

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingenierías

Ingeniería Mecánica Automotriz

Caracterización de un combustible alternativo en sus emisiones contaminantes en ruta

Edwin Rafael Flores Sevilla

Nota del autor

Edwin Rafael Flores Sevilla, Facultad de Ingeniería Mecánica,

Universidad Particular Internacional SEK

Director Ing. Juan Carlos Rocha, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

erflores.mec@uisek.edu.ec

Declaración juramentada

Yo, Edwin Rafael Flores Sevilla, con cédula de identidad 172010915-4, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

EDWIN RAFAEL FLORES SEVILLA

C.I.: 172010915-4

Dedicatoria

"Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber."

Albert Einstein

El trabajo realizado es dedicado a mis dos grandes amores Elizabeth y Lesly en especial a ti mi esposa querida que desde el momento que nos conocimos hasta en los días que vivimos no se cansa de ser mi mejor pilar, de estar pendiente en las metas y logros que he deseado alcanzar gracias por tanto amor y estar siempre apoyándome, a ti mi pequeña Lesly que eres el mejor regalo que la vida me puede dar quien siempre me está motivando a ser mejor cada día y darte un buen ejemplo de vida.

A mis padres especialmente a mi padre por haberme apoyado a definir mi profesión y por el apoyo que me brindo durante toda mi vida estudiantil.

Hermanos la meta que he cumplido sea un ejemplo para que ustedes también terminen sus carreras universitarias no importe el tiempo ni las circunstancias solo hay que luchar para cumplir los sueños.

Agradecimiento

A mi padre quien fue la persona que se dedicó a fortalecer mis sueños para cumplir mis metas y demostrarme que la vida sigue, a pesar de las adversidades de la vida.

A mi padrino German, quien siempre ha estado pendiente de que siga adelante tanto económicamente como personal demostrándome que a pesar de las falencias uno puede ser distinto y siempre debemos de seguir soñando.

A mi esposa Elizabeth quien ha hecho posible que este trabajo se haya culminado con su amor, paciencia y ayuda en cada instante de mi vida.

A cada uno de mis profesores especialmente de la universidad quienes me han enseñado a vivir cada momento de la carrera estudiantil con sus experiencias y vivencias

¡Gracias!

INDICE

Declaración juramentada.....	2
Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
INDICE	5
Resumen.....	12
ABSTRACT	13
Introducción	14
Antecedentes	14
Planteamiento del problema.....	14
Justificación.....	16
Estudio del arte.....	16
Motor de combustión interna diésel.....	16
Diésel	17
Biodiesel	18
Propiedades del diesel y biodiesel.....	24
Norma Técnica Ecuatoriana 2207:98	29
Principales contaminantes del diésel y biodiesel	31
Ciclos de prueba para la ruta.....	32
Método de ensayo para homologación unión europea.....	32
Método de ensayo para certificación en Estados Unidos	32
Prueba Europea ECE	33

Ciclo de conducción para la ciudad de Quito (D.M.Q.)**¡Error! Marcador no definido.**

Analizador de gases	40
Dinamómetro LPS3000	45
CCICEV.....	¡Error! Marcador no definido.
Método	35
Densidad del diésel comercial y del biodiesel	35
Obtención del biodiesel B10.....	36
Obtención del Biocombustible B20	37
Vehículo de prueba	37
Procedimiento para la realización de pruebas con el analizador de gases.....	¡Error!

Marcador no definido.

