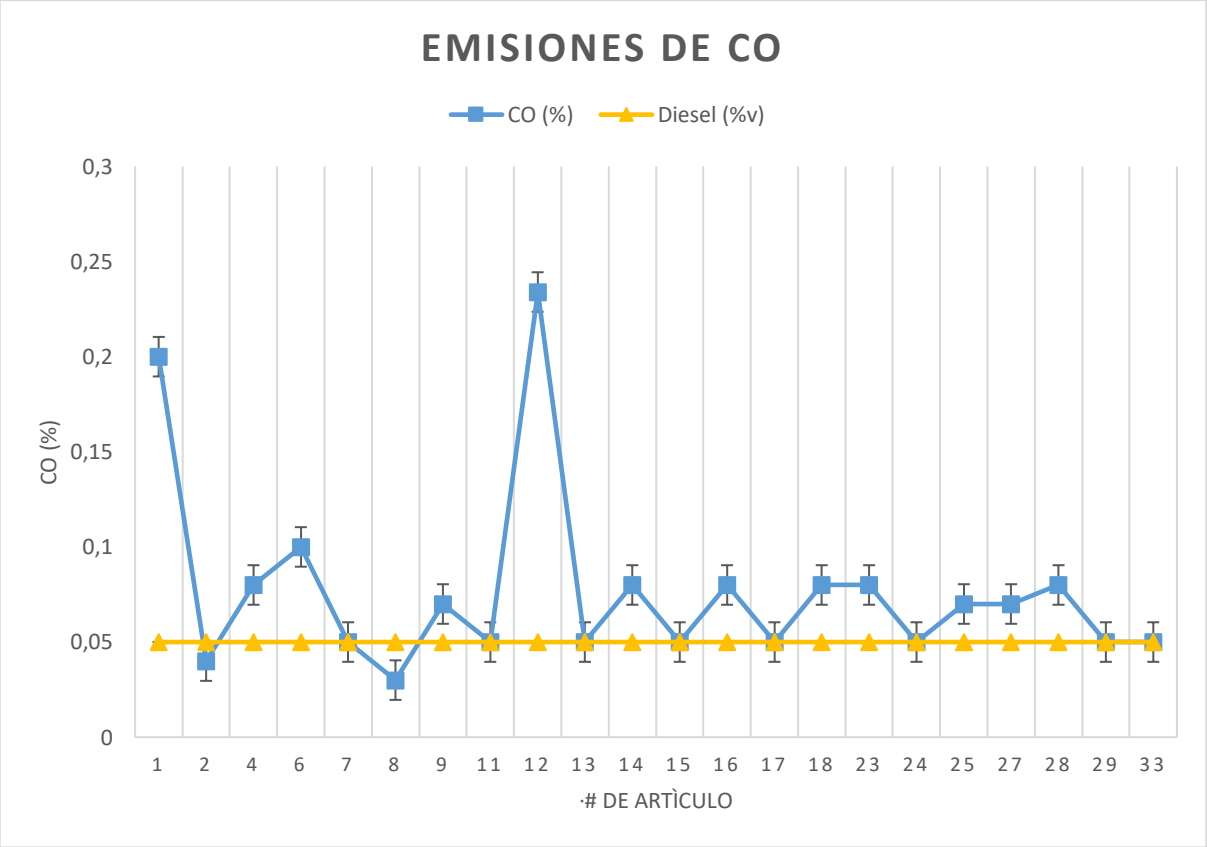

Ilustración 1 Variación de misiones de CO respecto al valor estándar del dièsel convenciona

Análisis gráfico de emisiones CO

Las emisiones de CO son comparadas con el valor estándar de emisiones de la Euro V en donde el valor promedio es de 0.05 %V de CO, este valor es la cantidad máxima permisible de emisiones que puede arrojar la salida del escape de un vehículo alimentado con combustible diésel. Los resultados que arroja la ilustración 1 demuestran que muchas de las mezclas utilizadas logran reducir las emisiones de CO, estos valores se dan por el tipo de combustión que se presentan en cada motor (Combustión incompleta) pero aun así solo 10 lograron estar por debajo o igual del valor permisible de la norma.

Como se puede ver en la gráfica Ilustración 1 los artículos 2,7,8,11,13,15,17,24,29,33 presentan concentraciones iguales o menores comparados con el valor máximo permisible, se puede evidenciar que estos artículos presentan concentraciones comunes de etanol. Estas mezclas mantienen un margen porcentual máximo del 10 % de etanol en mezclas BDE. En comparación con rangos mayores como en las otras mezclas que contienen valores superiores al 10%.

Sin embargo hay dos comportamientos similares para dos tipos de mezclas, el articulo 1 y 12 tienen concentraciones iguales del 5% en donde como resultado presentan los valores más altos por las mezclas BDE con concentraciones entre el 0.2 y 0.24 % CO, Como bien se conoce las emisiones de CO son causadas por oxigeno insuficiente y bajas temperaturas en el cilindro del motor, los resultados según (Manida Tongroon , 2019) expresan que una de las principales causas de las emisiones de CO son las mezclas con altos contenidos de etanol. La mezcla B22D72E5 muestran que la concentración de CO depende de la relación aire/combustible en conjunto de la velocidad del motor (RPM, ya que si existe una velocidad constante y como principal factor decisivo para las emisiones de CO pasa a depender de contenido del biocombustible (Manida Tongroon, 2019).

Como conclusión, se menciona que los estudios con alto valor de concentración de CO, se deben por el alto retraso en la ignición causado por alcoholes y se expresa que las emisiones de CO aumentan al incrementar el contenido de etanol por mayor del 20%v, esto por el alto contenido de evaporación del (840 kj /kj) (Manida Tongroon , 2019).Para la mezcla B20D75E5 se expresa que la adición de etanol con su bajo número de cetano y la reducción de la temperatura de los gases de escape producen la combustión incompleta y evidentemente aumento de CO.

Emisiones de contaminante químico (NOx) en motores CI y FI (Carga media)

A continuación, se presenta la tabla de emisiones de NOx el cual integra la composición de cada mezcla BDE y su respectivo valor en ppm, el valor justificado en cada artículo se comparó con el valor total de 200 ppm mencionado en la Euro V. La variación en las emisiones depende del porcentaje bajo de etanol, inferior o superior al biodiésel del 20 al 45 % y aumento del calor latente de evaporización, por estas dos variaciones se encuentran resultados superiores a 200 ppm.

Cabe resaltar que diferentes artículos encontrados en la literatura mencionan el efecto importante de la utilización de aditivos en la combustión para reducir este incremento en las emisiones de NOx, aumento del BTE y BSFC.

Tabla 4 Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de NOx

Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de NOx (CARGA MEDIA)					
Biodiésel	diésel	Etanol	# De articulo	NOx (ppm)	diésel (ppm)
22	72	5	1	215	200
45	45	10	2	110	200
42	43	15	4	110	200
15	74	24	6	220	200
5	80	15	7	230	200
5	80	15	8	250	200
10	70	20	9	255	200
80	10	10	11	80	200
20	75	5	12	205	200
20	70	10	13	182	200
5	90	5	14	210	200
10	80	10	15	152	200
50	45	5	16	190	200
15	75	10	17	205	200
10	70	20	18	220	200
15	80	5	23	190	200
15	70	15	24	225	200

10	70	20	25	225	200
50	30	20	27	225	200
15	80	5	28	200	200
5	90	5	29	215	200
30	60	10	33	142	200
			34	200	200

Evaluación de emisiones de NOx (ppm)