Preparación del vehículo para realizar las pruebas de emisiones contaminantes con el combustible diésel comercial, biodiesel B10 Y B20	41
Pruebas en ruta de emisiones contaminantes con diesel comercial	43
Pruebas en ruta de emisiones contaminantes con biodiesel B10	44
Pruebas en ruta de emisiones contaminantes con diesel Biodiesel B20	44
Consumo de combustible.....	61
Procedimiento para la realización de pruebas con el dinamómetro.....	45
Ensayo de torque y potencia con el diesel comercial, biodiesel b10 y biodiesel b20	45
Resultados	50
Resultados de torque y potencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Resultado de potencia	55

Potencia de la MABT 50 con diesel comercial.....	55
Resultados de torque.	58
Resultado de emisión contaminantes para el diesel comercial	61
Resultado de emisión contaminantes para el biodiesel B10	64
Resultado de emisión contaminantes para el biodiesel B20	64
Análisis y discusión de resultados.....	66
Análisis de consumo de combustible.....	66
Discusión de resultados consumo de combustible	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de emisiones contaminantes.....	67
Análisis de emisiones contaminantes monóxido de carbono CO %V	67
Análisis de emisiones contaminantes dióxido de carbono CO ₂ %V	¡Error!
Marcador no definido.	
Análisis de emisiones contaminantes hidrocarburos HC ppm.....	68
Análisis de emisiones contaminantes Óxido de nitrógeno Nox ppm	69
Discusión resultados de emisiones contaminantes....	¡Error! Marcador no definido.
Análisis de potencia	70
Análisis de potencia torque.....	¡Error! Marcador no definido.
Discusión de resultados de potencia y torque	¡Error! Marcador no definido.
Conclusiones	74
Recomendaciones.....	74
Bibliografía	75
Anexos.....	79
.....	79
.....	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones para el uso de diesel y biodiesel	17
Tabla 2 Especificaciones establecidas para el biodiesel y el método de ensayo correspondiente.	20
Tabla 3 Densidad en las normas de combustible diésel.	24
Tabla 4 Módulo de elasticidad y velocidad del sonido de varios combustibles, a presión atmosférica y temperatura de 40°C	25
Tabla 5 Viscosidad cinemática (a 40°C) en las normas de combustibles diésel	26
Tabla 6 Diámetro de huella en el ensayo HFRR, a 60°C.	26
Tabla 7 Límites de la curva de deslizamiento de diésel y biodiésel en las normativas.....	27
Tabla 8 Límites del número de cetano en las normas de calidad diésel y biodiésel.	28
Tabla 9xLímites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).....	29
Tabla 10 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).	30
Tabla 11 Límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba de aceleración libre)	30
Tabla 12 Especificaciones técnicas del analizador de gases	41
Tabla 13 Densidad de diésel y biodiesel	36
Tabla 14 Ficha técnica del MABT-50 Doble Cabina 2.5L 4x4 Di 2013	38
Tabla 15 Consumo de combustible en litros.	61
Tabla 16 Consumo de combustible en litros.	62

Tabla 17 Consumo de combustible en Km/lt-Km/gl	62
Tabla 18 Consumo de combustible en litros.....	63
Tabla 19 Consumo de combustible en Km/lt-Km/gl	63
Tabla 20 Resultados de potencia con diesel comercial	55
Tabla 21 Resultados de potencia con biodiesel B10	56
Tabla 22 Resultados de potencia con biodiesel B20	57
Tabla 23 Resultados de torque con diesel comercial	58
Tabla 24 Resultados de torque con biodiesel B10	59
Tabla 25 Resultados de torque con biodiesel B20	60
Tabla 26 Resultados emisiones contaminantes diesel comercial	63
Tabla 27 Resultados emisiones contaminantes biodiesel B10	64
Tabla 28 Resultados emisiones contaminantes biodiesel B20	64