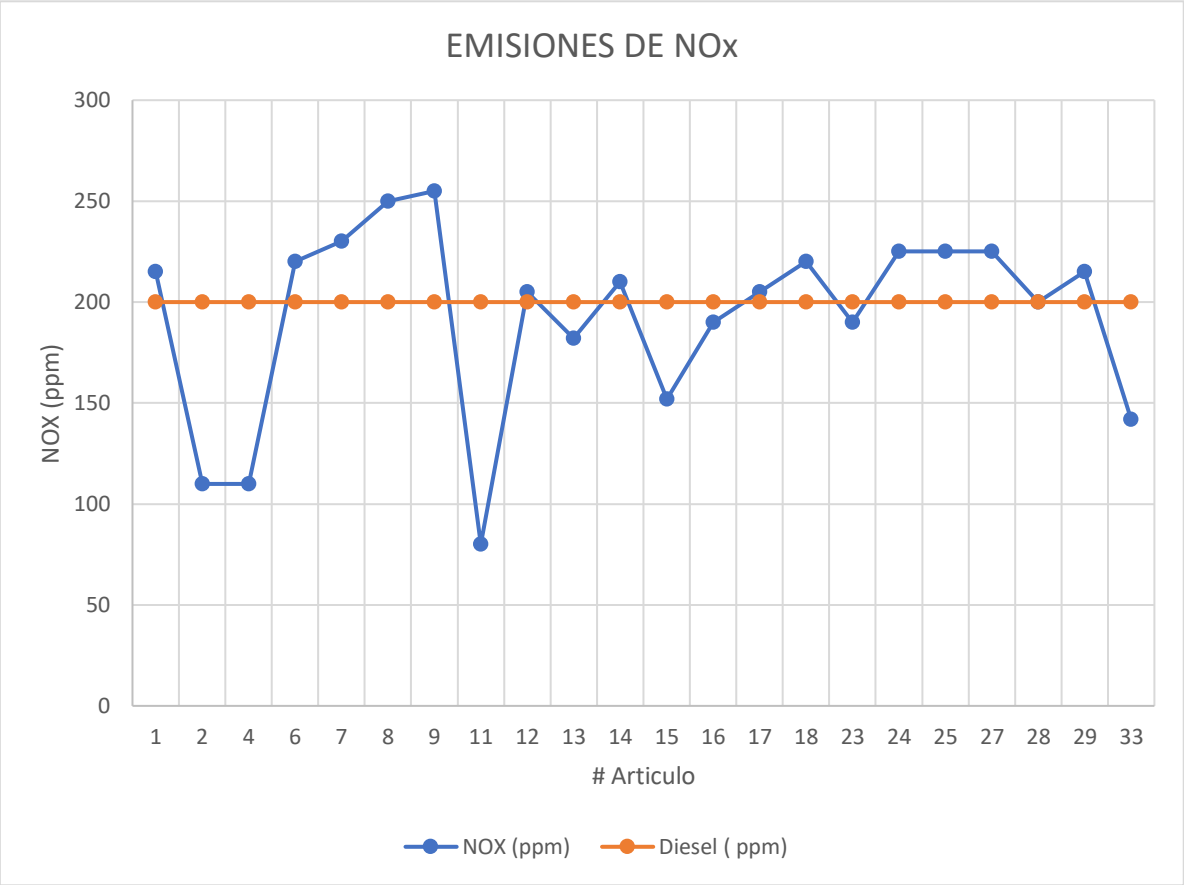

Ilustración 2 Variación de misiones de NOx respecto al valor estándar del diésel convencional

Análisis gráfico de emisiones NOx

Como se puede observar en la ilustración 2 los óxidos de nitrógeno siguen siendo un problema de los motores CI, las emisiones de NOx son uno de los factores más importantes en el medio ambiente, la utilización de mezclas BDE logrò reducir las emisiones de NOx debido a múltiples factores y componentes específicos de los motores de combustión de diésel tradicional. 8 mezclas de las utilizadas en la evaluación de emisiones lograron estar por debajo de los niveles permisibles máximos suministrados por la Euro V, la ilustración 2 muestra como mezclas con contenidos bajos de biodiésel logran presentar aumentos en las emisiones del contaminante. A diferencia de contenidos altos en la composición del biodiésel en BDE los resultados son prometedores, logran estar por debajo del valor máximo permisible.

Las mezclas de los artículos 2, 4, 11, 13, 16, 23, 28,33 tienen un contenido de biodiésel superior al 20 en ppm eso explica que una mayor proporción de biodiésel sobre etanol en la mezcla anula los efectos de enfriamiento y como producto logra obtener una mayor temperatura de los gases de escape a plena carga (Krishna, 2018), en comparación con el estándar de la concentración de combustibles mezclados con etanol aumentan en cantidades las emisiones de NOx.

Sin embargo se conoce que las emisiones de NOx son complejas y en algunos casos no concluyentes, cualquier índice de cetano densidad del combustible o combustibles aromáticos pueden influir en las emisiones de NOx (M. Mofijur , 2006), Se puede identificar en las concentraciones bajas entre 15,5,10 ppm de biodiésel en artículos 6,7,8,9 que este juega un papel importante en el contenido de oxígeno de la mezcla, y como ese contenido ayudara a tener una mayor combustión reduciendo emisiones NOx y aumentando las emisiones de CO_2, el articulo 9 con una mezcla de B10D70E20 logró tener los mayores resultados de emisiones de NOx, esto se debe al poco contenido de oxígeno el valor alto de concentración del etanol, un aumento de la combustión premezclada y su duración de total de combustión acortada (Zhen Huang,2013).

Emisiones de contaminante químico (HC) en motores CI y FI (Carga media)

A continuación, se representan las emisiones de HC en ppm, las cuales no presentaron incrementos superiores comparados con el diésel convencional, esto debido al alto contenido de oxígeno del biodiésel y la búsqueda de una combustión completa, con evaluaciones de eficiencia térmica en el sistema de combustión.

Tabla 5 Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de HC

Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de HC (CARGA MEDIA)					
Biodiésel	Diésel	Etanol	# De artìculo	HC (ppm)	Diésel (ppm)
22	72	5	1		15
45	45	10	2	10	15
42	43	15	4	10	15
15	74	24	6		15
5	80	15	7	50	15
5	80	15	8	10	15
10	70	20	9	8	15
80	10	10	11	10	15
20	75	5	12	8	15
20	70	10	13	10	15
5	90	5	14		15
10	80	10	15	8	15
50	45	5	16	8	15
15	75	10	17	10	15
10	70	20	18		15
15	80	5	23		15
15	70	15	24	11	15
10	70	20	25	25	15
50	30	20	27		15
15	80	5	28		15

Presentación de emisiones evaluadas en motores diésel de HC (CARGA MEDIA)					
Biodiésel	Diésel	Etanol	# De artìculo	HC (ppm)	Diésel (ppm)
5	90	5	29		15
30	60	10	33	8	15

Evaluación de emisiones de HC (ppm)

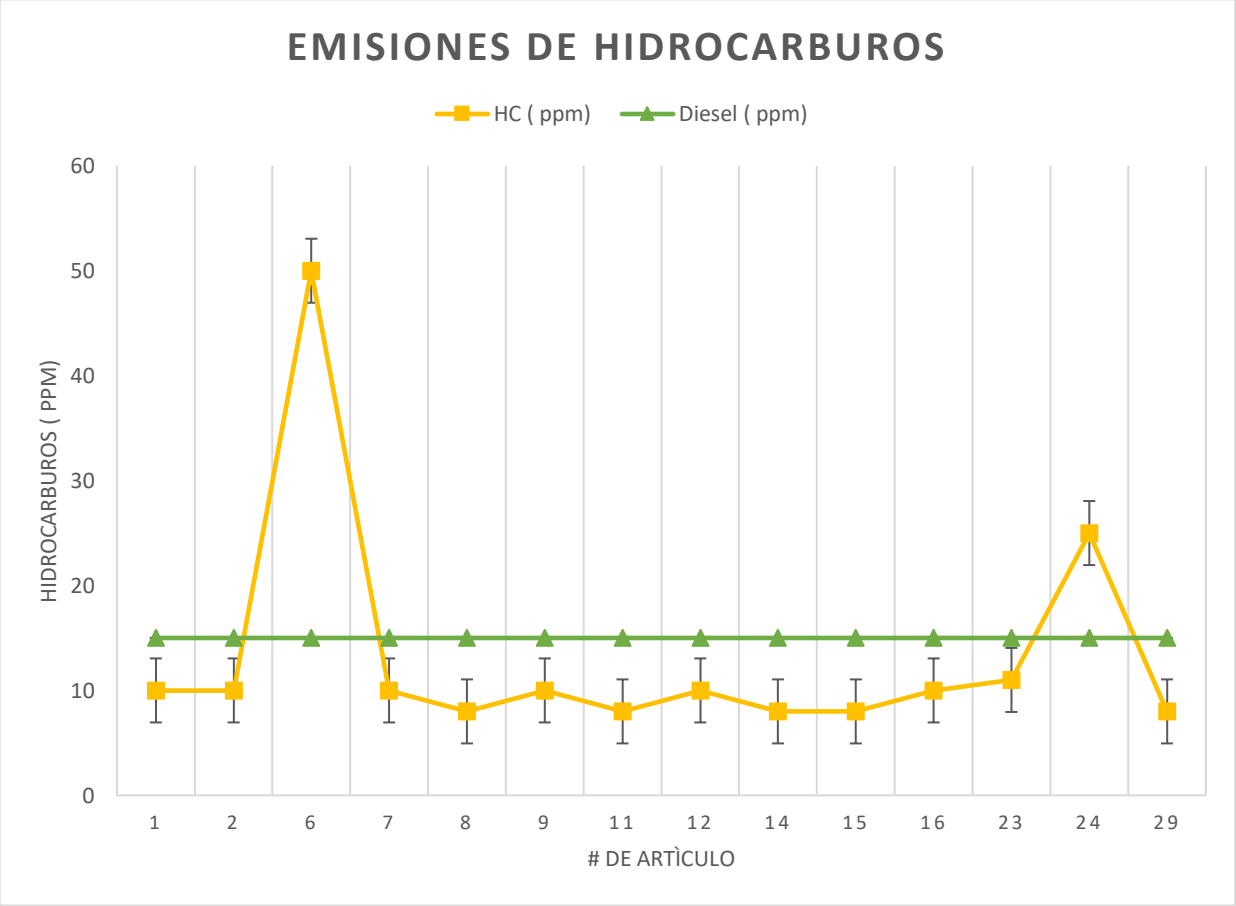

Ilustración 3 Variación de misiones de HC respecto al valor estándar del dièsel convencional

Análisis gráfico de emisiones de hidrocarburos

A diferencia de los demás contaminantes los hidrocarburos presentan muy buenos resultados. Las emisiones de HC son productos de combustiones incompletas, pero la utilización de etanol así sea con un mínimo rango del 5% o un máximo rango de biodiésel del 20% presenta reducción en las emisiones de HC (Mariano Diniz, 2016).