INDICE DE FIGURAS

Figura1. Ciclos del motor diésel	17
Figura 2 Proceso de transterificación.....	22
Figura 3.Utilizacion de biodiesel en motores de combustión interna	23
Figura 4. Ciclo de la Prueba ECE-15.....	33
Figura 5. Ciclo de prueba EUDC	34
Figura 6. Ruta definida para las pruebas de emisiones contaminantes	40
Figura 7. Dinamómetro	46
Figura 8. Mezcla del biodiesel B10.....	36
Figura 9. Mezcla del biodiesel B20.....	37
Figura 10. Perfil de elevación de la ruta fuente.....	39
Figura 11. Sujeción de la sonda del analizador de gases	42
Figura 12. Sujeción e instalación del deposito.....	42
Figura 13. Instalación de las nuevas líneas de combustible	42
Figura 14. Recarga de combustible comercial	43
Figura 15. Medición de combustible y ubicación de inicio de ruta	43
Figura 16. Punto de llegada.....	44
Figura 17. Cambio de combustible por biodiesel B10	44
Figura 18. Cambio de combustible por biodiesel B20 fuente autor	45
Figura 19. Vehículo sobre el dinamómetro.....	48
Figura 20. Ubicación del depósito para pruebas con el dinamómetro	49

Figura 21. Instalación de mangueras de combustible	49
Figura 22. Ubicación del ventilador.....	50
Figura 23. Ingreso de datos del automotor.....	50
Figura 24. Gráfica de potencia vs. rpm, donde se alcanza la máxima potencia con diesel comercial.	56
Figura 25. Gráfica de potencia donde se muestra la máxima potencia con biodiesel	57
Figura 26. Gráfica de potencia donde se alcanza la máxima potencia con biodiesel B20	58
Figura 27. Gráfica de torque donde se alcanza el máximo torque con diesel comercial	59
Figura 28. Gráfica de torque donde se alcanza el máximo torque con biodiesel B10	60
Figura 29. Gráfica de torque donde se alcanza el máximo torque con Biodiesel B20.....	61
Figura 30. Consumo de combustible para cada prueba.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 31. Resultados de las pruebas de CO.....	69
Figura 32. Resultados de las pruebas de CO2.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 33. Resultados de las pruebas de HC.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 34. Resultados de las pruebas de NOx.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 35. Resultados de las pruebas potencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 36. Resultados de las pruebas torque	¡Error! Marcador no definido.

Resumen

En este proyecto de investigación se realizó el análisis de las emisiones contaminantes de diésel comercial y de las mezclas realizadas con el biocombustible en proporciones B10 y B20, además de pruebas de torque y potencia para evaluación del rendimiento que tiene el combustible diésel comercial y las mezclas de biocombustible, estas pruebas se realizaron en la ciudad de Quito que tiene una altura de 2810 metros sobre el nivel del mar.

Las pruebas se realizaron en una camioneta del año 2013 con el aporte del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) en las que se ejecutaron diferentes pruebas dinámicas, a bordo y sobre un dinamómetro. Las pruebas a bordo con el analizador de gases para los combustibles diésel comercial y biodiésel B10 y B20 proporcionaron los resultados de contaminación, del CO se aprecia que la tendencia es incrementar al aplicar el biodiésel B10 en 5.4 % y B20 en 17.2 % respectivamente respecto a la línea base que fue el diésel comercial. Para el HC, el biocombustible B20 reduce 43 % en relación con el diésel mientras que el B10 se muestra la reducción del 20.6% en relación al diésel comercial; como los NOx incrementan en los biocombustibles B10 en un 16% y B20 en 8.5 % con relación con el diésel. Las pruebas de torque y potencia dan como resultado que la utilización del biodiesel B10 generan 0,67% mayor potencia, mientras que con el diésel B20 aumenta en 2,23%, con relación al diesel comercial. La prueba de torque da como resultado que el biodiesel B10 generan un 0,98% mayor torque y el diesel B20 aumenta en

1,82% en relación con el diesel comercial. Los resultados obtenidos demuestran que el biodiesel es amigable con el medio ambiente y ayuda a reducir las emisiones contaminantes.

Palabras Claves: Biodiesel, Torque y Potencia, Emisiones Contaminantes, Prueba en ruta

ABSTRACT

In this research project the analysis of commercial diesel emissions and mixtures made with biofuel in proportions B10 and B20, as well as torque and power tests to evaluate the performance of commercial diesel fuel and mixtures were made. of biofuel, these tests were conducted in the city of Quito that has a height of 2810 meters above sea level.