Todas las mezclas evaluadas menos las del articulo 6 y 24 presentan resultados positivos en la reducción de emisiones de HC al ser comparadas con el valor máximo permisible de la Euro V con un total de 15 (ppm), Existen muchos artículos que mencionan una disminución por parte del etanol, como otros que explican la importancia del etanol en la mezcla pero todo depende de las condiciones del motor, uno de los factores que más abarcan la disminución de los HC es el alto contenido energético de la mezcla y el oxígeno del biodiésel (Rasul, M , 2016)

Discusión de resultados

Consumo de combustible específico del freno (Brake-Specific-Fuel-Consumption)

El consumo específico del combustible (BSFC) se define como la relación entre el caudal masico de combustible y la potencia de salida efectiva obtenida del motor, que comúnmente depende de la inyección volumétrica de combustible, sistema de combustión, densidad, viscosidad y poder calorífico (Manida Tongroon, 2019). El BSFC es una cantidad ampliamente utilizada para caracterizar motores dependiendo de su rendimiento térmico en términos de consumo del combustible (Wang, L.-C. 2011).

Un motor más eficiente tiene un BSFC más bajo para un rendimiento de salida de potencia dado, el aumento constante de las BSFC se identifica por disminuir el poder calorífico del combustible, siguiendo las mismas tendencias que se informaron por (Shahir et al.). Sin embargo, según (Manida Tongroon, 2019) las propiedades de las mezclas de combustibles redujeron la diferencia en la variación de BSFC ya que algunos investigadores como (Bhuiya, 2006) y (Cumali İlkılıç, 2010) encontraron diferencias entre el diésel y las mezclas BDE con un aumento del 32.4% en BSFC en condiciones de motor con una adición del 30 % de biodiésel. Se observa un aumento del 27%, 32% y 36% para las mezclas con porcentajes de B10D85E5, B10D80E10 y B10D75E15, respectivamente, a plena carga del motor.

El comportamiento es debido a un menor poder calorífico y altas viscosidades de los combustibles, (Nuwong Chollacoop, 2019) asegura que se obtendrán mejores resultados si se atribuye una mezcla ideal manteniendo una relación proporcional a biodiésel etanol.

Según (Nicolas Jeuland, 2012) si se aumenta el porcentaje de biodiésel a un total de B40D40E20 existe un aumento moderado del BSFC entre 1500 y 2500 rpm, que es coherente con el bajo contenido energético de combustión. Pero (Marius Mažeika, 2014) encontró uno de los valores más bajos para BSFC con un valor calorífico neto de 6.3% con una alta eficiencia térmica. El contenido de oxígeno del combustible alcanzo un 1.5%, hasta lograr llegar al 5.4% y 15.2%.

(Zhen Huang, 2013) utilizo una mezcla casi proporcional a la anterior con un valor de B10D70E20 y concluyo que al aumentar hasta un 20% el contenido de etanol producida un

aumento en todas las cargas del motor de BSFC, a medida que aumenta el etanol se retarda la sincronización de la inyección. El BSFC puede ser explicado por la combustión incompleta resultante de la baja temperatura medida que se retarda la sincronización de la inyección (Zhen Huang, 2013)

Para BDE20 los BSFC son más altos en comparación del combustible diésel, el aumento de BSFC para BDE20 es del 8.06% respectivamente comparado con el del combustible diésel, porque hay que tener más combustible inyectado para tener la misma potencia de salida, debido al menor poder calorífico del etanol (Zhen Huang, 2013).

Por otro lado, (Lei Zhu, 2011) el BSFC disminuye con un aumento de la carga del motor utilizando mezclas con un porcentaje de B80D10E10, pero esto fue comparado con el diésel euro V, para cada carga del motor, el BSFC aumenta con la proporción de etanol en el combustible mezclado.

Eficiencia Térmica (Brake-Thermal-Efficiency)

La eficiencia térmica (BTE) se define como la producción de energía útil del motor diésel en función de la energía térmica contenida en el combustible (Abdul Salam, 2019). El BTE para la mezcla B22D72E5 estudiada por (Abdul Salam, 2019) demostró un aumento leve que abarca el valor más alto del 30% y disminuye gradualmente. La eficiencia térmica promedio de las mezclas se encuentra similar al del diésel convencional, diferentes artículos justifican que las mezclas BDE producen un BTE con una desviación máxima del 1% en comparación al diésel (Abdul Salam, 2019) y (Bhuiya, 2006).

(Subbaiah y Col), y (Shahir y Col) encontró un BTE más alto para las mezclas BDE en comparación con el diésel en condiciones de carga del motor. La variación máxima identificada fue del 1.5%, 2.5% y 3% con adición de 5%, 10% y 15% de etanol, respectivamente, con 10% de biodiésel y el restante de diésel. (Barabas y Col) estudiaron el rendimiento del motor CI y las características de emisión con B10D85E5, B15D80E5 y B25D70E5 e identificaron que el BTE para aumentar en 1.3% a 21.7% en diferentes condiciones de cargas, es necesario aumentar el contenido de biodiésel en las mezclas hasta un 45%.

(Li Et, al.) Estudiaron el efecto de la adición de etanol en la eficiencia térmica comparando el BTE con el uso de diésel o biodiésel, probaron D95E5 B85E15 en un motor monocilindrico a 1760 y 2200 rpm. Encontraron mejoras significativas en la eficiencia térmica, ya que la adición de etanol logra una mejor calidad de pulverización de combustible debido al punto de ebullición más bajo, combustión mejorada debido a la propiedad oxigenada del biodiésel y la disminución de la perdida de calor gracias a la temperatura de llama más baja del etanol (Yilmaz, N. 2012). Sin embargo, predomina la utilización del biodiésel como ventaja comparativa del etanol como una diferencia térmica en comparación del diésel.

(Marius Mažeika, 2014) evaluaron las emisiones y las propiedades energéticas de un motor diésel DI monocilindrico ZS1100 demostró que el BTE aumento para las mezclas que contengan etanol entre el 10 y 15% en cualquier condición de carga. La comparación de los resultados muestra que el efecto del etanol sobre las reacciones de oxidación en el combustible rico en oxígeno depende exactamente de la proporción utilizada. Sin embargo, utilizando las mezclas con contenido de etanol superior al 15 dieron como resultados BTE de 2.1% y 0.5% más bajo que el diésel regular el cual arroja resultados positivos a los 1400 y 1800 rpm.

Se sabe que la eficiencia térmica del motor está relacionada con la eficiencia térmica del freno, ya que el frenado es la producción y la energía introducida a través de la inyección del combustible (Marius Mažeika, 2014), este último siendo el producto del caudal masico de combustible inyectado y el menor valor de calentamiento (Marius Mažeika, 2014). Se encontró que existe una disminución en la eficiencia térmica cuando se retarda la sincronización de la inyección, para BDE20 y mayores concentraciones de etanol, la eficiencia térmica del freno es similar para a la del combustible diésel, para una carga del motor de 0.9 MPa y una sincronización de inyección de 1.8 grados (Marius Mažeika, 2014).

El biodiésel da como resultado una menor eficiencia térmica, pero tiene una mayor actividad de reacción en la zona rica en combustible debido a el oxígeno del etanol, lo que reduce la duración de la combustión, además mejora la calidad de inyección dado que el punto de ebullición, la densidad y la viscosidad del etanol son menores que el diésel (Marius Mažeika, 2014). Las pérdidas de calor disminuyen en el cilindro debido a temperatura de llama más baja del etanol que la del diésel, residencia en la eficiencia térmica para todos los combustibles es casi lo mismo.

Se conoce que el BTE aumenta con el incremento de la carga del motor, sin embargo, el BTE del combustible diésel disminuye a 0.7 MPa, lo que indica un deterioro en el rendimiento del motor que usa como combustible diésel (Zhang, 2011). El BTE de biodiésel es más alto que el del diésel según la Euro V y aumenta con cargas del motor, incluso a 0.70 MPa, por tanto, la diferencia en BTE entre los combustibles es muy significativa. Las mezclas de BDE tienen casi el mismo BTE, que el biodiésel convencional. Según (Zhang, 2011) las mezclas son superiores su BTE excepto a porcentajes de E5 y E20, se asegura que en todos los modos las mezclas podrían contribuir el aumento de BTE.

Además, según el análisis de la tasa de liberación de calor, el calor liberado está más cerca del punto muerto superior (Punto de retraso de inyección) lo que lleva a un trabajo más positivo, más alto realizado en el pistón y, por lo tanto, a un BTE más alto que el del combustible diésel convencional (Zhen Huang,2011). El etanol tiene proporciones estequiométricas de aire/combustible más bajas que el biodiésel y combustible diésel, por lo que mezclar etanol en biodiésel conduce a una combustión con mayor BTE.

Como se esperaba, la eficiencia del motor tiene una tendencia a la eficiencia de frenado de los combustibles si no se utilizan las proporciones adecuadas el BTE disminuye si la eficiencia de los frenos también, BDE20 según (Cumali İlkılıç, 2010) ha representado el

límite completo de las alteraciones de eficiencias térmicas en los motores, porcentajes mayores al 20% de etanol producen un calentamiento más bajo internamente. Sin embargo, la lubricidad adicional de biodiésel fue más alta que los combustibles diésel en conjunto de periodos de combustión más rápidos.

(H. Willcutt. 2009) utilizo una mezcla con contenido B10D70E20 e identifico cambios significativos del uso del etanol en relación con el BTE, el BTE medio del motor es aumentado más del 33%, cuando la relación de compresión se eleva gradualmente de 18 a 20, una vez toca el valor máximo de rpm existe una eficacia de presión mediante el uso de etanol hidratado (con contenido de agua).La eficiencia térmica del motor se produce al aumentar la relación de compresión del motor, lo que provoca una evaporación más rápida de las mezclas de etanol , lo que resulta en mejoras, efecto de las mezclas con etanol y biodiésel (H. Willcutt. 2009). Se sabe que la combustión incompleta con una mayor proporción de etanol, mayor al 20 % producirá una baja relación de compresión debido a un retardo de encendido más prolongado, la aplicación de una carga aumentada da como resultado un retardo más notorio (H. Willcutt. 2009).

Pero, se sabe por diferentes artículos estudiados que cualquier mezcla que componga alcoholes por mayor al 40% conduce a una combustión anormal causada por los retardos, reduciendo la velocidad del motor a una alta relación de compresión, perdida de eficiencia térmica de ruptura BTE del biodiésel puro (Mamat, 2016), mientras que para E20 y porcentajes menores el BTE aumenta hasta un 15% mas, 20% y 35% respectivamente.

Por otro lado, (Mamat, 2016) reporta que el BTE del motor aumenta hasta la utilización de un porcentaje del 15%, solo implica una calidad de combustión superior, reduce la viscosidad del biodiésel, lo que permite una mejor inyección de las mezclas, la inyección mejorada facilita una mejor automatización de la carga, esto permite hidrocarburos de cadena grande y pequeña de diésel y biodiésel para disociar rápidamente en pequeños elementos durante la combustión (Mamat, 2016).

(Bhuiya,, 2016) para justificar el porcentaje de etanol del 15% como valor máximo, estudio una mezcla con contenido B50D30E20 en donde mostró como resultado una disminución del BTE, la cual se debe a la dilución excesiva de mezclas, un mal comportamiento de inyección, bajas presiones del cilindro y no se permite la conversión efectiva de energía en trabajo.

Se logra determinar y en general para todos los artículos estudiados que la eficiencia térmica del freno (BTE) aumenta en función del contenido de oxígeno de los combustibles prueba e incrementa con las diferentes cargas del motor (Durbadal Debroy , 2017) Cuantos más oxigenados se agregan a los combustibles, mayor será el poder calorífico de las mezclas y mayor su BSFC. Sin embargo el aumento de los compuestos oxigenados podría proporcionar una lubricidad adicional, reducir la viscosidad del combustible, mejorar la automatización y proporcionar más contenido de oxígeno para mejorar el proceso de combustión al convertir la energía química del combustible en trabajo útil (Durbadal Debroy,2017).

Se determinaron resultados positivos para todas las mezclas que utilicen DBE20, DBE15, DEBE10 y DBE5, por lo tanto, no existe una variación obvia de BTE entre los combustibles, pero si diferencias variables respecto al diésel convencional (ZH. Bian, 2010). El BTE máximo del combustible diésel es de 0.35 y el del biodiésel y sus mezclas son entre el 0.30, esto informado y evaluado por las observaciones publicadas en la bibliografía (ZH. Bian, 2010).

Análisis comparativo de emisiones NOx

La producción de emisiones totales de NOx dependen del motor y el diseño de la cámara de combustión, la composición del combustible, el sistema de inyección y la mezcla de aire en el combustible (Mažeika, 2014). Los óxidos de nitrógeno se consideran una de las emisiones problemáticas de los motores CI, dependen del contenido de oxígeno del combustible, como también las propiedades del combustible, densidad, numero de cetano y la estructura del combustible (Mažeika,2014). Estos pueden controlar individualmente o en conjunto la formación de emisiones NOx.

(Nuwong Chollacoop, 2019) estudio el comportamiento de emisiones en un motor de combustión interna CI, descubrió que una mayor proporción de biodiésel sobre etanol en la mezcla anulo el efecto de enfriamiento del etanol y resulto en una mayor temperatura de los gases de escape a plena carga utilizando B22D72E5. Comportamiento similar obtuvo (Yilmaz, N. 2012) al utilizar una mezcla de B45D45E10 en donde las emisiones de NOx se reducen al aumentar la concentración de biodiésel en diésel, en comparación con el estándar los combustibles diésel mezclados con etanol y biodiésel reducen las emisiones de NOx.

Se conoce que las emisiones de NOx son complejas y no concluyentes. Cualquier índice de cetano, densidad del combustible o combustible aromático puede influir en las emisiones de NOx (M. Mofijur , 2012). Muchos de los estudios evaluados indican que las mezclas de combustibles oxigenados podrían causar ligeros aumentos en las emisiones de NOx debido a las condiciones de funcionamiento, según (Bhuiya, 2006) las emisiones de NOx aumentaron en un 11.4%. Por otro lado, el uso de aditivos en esta mezcla mejoro las condiciones de las emisiones, ya que cumplió con los requisitos de emisiones de NOx del Euro, se puede asegurar que el mismo motor diésel puede brindar la posibilidad de reducir las emisiones de NOx simultáneamente a cargas altas y bajas. (Bhuiya, 2006)

Se ha reportado que el etanol tiene un efecto de enfriamiento que conlleva a una menor combustión del cilindro, en donde a altas temperaturas se forman emisiones NOx, en el caso de las mezclas de BDE, la adición de etanol reduce las emisiones de NOx en comparación con el combustible diésel (Darabseh, 2014). Según (Zhen Huang, 2013) y su evaluación de emisiones de mezclas BDE en un motor de inyección directa con un porcentaje de B10D70E20, las emisiones de NOx disminuyen con el aumento de la fracción de etanol en

combustibles mezclados, concluyo que el retardo de ignición de etanol genero una combustión premezclada y su duración total de combustión es acortada, como resultado, los NOx disminuyen, pero se presentan problemáticas de emisión en otros contaminantes atmosféricos.

Las emisiones de NOx podrían ser estables si pudiéramos crear una combustión más completa, podemos obtener una mayor temperatura de combustión, lo que causara formación más alta de NOx, por lo tanto, (Cumali İlkılıç, 2010) sugiere que el contenido de biodiésel tendrá que estar en un rango equivalente mayor al contenido de etanol, como lo muestra en su estudio previo con un rango porcentual de B20D70E10. Se considera que el biodiésel como un compuesto oxigénico puede mejorar la eficiencia de la combustión del combustible equilibrando su relación con el etanol (Cumali İlkılıç, 2010). Es bien sabido que el número de citano influye en las emisiones de NOx de los motores diésel, un número de citano inferior significa un aumento en el retraso de la ignición y más mezcla de combustible/ aire acumulado, que causa una rápida liberación de calor al comienzo de la combustión. (Cumali İlkılıç, 2010).

(Kwanchareon, 2007) y (Wang, L.-C. 2011) desarrollaron una evaluación del desempeño energético y de emisiones en motores de combustión interna lograron observar que todas las mezclas de combustibles BDE redujeron las emisiones de NOx a cargas bajas utilizando B10D80E10 y B5D90E5. Sin embargo, las emisiones de NOx son mayores incluso que el diésel convencional, especialmente a cargas medias, debido a esto los autores deciden agregar mayor contenido de biodiésel y reducir así el contenido de etanol para que los compuestos oxigenados puedan mejorar la combustión y eficiencia del combustible mezclado (Wang, L.-C. (20110)- Ya que el biodiésel tiene mayor número de citano y reducirá el retardo de ignición.