The tests were carried out in a van of the year 2013 with the contribution of the Technological Transfer Center for Training and Research in Vehicle Emission Control (CCICEV) in which different dynamic tests were carried out, on board and on a dynamometer. The on-board tests with the gas analyzer for commercial diesel and biodiesel fuels B10 and B20 provided the results of contamination, from the CO it is observed that the tendency is to increase by applying biodiesel B10 in 5.4% and B20 in 17.2% respectively respecting the baseline that was commercial diesel. For the HC, the biofuel B20 reduces 43% in relation to the diesel, while the B10 shows the reduction of 20.6% in relation to the commercial diesel; as the NOx increase in biofuels B10 by 16% and B20 by 8.5% in relation to diesel. The torque and power tests give us as a result that the use of biodiesel B10 generate 0.67% greater power, while with the diesel B20 increases by 2.23%, in relation to commercial diesel. The torque test results in B10 biodiesel generating 0.98% higher torque and the B20 diesel increases by 1.82% in relation to commercial diesel. The results obtained show that biodiesel was friendly to the environment and helps reduce polluting emissions.

Keywords: Biodiesel, Torque and Power, Polluting Emissions, On road

Introducción

Antecedentes

La contaminación por medio de combustibles fósiles en este caso llamado diésel es un gran problema a nivel mundial debido a un alto uso en automotores de motor para este combustible, el diésel al ser quemado genera alta carga de contaminantes, la búsqueda de nuevos combustibles para reducir estos y el efecto invernadero es la atención de gobiernos e instituciones. Los biocombustibles es una alternativa que reducir las contaminaciones nocivas. El Ecuador es uno de los países que no cumple con las normas contaminantes prescritas por la organización mundial de la salud, por tal motivo las investigaciones para el uso de biocombustibles y las mezclas con diésel apuestan a una menor contaminación (Llanes Cedeño, Rocha Hoyos, Salazar Alvear, & Medrano Barboza, 2017).

Los motores diésel requieren de un combustible limpio que cumpla con las exigencias de trabajo, el biodiésel es un combustible alternativo que será usado en cualquier motor diésel, debido a que sus propiedades son similares al diésel comercial que hay de venta en el país, además, la materia prima se podrá obtenerse por cultivos generando un redito para el sector agrícola aumentando una tasa de empleo, o de reciclado de aceites de cocina.

Planteamiento del problema

El aumento del parque automotor en el país es cada vez mayor, las empresas automotrices importadores ingresan mayor número de vehículos a diésel con nuevas tecnológicas lo que hace que el consumidor final está tentado a la compra de dichos vehículos.

Al tener una mayor demanda de vehículos a diésel en los últimos años, se provisiona que esta aumentado la contaminación por lo cual, sería necesario desarrollarse las investigaciones que demuestren que los biocombustibles son necesarios y a su vez evaluarse esa disminución en los contaminantes que estos emanan por la combustión, ya que estos contaminantes producidos por la combustión afectan directamente a la salud de seres vivos. Al respecto Stratta, (2000) afirma:

La sustitución de los combustibles denominados fósiles o tradicionales, derivados del petróleo, por otros, de origen vegetal, cobra una gran importancia en nuestros días por varias razones fundamentales, como el hecho de provenir de una fuente renovable, ser un instrumento de lucha contra el deterioro medioambiental, además de un factor de desarrollo de la agricultura e industrias derivadas, y otros beneficios que serán desarrollados con posterioridad.

El objetivo de esta investigación es analizar las emisiones de gases del motor así mismo la potencia y el torque con el uso de biodiésel en sus mezclas B10 y B20, y el diésel comercial para determinarse la variabilidad de los gases contaminantes emitidos por la combustión en el motor y la eficiencia del mismo. Esto se logrará con la medición en ruta con cada combustible para la obtención de los gases contaminantes además del equipo que medirá la eficiencia del motor para el torque y la potencia.