Existe un papel importante en la adición de etanol y la relación de oxígeno producida por el biodiésel, según (Cheung, 2015) existe una compensación entre las emisiones de PM y NOx debido a una respuesta contradictoria al contenido de oxígeno en un combustible. Se sabe que el biodiésel podría reducir las emisiones de partículas, pero conduce a un aumento de las emisiones de NOx, agregar etanol a un combustible diésel podría reducir las emisiones de NOx debido al efecto de enfriamiento ya mencionado y su alto contenido de calor latente de evaporización. (Cheung,2015) concluyo que aumentar el etanol de 0%

a 20 % en las mezclas DBE dará como resultados emisiones más bajas de PM y NOx respectivamente al diésel tradicional debilitando la relación de compensación (Leung, 2015)

Los óxidos de nitrógeno se refieren tanto a NO como NO2, la formación de óxidos genéticos generalmente aumenta con el incremento de la temperatura y velocidad de llama más lenta (heywood, 1988) si bien las altas temperaturas y presiones son deseables para operación eficiente de un motor diésel, también son la causa de la formación de gases NOx (STONE 1992) el comportamiento de las emisiones de NOx no es muy concluyente, hay una fuerte evidencia de que el biodiésel promueve a las emisiones de NOx y muchos se han puesto explicaciones para el aumento de NOx (Graboski et al., 2003; Ali et al., 1995; Wang y col., 2000; McCormick y col., 2001; Cheng y col., 2006; Ban - Weiss et al., 2006).

Sin embargo, algunos estudios también encontraron disminuciones en NOx (Niehaus et al., 1985; Lee et al., 2004; Peterson y Reece, 1996). En el caso del combustible mezclado con etanol e dièsel, algunos estudios reportaron un beneficio significativo en términos de emisiones de NOx (Caro et al., 2001; Schaus et al., 2000). La variabilidad en la respuesta de NOx para el biodiésel puede deberse a variables individuales en los propios motores. Sharp y col. (2000a, 2000b) encontraron un fuerte vínculo entre el aumento de cetano números y la reducción de las emisiones de NOx, pero la respuesta varia de motor a motor.

Además, la revisión de la EPA de los efectos del número de cetanos muestra una disminución de las emisiones de NOx para el aumento del número de cetano (U.S. EPA, 2003), aunque los ajustes son menores para los motores más nuevos con una entrada más retardada de sincronización de la inyección. El uso de aditivos potenciadores de cetano ha demostrado que reduce los NOx para B20, mayor número de cetano en motores sensibles (McCormick et al., 2002).

El aumento en las emisiones de NOx pueden ser el resultado de un cambio en el tiempo de inyección de combustible causado por diferentes propiedades mecánicas del biodiésel (Monyem et al., 2001, Tat et al., 2007). Las propiedades del biodiésel afectan el sistema de inyección de combustible y puede causar una variación en la sincronización de la inyección. Este avance en la sincronización de la inyección puede deberse a la necesidad de reducir más el combustible. Por lo tanto, puede haber más de un factor que contribuya al efecto de las mezclas de biodiésel sobre las emisiones de NOx.

Además, las emisiones pueden cambiar con el motor su velocidad y carga o con ciertos parámetros de diseño, en comparaciones similares, se observó un aumento promedio del 21% y un 24% al usar D70BD20E10 y D70BD15E15, respectivamente. (Kolodnytska, R. 2019)

En general para este estudio que contempla más de 30 artículos que evalúan las emisiones de NOx y su comportamiento cuando se usa mezclas BDE, se puede concluir que para todas las mezclas hay un ligero aumento de emisiones NOx , esto se debe al alto contenido de oxígeno que aporta el biodiésel en la mezcla, por esta razón se obtiene la temperatura máxima durante la combustión y por lo tanto el NOx más alto (Kolodnytska, R. 2019) aun así muchos autores sugieren que agregar etanol a la mezcla logra equilibrar el aumento de la temperatura con su poder de enfriamiento del motor. Por lo tanto, el NOx disminuye cuando el contenido de etanol aumenta en las mezclas de 5 a 20% (Kolodnytska, R. (2019).

Según (Bian, 2010) y (Zöldy, M. 2011) el contenido de biodiésel tiene que variar entre un 10% y un 45% para poder obtener resultados óptimos de reacción, además se reporta en la literatura que el uso de aditivos puede solucionar el problema de emisiones en el sistema de combustión, tanto para motores de combustión interna como los de inyección directa (Nuwong Chollacoop, 2019).

Análisis comparativo de emisiones CO

Como bien se conoce las emisiones de CO son causadas por oxigeno insuficiente y bajas temperaturas en el cilindro del motor, diferentes resultados reportados en la literatura expresan que una de las principales causas de las emisiones de CO son las mezclas con altos contenidos de etanol. (Nuwong Chollacoop, 2019). Según (Nuwong Chollacoop, 2019) las emisiones obtenidas en su estudio previo en el cual se usó una mezcla de B22E5D72 la tasa de emisión depende de la relación aire / combustible en conjunto de la velocidad del motor (rpm), ya que si existe una velocidad contaste el principal factor decisivo para las emisiones de CO pasan a depender del contenido del biocombustible.

(Nuwong Chollacoop, 2019) observo una reducción de las emisiones de CO de las mezclas DBE y concluyo en su estudio que las emisiones de CO son atribuidas por el retraso en la ignición causado por combustibles ricos en oxígeno, así mismo (Yilmaz, N. 2012) expresa que las emisiones de CO aumentan al aumentar el contenido de etanol por mayor del 20 %V en la concentración utilizada. El etanol tiene un alto contenido de evaporización (840 kJ / kg) a diferencia del diésel que contiene (300 kJ / kg), por esta razón (Nuwong Chollacoop, 2019) menciona que el alto calor de evaporización, la adición de etanol y su bajo número de cetano reducen la temperatura de los gases de escape, lo que resulto en la combustión incompleta de combustible y aumento el CO.

Por otro lado (Bhuiya, 2006) desarrollo un estudio de investigación en un motor diésel de servicio pesado aumentando la concentración de biodiésel manteniendo el mismo porcentaje de etanol del 5% (B47D47E5) en donde las emisiones de CO disminuyeron en comparación del diésel tradicional. Algunos estudios han informado reducción de las emisiones de CO mediante el uso de mezclas BED (Zhang et al., 2004). Han mencionado que aumenta el porcentaje de biodiésel en mezclas BDE incrementan el índice de cetano incrementando el calor latente de vaporización produciendo combustión más completa (Bhuiya, 2006). Lo que conduce a menores emisiones de CO y mayores emisiones de CO_2 por la temperatura del cilindro.

La velocidad de combustión es un factor indispensable en los resultados de emisiones según (Hyde, 2015) estudio la composición y comportamiento de mezclas BDE con un porcentaje de B5D80E15, encontró que a 1400 rpm la emisión de CO es de 3.9% menor que el diésel convencional, pero es inversamente proporcional hasta el máximo de revoluciones /2200 rpm, por que a mayor temperatura de combustión menores emisiones

de CO. Aun así (Hyde, 2015) expresa que el valor del contenido de oxígeno disminuye al disminuir el porcentaje de biodiésel en la mezcla, reduciendo este porcentaje se logran obtener incrementos del 14.7 & de emisiones de CO. Esto se debe a que el biodiésel aporta un mayor número de cetano y un calor latente de evaporización más alto que los demás componentes-. Sujeto a esto (Marius Mažeika , 2014) descubre en sus artículo de investigación que el uso de mezclas BDE reduce emisiones de NOx y PM pero aumenta las emisiones de CO Y HC en una pequeña porción ,a cargas inferiores al 70 % en comparación al diésel convencional.

Sin embargo (Marius Mažeika, 2014) cuando la concentración de alcohol etanol es lo suficientemente baja entre el 5 y el 15 %V las emisiones de CO pueden disminuir a 0.4%, esto debido a que los alcoholes mejoran la disponibilidad de oxígeno dentro de los patrones ricos en combustible. Adicionalmente se sabe que las emisiones de CO aumentan a una tasa proporcional al contenido de oxígeno del combustible utilizado como lo comprueba en su estudio con una mezcla de contenido E15. (Marius Mažeika, 2014).

(Marius Mažeika, 2014) Explico que en su estudio las emisiones de Co al utilizar concentraciones menores al 5% etanol aumentan significativamente con la adición de alcohol al combustible diésel, porque la transición del biocombustible del líquido de fase a fase gaseosa avanza demasiado lento, por tanto, falta el tiempo de reacción química para la combustión completa a una alta velocidad de 2200 rpm. Por esta razón (Marius Mažeika, 2014) concluye que los resultados de emisiones con concentraciones de 15.7 y 22 veces más de lo que produce el diésel depende de la relación aire/ combustible y un rango óptimo de etanol de 5 a 15 %.

El efecto de la sincronización de la inyección en las emisiones de CO en varios combustibles y la baja temperatura inclinan el aumento de las emisiones de CO, se identifica tanto como lo menciona (Huang,2013) y (Ángel Ramos,2014) que las emisiones de CO aumenta a medida que reduce el tiempo de inyección y se genera un retardo de combustión, las crecientes emisiones se deben principalmente a la disminución de la temperatura , (Huang,2013) estudio las emisiones de un motor de inyección directa e identifico que para su combustible B20E70E10 las emisiones son menores que cuando se utiliza B10D70E20. El aumento de las emisiones se debe a un mayor calor latente de evaporización lo que condice a temperaturas de combustión más baja, estos resultados son similares a los reportados por (artículo 10), (Hyde, 2015) y (Marius Mažeika, 2014).

(Jai-In, S. 2007) evaluó las emisiones de CO a cargas bajas y medias utilizando una concentración de B15D80E5 en donde se identificó que a cargas de 2200 rpm las emisiones de CO disminuyeron significativamente, en comparación con los demás estudios previos mencionados. Esto puede explicarse por el enriquecimiento de oxígeno debido a la adición de biodiésel, ya que un aumento del oxígeno en la mezcla promoverá a la oxidación adicional de compuestos orgánicos durante el proceso de escape del motor (Jai-In, S. 2007). En resultado el estudio comprobó que la mezcla con B15D80E5 produjeron los mejores resultados de emisiones de CO con una menor cantidad de 0.5 y 0.8 en volumen a plena carga del motor en altas y bajas (Jai-In, S. 2007)

Cabe señalar como se identificó en los estudios evaluados por (Diniz, 2016 y Cheung, 2015) que el impacto del Dièsel-Biodiésel-Etanol en las emisiones de CO y otros contaminantes dependen directamente de las condiciones de funcionamiento en cada prueba realizada. Sin embargo (Cheung, 2015) indica que las mezclas que contiene agua producen mayores emisiones de CO lo que sugiere que la combustión incompleta de combustibles debido a la baja temperatura como causa probable del mal funcionamiento del motor. Se obtienen resultados de emisiones de 8.1 y 2.4 % se da como opción sustituir el contenido de agua o buscar alternativas como la utilización de aditivos en cualquier sistema de inyección directa (Diniz, 2016).La adición de etanol a las mezclas de combustible tiene dos factores opuestos, efecto de enfriamiento y volatilidad en donde se atribuye el efecto al mayor calor latente de vaporización, con etanol y diésel. El aumento de la volatilidad del etanol también afectara el perfil de combustión de una mezcla de combustible (Diniz, 206). (Diniz, 2016) Encontró que la adición de etanol al 5 % en volumen logró disminuir las emisiones de CO para todas las mezclas de B20y B50 debido a la volatilidad efecto del etanol que domina la combustión.

En general todos las mezclas evaluadas en este estudio han mantenido un rango porcentual entre el 5 y el 20%, solo un estudio incremento el contenido de etanol hasta un 40% (Diniz , 2016) obtuvo como conclusión que un incremento de etanol superior al 20% arrojo una disminución de potencia energética de la salida del motor de 3.2 KM y las emisiones subieron al 8.1%, Se puede determinar que el límite porcentual del etanol llega al 20 % , (Durbadal Debroy, 2017) justifica que prolongar el etanol entre un 5% a 15% mantiene la disminución gradualmente de las emisiones por que durante la oxidación el etanol libera OH, estos radicales OH son propicios para oxidación de CO a CO_2. Por lo tanto, gran parte del CO se oxida y posteriormente se reduce la emisión. En su estudio concluyeron que el porcentaje con mayor reducción de emisiones fue de B50D35E15

Análisis comparativo de emisiones CO_2

En las últimas décadas, los importantes problemas del calentamiento global provocados por el CO_2 se han magnificado por el uso continuo y creciente de petróleo en motores dièsel. (Ho Tse, 2016) Reducir las emisiones de CO_2 se ha convertido en un objetivo principal y explícito de las medidas políticas para apoyar el uso de biocombustibles. (Ho Tse, 2016) La tasa de formación de los óxidos de nitrógeno depende de la temperatura y la disponibilidad de oxígeno del biodiésel Estas condiciones se cumplen en el caso de una cámara de combustión del motor de encendido por comprensión (Ho Tse, 2016).

Los biocombustibles tienen un contenido de carbono comparativamente alto, lo que resulta en mayores emisiones de CO_2, el aumento de la emisión de CO_2 de las mezclas de BDE es directamente proporcional al contenido de biocombustible en la mezcla (Nuwong Chollacoop, 2019). Según la literatura (Nuwong Chollacoop, 2019) observo que en las mezclas BDE a cargas altas y medias, la concentración de CO_2 aumenta con la adición de biodiésel en todas las condiciones independientemente de la materia prima utilizada para producir los biocombustibles. (Nuwong Chollacoop, 2019) utilizo una mezcla de contenido B22D72E5 y sus resultados contemplaron una combustión más completa gracias a las mezclas BDE es por ello que las emisiones de CO_2 muestran un crecimiento en cada prueba de su motor de 4 tiempos.

Por otro lado (Yilmaz, N. 2012) estudio las emisiones de CO_2 en un motor de encendido por inyección interna, donde las emisiones de CO_2 son superiores a los valores medidos en el caso de un motor que se ejecuta con combustible diésel. El aumento de los niveles de emisiones de CO_2 puede deberse a la disminución de CO, que continua el proceso de oxidación gracias a los altos niveles de oxígeno de los combustibles estudiados, asegurando una combustión más completa (Doru Băldean, 2010)

Adicionalmente, el desbordamiento de oxígeno hace la oxidación de CO posible en el tiempo de escape, incluso en la tubería de gases de escape el aumento de los niveles de emision de CO_2 no deber ser considerada una consecuencia negativa (Doru Băldean, 2010). Se puede asegurar en diferentes artículos que el CO_2 se consume en diferentes procesos especialmente en la fotosíntesis de las plantas utilizadas para la producción de biocombustibles. (Doru Băldean, 2010).

(Cumali İlkılıc, 2010) Reporto que en su estudio las velocidades medianas de los combustibles de prueba en motores mostraron menores emisiones de CO utilizando una mezcla de contenido B20D70E10. Se puede atribuir esta disminución al enriquecimiento de emisiones de CO_2 en la cámara de combustión. Esto acompañado por suficiente turbulencia creada por las mayores velocidades y medias del pistón, (S. Moazzem , 2011) reporto en su estudio de evaluación de emisiones comparando dos porcentajes de mezclas variando la concentración entre el 5 y el 45 % de biodiésel, que para porcentajes entre ese rango hay un incremento de emisiones del 6 al 18%. Esto era de esperar, ya que una disminución en las emisiones de monóxido de carbono generalmente coincide con un aumento de las emisiones de CO_2.

(Ghobadian, B. 2018) y en general todos los artículos informan que la razón es una expresión incompleta de combustión, el uso de combustibles oxigenados en combinación con combustibles fósiles aumenta el CO_2 y reduce el CO por que el oxígeno mejora la calidad de la combustión. El etanol y el biodiésel con su índice de cetano más alto en comparación con el combustible diésel dan como resultado una combustión incompleta, consecuentemente el CO de una combustión incompleta es convertido a CO_2 (Ghobadian, B. 2018).

Análisis comparativo de material particulado (PM)

Según la Secretaría de Ambiente, el polvo que respiramos diariamente está compuesto básicamente de sílice, que es un material arenoso y de elementos químicos que se producen en la combustión. Así mismo, contiene materiales químicos complejos tales como, hidrocarburos, policíclicos aromáticos, metales en suspensión, cromo y También hollín (Ambiente Bogota, 2020).

Se sabe que las mezclas de combustible diésel oxigenados logran reducir las emisiones totales de PM, sin embargo, los mecanismos para la reducción de PM por adición de oxigenados no se han explicado completamente (Bhuiya, 2006). Uno de los principales problemas es la formación de hollín, en primer lugar es su formación en la zona rica en combustibles a altas temperaturas y presión (Bhuiya , 2006).

El contenido de oxígeno en peso en él es alrededor del 3.5% mientras que en el combustible diésel está cerca de cero, por lo tanto, se esperaba que el biodiésel redujera las emisiones de PM depende de la prueba del motor (Bhuiya , 2006). Según (arti Bhuiya , 2006) con su mezcla de B47D47E5 se lograron reducir las emisiones en un rango de 21 a 39%.

(Zuohua Huang 2009) estudio la opacidad del humo de combustión en motores de inyección directa con un porcentaje de mezcla de B15D74E24, informo que la opacidad del humo del motor es muy baja con cargas de motor bajas y medias, pero incrementa con cargas de motor altas entre 0.55 MPa y 0.67 MPA. Hay una disminución de la opacidad del humo con un aumento de oxígeno en el combustible.

Para cada combustible la concentración de masa de partículas aumenta con la carga del motor, pero disminuye con el aumento de oxígeno en el combustible. Se pueden encontrar tendencias similares en (Kass et al. 2001) y (Zuohua Huang 2009). La reducción de la opacidad del humo se puede atribuir a varios factores, en primer lugar, el aumento del contenido de oxígeno y por tanto, una disminución del contenido de carbono en los combustibles mezclados (Zuohua Huang 2009).