Justificación

El calentamiento global y la causa del efecto invernadero por culpa de los gases que salen por la combustión del diésel, se pretende realizar un análisis de los biocombustibles en las mezclas B10 y B20 con equipos de precisión para medir cada momento de las pruebas, en las cantidades exactas de cada contaminante que sale por el tubo de escape de la camioneta en la que fueron realizadas las pruebas de ruta con las diferentes mezclas. Además, analizar el torque y potencia en el dinamómetro con el automóvil aplicándose las mezclas de los biocombustibles B10 y B20 en comparación con el diésel comercial, para determinar a los biocombustibles como combustibles su variación en el rendimiento del vehículo.

Estudio del arte

Motor de combustión interna diésel.

Los motores de combustión interna diésel tienen el encendido por compresión a diferencia del motor a gasolina que lo hace por medio de la chispa, también, es el sistema de combustible que tiene una bomba de combustible de alta presión (Cedeño et al., 2018).

El motor diésel se ha utilizado cada vez más en los diferentes tipos de vehículos debido a su gran trabajo, el cual generan un gran torque, estos motores sustituyeron a los motores de vapor a diferencia de los motores a gasolina, su construcción es más reforzada debido a la fuerte compresión a la que está sometido (CEAC, 2003)

Funcionamiento Del Motor De Explosión De Cuatro Tiempos

El motor diésel consta de cuatro tiempos para su funcionamiento que son los siguientes:

El ciclo que sigue simultáneamente mientras esta encendido el motor.

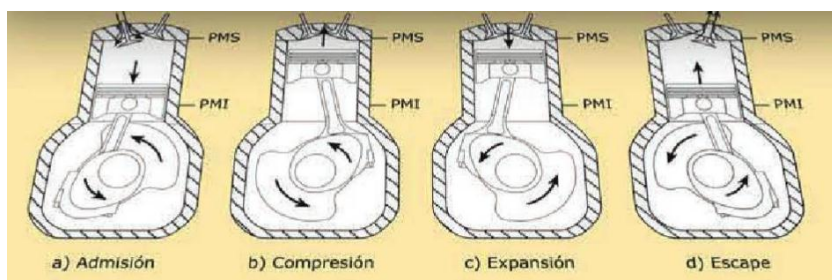


Figura 1. Ciclos del motor diésel (Dominguez Muñoz & Rovira de Antonio, 2005)

Diésel

Es una mezcla compleja procedente del refinado del petróleo utilizado como combustible, una de las características que tiene el diésel es el número de cetano que debe ser superior a un valor de 51, si no se cumple esto podría producir humo blanco en la salida del escape y aumentar la contaminación por una mala combustión, así como de fallas en el encendido y la potencia del motor (Innovación, 2015). El diésel en los motores de combustión interna servirá como lubricante para todo el sistema de alimentación tanto en sistema de baja presión con en el de alta, por ende, entre sus propiedades tiene un alto índice de lubricidad para evitar el agarrotamiento de las piezas y los cuerpos que contiene el sistema de inyección. Sus especificaciones en la tabla 1.

Tabla 1

Especificaciones para el uso de diésel y biodiésel

Parámetro	Norma	Unidades	UNE en 590 diésel ·2	Limite CEN/TC 19 biodiésel
Densidad (15°C	EN ISO 12185	g/cm3	0.820-0.845	0.860-0.900

Viscosidad Cin. 40°C	EN ISO 3104	cSt	2.0-4.5	3.5-5.0
Punto de Inflamación	EN 22719	°C	55 min	101 min
	ISO/CD 3679			
Azufre	EN ISO 14596	ppm	350 máx.	10 máx.
Residuo Carbonoso (10%)	EN ISO 10370	%	0.30 máx.	0.30 máx.
contaminación Total	EN 12662	ppm	24 máx.	24 máx.
Agua	EN ISO 12937	ppm	200 máx.	500 máx.
Corrosión al Cobre	EN ISO 2160	-	Clase 1	Clase 1
Cenizas Sulfatadas	EN ISO 6245	%	0.01 máx.	0.02 máx.
	ISO 3987			
Estabilidad Oxidación	EN ISO 12205	mg/l	25 máx.	6 h min.
	prEN 14112			
Numero de Cetano	EN ISO 5165	-	51.min	51 min
Índice de Cetano	EN ISO 4264	-	46 min	