En segundo lugar, el oxígeno del combustible puede ayudar a reducir la formación de humo durante la etapa de combustión por difusión. Existe una mejora en cargas de motor más altas cuando se quema un mayor porcentaje de combustible (Zuohua Huang 2009) Sin embargo en este estudio también se evalúa la utilización de mezclas BD y DE y se obtuvo que las mezclas DE proporcionan una mayor reducción que las mezclas DB. (Miyamoto y

col. 1998) demostraron que la opacidad del humo era una función decreciente de la fracción de masa de oxígeno en el combustible y que la tasa de reducción era bastante insensible al tipo de molécula oxigenada utilizada como aditivo. Como resultado, las emisiones de partículas son más altas para los combustibles que contienen estructura de éster que para los combustibles que contienen estructura de alcohol.

Debido a esto (Zhen Huang, 2011) estudio la producción de hollín y de PM en una mezcla con alto contenido de oxígeno B80D10E10, se encontró que cuando se usa el biodiésel se logran reducir las emisiones de PM y hollín porque se logra una oxidación más completa (Zhen Huang,2011) esto comparado con el combustible diésel, el biodiésel llevo una reducción de masas en partículas debido a la combustión avanzada. Que coincide con las características de liberación de calor de este estudio (Zhen Huang,2011).

El biodiésel contiene menos aromáticos que el de combustible diésel, la reducción de humo puede deberse a la dilución de los aromáticos, que son precursores de hollín, cuando el motor diésel esta alimentado con las mezclas, se evidencia datos menores al 10 % comparado con el diésel tradicional (Zhen Huang,2011).Existe una compensación entre las emisiones de PM y NOx, se sabe que el biodiésel podría reducir las emisiones de partículas, pero conducir a un aumento de las emisiones de NOx debido al efecto de enfriamiento asociado con el alto calor latente de evaporización (Zhen Huang, 2011) aumentar el etanol de 0% a 20% en las mezclas DBE dan simultáneamente PM y NOx más bajos , debilitando la relación de compensación PM-NOx (Cheung,2015).

Tanto (Cheung,2015) y (Alfran Tellechea, 2015) utilizaron mezclas con contenido porcentual de B15D75E10 y B15D75E15, descubrieron que la reducción de la emisión de hollín mediante la adición de etanol y la adición de biodiésel reduce la probabilidad de que se forme hollín con la formación de núcleos regiones localmente ricas (Chen et al., 2013).

(Gómez, A, 2013) estudio el diámetro de las partículas de hollín como resultado de una combustión de un motor de inyección directa, el diámetro medio del modo de acumulación se encontró para el combustible diésel, ambos parámetros disminuyen cuando el combustible EBD se utiliza debido a su mayor contenido de oxígeno, menor contenido de azufre y menor porcentaje de hidrocarburos aromáticos, como resultado de una mejor combustión utilizando B30D60E10.

Conclusiónes

- Los rangos de mezcla óptimos para el desarrollo del proyecto de investigación son: biodiésel (20 – 40 %), diésel (40 – 80 %), etanol (5 – 20%) los cuales logran equilibrar el sistema de combustión generando menores emisiones de CO, HC, NOx, NO_2 y material particulado, como observación se menciona que para la segunda etapa de operación y dependiendo de las condiciones del sistema de combustión, el porcentaje de mezcla optimo es de B50-D45-E5, logrando asi evitar bajas concentraciones de oxígeno en la mezcla y reducción en la temperatura interna del motor, dar cumplimiento con la normativa euro 2020 y desempeñar características energéticas similares a las del diésel convencional.

- Por medio de los resultados se concluye para emisiones de CO, que solo 10 mezclas lograron estar por debajo del valor máximo permisible de la normatividad ambiental euro 2020 con valores entre el 0.02 %V y el 0.05%V de CO, al contrario, para emisiones de NOx y HC las emisiones mostraron resultados prometedores con rangos de 80 - 200 ppm para NOx y 8 - 10 ppm para hidrocarburos, dando cumplimiento a la normativa gracias al alto contenido de biodiésel en la mezcla, como observación se sugiere que el contenido de biodiésel sea entre tres a diez veces mayor al del etanol, con un mínimo rango del 5% (B50-D45-E5) para garantizar la reducción en las emisiones de HC.

- Se evidencio en los artículos, una disminución de la potencia de salida del motor, las mezclas con altos contenidos de etanol presentaban variaciones térmicas y déficit de aprovechamiento del combustible, se sugiere que para cargas altas entre 6000 y 8000 rpm el oxígeno del combustible debe estar entre el 5.4 y 12%.

- Se evidencio en los artículos estudiados que la eficiencia térmica del freno (BTE) aumenta en función del contenido de oxígeno de los combustibles e incrementa con las diferentes cargas del motor, entre más oxigenados se agregan a los combustibles, mayor será el poder calorífico de las mezclas y mayor su BSFC. Las mezclas producen un aumento leve que abarca un valor del 30%, esto da como ventaja una eficiencia térmica promedio similar al del diésel, los resultados justifican que las mezclas BDE producen un BTE con una desviación mínima del 1% y se sugiere que utilizar una concentración del 5% o 15% presentara una variación del 1.5%, 2.5% y 3%, así mismo evaluar las condiciones del motor cuando la relación

de compresión se eleva gradualmente de 18 a 20, una vez toca el valor máximo de rpm existe una eficacia de presión mediante el uso de etanol hidratado

- Se concluye que las propiedades de las mezclas de combustibles redujeron la diferencia en la variación de BSFC ya que se encontraron diferencias entre el diésel y las mezclas BDE con un aumento del 32.4% en BSFC en condiciones de motor con una adición del 30 % de biodiésel. Se observa un aumento del 27%, 32% y 36% para las mezclas con porcentajes de B10D85E5, B10D80E10 y B10D75E15 el comportamiento es debido a un menor poder calorífico y altas viscosidades de los combustibles, se sugiere que para obtener mejores resultados es necesario equilibrar la relación Aire/combustible y mantener una relación proporcional a biodiésel etanol.
- Se concluye como ventaja, que las mezclas BDE representan una solución a las problemáticas ambientales que produce la utilización del diésel convencional, como se referencio en los artículos 3,4,6,17,18 entre otros, la presencia del biodiésel y el etanol logran reducir emisiones de gases de efecto invernadero especialmente las emisiones de NOx, así mismo atribuye a las variables energéticas como BSFC y BTE incrementando la potencia de salida del motor condiciones óptimas de funcionamiento respecto a temperatura, temperatura ideal de salida de los gases, reacción de combustión completa y mejora las propiedades del combustible como su composición y viscosidad, se sugiere utilizar las mezclas BDE y diseñar pruebas respecto a las condiciones internas del motor según su sistema, tanto para combustión interna como inyección directa.

Referencias

[1]. Al-Esawi, N., Al Qubeissi, M., & Kolodnytska, R. (2019). The Impact of Biodièsel Fuel on Ethanol/Dièsel Blends. Energies, 12(9), 1804. doi:10.3390/en12091804

[2]. Abhishek Paul, Rajsekhar Panua, Durbadal Debroy,(2017) An experimental study of combustion, performance, exergy and emission characteristics of a CI engine fueled by Dièsel-ethanol-Biodièsel blends, Energy, Volume 141, Pages 839-852, ISSN 0360-5442, https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.137.

[3]. Armas, O., Gómez, A., Mata, C., & Ramos, A. (2013). Particle size distributions from a city bus fuelled with ethanol–Biodièsel–Dièsel fuel blends. Fuel, 111, 393–400. doi:10.1016/j.

[4]. Brizuela, E., & Romano, S. D. (2003). Análisis de la combustión completa e incompleta. Combustión LIBRO Quimica 3, Vol 2, 24–48.

[5]. D.H. Qi, H. Chen, L.M. Geng, Y. ZH. Bian, (2010)Krishna, S. M., Abdul Salam, P., Tongroon, M., & Chollacoop, N. (2019). Performance and emission assessment of optimally blended biodiésel-diesel-ethanol in diesel engine generator. Applied Thermal Engineering, Departament of engineering environmental pp 525–533.

[6]. Gvidonas Labeckas, Stasys Slavinskas, Marius Mažeika, (2014).The effect of ethanol–Dièsel–Biodièsel blends on combustion, performance and emissions of a direct injection Dièsel engine, Energy Conversion and Management, Volume 79, Pages 698-720, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.12.064.

[7]. Hüseyin Aydin, Cumali İlkılıç, (2010),Effect of etanol blending with Biodièsel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine, Applied Thermal Engineering, Volume 30, Issue 10, Pages 1199-1204, ISSN 1359-4311, https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.01.037.

[8]. Ho Tse (2016). Combustion and Emissions of a Dièsel Engine Fueled with Dièsel-Biodièsel-Etanol Blends and Supplemented with Intake CO2 Charge Dilution, Developments in Combustion Technology, Konstantinos G. Kyprianidis and Jan Skvaril, IntechOpen, DOI: 10.5772/64470.

[9]. István Barabás, Adrian Todoruţ, Doru Băldean, (2010). Performance and emission characteristics of an CI engine fueled with Dièsel–Biodièsel–bioetanol blends, Fuel, Volume 89, Issue 12, Pages 3827-3832, ISSN 0016-2361,

[10]. Javier Solis Estrada ,.José Fernando Schlosser .-Marcelo Silveira de Farias .-Fabrício Azevedo Rodrigues ,. Alfran Tellechea,. MartiniGustavo Oliveira dos

Santos (2015),. Performance of an agricultural engine using blends of Dièsel and etanol ,.

[11]. Kwanchareon, P., Luengnaruemitchai, A., & Jai-In, S. (2007). Solubility of a Dièsel–Biodièsel–etanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from Dièsel engine. Fuel, 86(7-8), 1053–1061. doi:10.1016/j.fuel.2006.09.034

[12]. Ludivine Pidol, Bertrand Lecointe, Laurie Starck, Nicolas Jeuland, (2012). Ethanol–Biodièsel–Dièsel fuel blends: Performances and emissions in conventional Dièsel and advanced Low Temperature Combustions, Fuel, Volume 93, , Pages 329-338, ISSN 0016-2361, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.008.

[13]. Lei Zhu, C.S. Cheung, W.G. Zhang, Zhen Huang, (2011) Combustion, performance and emission characteristics of a DI Dièsel engine fueled with ethanol–Biodièsel blends,Fuel, Volume 90, Issue 5, Pages 1743-1750, ISSN 0016-2361

[14]. Lee, W.-J., Liu, Y.-C., Mwangi, F. K., Chen, W.-H., Lin, S.-L., Fukushima, Y., … Wang, L.-C. (2011). Assessment of energy performance and air pollutant emissions in a Dièsel engine generator fueled with water-containing ethanol–Biodièsel–Dièsel blend of fuels. Energy, 36(9), 5591–5599. doi:10.1016/j.energy.2011.07.01

[15]. M. Mofijur, M.G. Rasul, J. Hyde, A.K. Azad, R. Mamat, M.M.K. Bhuiya, (2006) Emission reduction potential of using ethanol–Biodièsel–Dièsel fuel blend on a heavy-duty Dièsel engine, Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 14.

[16]. M. Mofijur, M.G. Rasul, J. Hyde,(2015) Recent Developments on Internal Combustion Engine Performance and Emissions Fuelled With Biodièsel-Dièsel-Etanol Blends, Procedia Engineering, Volume 105, Pages 658-664, ISSN 1877-7058.

[17]. Murari Mohon Roy, Jorge Calder, Wilson Wang, Arvind Mangad, Fernando Cezar Mariano Diniz, (2016) Cold start idle emissions from a modern Tier-4 turbo-charged Dièsel engine fueled with Dièsel-Biodièsel, Dièsel-Biodièsel-ethanol, and Dièsel-Biodièsel-diethyl ether blends, Applied Energy, Volume 180,Pages 52-65, ISSN 0306-2619, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.090

[18]. Mofijur, M., Rasul, M. G., Hyde, J., Azad, A. K., Mamat, R., & Bhuiya, M. M. K. (2016). Role of biofuel and their binary (Dièsel–Biodièsel) and ternary (ethanol–Biodièsel–Dièsel) blends on internal combustion engines emission reduction. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 265–278. doi:10.1016/j

[19]. Noorollahi, Y., Azadbakht, M., & Ghobadian, B. (2018). The effect of different diesterol (Dièsel–Biodièsel–ethanol) blends on small air-cooled Dièsel engine performance and its exhaust gases. Energy, 142, 196–200. doi:10.1016/j.

[20]. Nadir Yilmaz, Francisco M. Vigil, A. Burl Donaldson, Tariq Darabseh,(2014) Investigation of CI engine emissions in Biodièsel–ethanol–Dièsel blends as a function of etanol concentration, Fuel, Volume 115, Pages 790-793, ISSN 0016-2361, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.08.012.

[21]. Octavio Armas, Arantzazu Gómez, Carmen Mata, Ángel Ramos, (2014). Particles emitted during the stops of an urban bus fuelled with ethanol–Biodiesel–Diesel,blends,Urban Climate, Volume 2, Pages 43-54, ISSN 2212-0955, https://doi.org/10.1016/j.uclim.2012.10.007.

[22]. Pavuluri, Subramanyam & Reddy, B. & Prasad, B.Durga. (2020). An Experimental Investigation on the Performance, Combustion and Emission Characteristics of CI Dièsel Engine at Various Compression Ratio With Different Ethanol-Biodièsel Blends. 10.20944/preprints202004.0098.v1.

[23]. P. Venkateswara Rao., d D. Prabhakara Chary (2018)., Characteristics comparison of Biodièsel-Dièsel Blend (B20) Fuel with Alcohol Additives., Kakatiya Institute of Technology & Science, Warangal-506015, Telangana, India [Vol-5, Issue-8, Aug-] International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)

[24]. P. Venkateswara Rao., d D. Prabhakara Chary (2018)., Characteristics comparison of Biodièsel-Dièsel Blend (B20) Fuel with Alcohol Additives., Kakatiya Institute of Technology & Science, Warangal-506015, Telangana, India [Vol-5, Issue-8, Aug-] International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)

[25]. Qiang Fang, Junhua Fang, Jian Zhuang, Zhen Huang, (2013). Effects of ethanol–Dièsel–Biodièsel blends on combustion and emissions in premixed low temperature combustion, Applied Thermal Engineering, Volume 54, Issue 2, Pages 541-548, ISSN 1359-4311, https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.

[26]. R, Morales, Sánchez Cruz, Gustavo Rodríguez Morales & M. García (2008)., Estudio de los efectos reductivos de emisiones gaseosas como: HC, CO, CO2, O2 Y NOX durante la combustión gasolina-etanol en un motor de combustión interna., Art. Memorias Anual somim Puebla Mexico.,V 1 pp 122-128

[27]. Shahir, S. A., Másjuki, H. H., Kalam, M. A., Imran, A., Fattah, I. M. R., & Sanjid, A. (2014). Feasibility of diesel-biodiésel-ethanol/bioethanol blend as existing CI engine fuel: An assessment of properties, material compatibility, safety and combustion. Renewable and Sustainable ., Art. Energy Reviews, 32, pp 379–395.

[28]. S. K. Jha, S. Fernando, E. Columbus, & H. Willcutt. (2009). A Comparative Study of Exhaust Emissions Using Dièsel-Biodièsel-Etanol Blends in New and Used Engines. Transactions of the ASABE, 52(2), 375–381. doi:10.13031/2013.26821

[29]. Suwannakij, K., Baitiang, T., Tongroon, M., & Supasitmongkol, S. (2013). The Effects of Ethanol-Dièsel-Biodièsel Blends on Fuel Properties. Key Engineering Materials, 545, 89–94. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.545.89

[30]. S. K. Jha, S. Fernando, E. Columbus, H. Willcutt., (2009) A comparative study of exhaust emissions using dièsel-biodièsel-ethanol blends in new and used engines., Vol. 52(2):

[31]. Sachin Muralee Krishna, P. Abdul Salam, Manida Tongroon, Nuwong Chollacoop,(2019) Performance and emission assessment of optimally blended Biodièsel-Dièsel-etanol in Dièsel engine generator, Applied Thermal Engineering,Artìculo, Volume 155,Pages 525-533,

[32]. Tse, C.W. Leung, C.S. Cheung,(2015)., Investigation on the combustion characteristics and particulate emissions from a Dièsel engine fueled with Dièsel-Biodièsel-etanol blends, Energy, Volume 83, Pages 343-350, ISSN 0360-5442,

[33]. Ty - JOUR AU - Choi, Kibong Au - Roh, Hyun; Au - Lee, Chang; Py ; (2017); Comparative investigation of emissions and combustion characteristics between etanol Biodièsel-Dièsel blends and Dièsel fuel in a passenger car Dièsel engine VI-16; International Journal of Oil, Gas and Coal Technology; ER

[34]. V.F , Marulanda . (2019) Producción de biodiésel a partir de aceite de palma y etanol acuoso por medio de transesterificación supercrítica: prueba de concepto y evaluación de desempeño y emisiones en un motor diesel ,. pp 4-5

[35]. Wojciech Tutak, Arkadiusz Jamrozik, Michał Pyrc, Michał Sobiepański, (2017).A comparative study of co-combustion process of Dièsel-etanol and Biodièsel-etanol blends in the direct injection Dièsel engine, Applied Thermal Engineering, Volume 117, Pages 155-163, ISSN 1359-4311,https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.02.029.

[36]. Yilmaz, N. (2012). Comparative analysis of biodiésel-ethanol-Dièsel and biodiésel-methanol-Dièsel blends in a Dièsel engine. Energy, Energy,Departament of mechanical Enfineering., New Mexico Institute 40 Vol (1), pp 210–213.

[37]. Yage Di, C. S. Cheung & Zuohua Huang (2009) Comparison of the Effect of Biodièsel-Dièsel and Ethanol-Dièsel on the Particulate Emissions of a Direct Injection Dièsel Engine, Aerosol Science and Technology, 43:5, 455-465, DOI:

[38]. Zöldy, M. (2011). ethanol–biodièsel–dièsel blends as a dièsel extender option on compression ignition engines. Transport, 26(3), 303–309.