Fuente (Ciria, 2017)

Biodiésel

El biodiésel es un combustible biodegradable amigable con el ambiente se extrae de grasa animales y vegetales, para poder obtener el biodiésel el aceite vegetal o grasa debe someter a un proceso químico denominado transterificación, también se lo puede producir a través de la palma, coco, girasol (Statement, 2010).

El biodiésel se lo puede utilizar en automotores diésel con mezclas desde B5 lo que nos indica que 5 por ciento de biodiésel y 95 por ciento de diésel comercial las más utilizadas son las mezclas B10 y B20, los estudios realizados indican que el biodiesel tiene las mismas propiedades que el diésel comercial en cuanto a la densidad y número de cetano. Además, presenta un punto de inflamación superior. Al respecto Stratta (2000) explica:

El biodiésel se encuentra registrado como combustible y como aditivo para combustibles en la Agencia de Protección del Medio Ambiente (Enviroment Protection Agency (EPA) en los Estados es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en

cualquier motor diésel, sin ser necesario ningún tipo de modificación. Como sus propiedades son similares al combustible diésel derivado del petróleo.

Especificaciones Del Biodiésel

El biodiésel también se puede obtener a partir de aceite usados de frituras lo que ayuda con el reciclaje y salvaguarda la contaminación de aguas fluviales y marinas, con empleo de aceites vegetales permite reducir la dependencia del petróleo, el aceite vegetal gracias a Rudolf Diesel era destinado a la combustión de motores en ciclo diésel convencionales.

Las propiedades del biodiésel son las mismas del diésel comercial en cuanto a densidad y número de cetano, por tanto, se puede mezclar en con el diésel comercial.

Las características de los ésteres son más parecidas a las del diésel comercial, y esta a su vez es diez veces o más al del aceite crudo, lo hace que sea adecuado para utilizar en el vehículos con motores a diésel (Salgado, 2010).

Según Salgado (2010) dice: La definición de biodiesel lo describe como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivado de lípidos renovables tales como aceites minerales o grasa animales.

El biodiésel tiene especificaciones las cuales son necesarias para que sea utilizable en los motores a diésel, al absorber el biodiésel cantidades de agua en exceso dañaría los sistemas de combustibles, la cantidad de azufre que contenga el biodiésel serán expuestos luego al medio ambiente, las cuales serán responsables de una lluvia ácida esta propiedad depende de la materia prima, las cenizas como restos del catalizador al tener un valor elevado supone residuos en la cámara de combustión, un alto índice de fósforo en el biodiésel involucra a que las emisiones

de partículas sean elevadas y al no contenerlo en el proceso puede obtener hasta 100 ppm el fósforo también es un elemento dañino para los catalizadores de oxidación en los motores a diésel, el cobre corroe el combustible por cual es necesario separar los restos del catalizador del biodiésel antes utilizarlo, la densidad del biodiésel cumple con una propiedad muy importante puesto que a mayor cantidad de masa por unidad de volumen se dispondrá de mayor energía los valores que se toma son de 0,86-0,88 g/cm³ muy similares al del diésel comercial e inferiores a los aceites vegetales, la glicerina total en el biodiésel provocan problemas en el motor, ya que se quedan en el filtro de combustible el cual podría obstruir y aumentar las emisiones de aldehídos, el índice de acidez depende de contenidos de ácidos grasos del aceite y del proceso de transterificación los valores elevados causan problemas de corrosión en el motor, el índice de cetano es la capacidad de auto ignición que tiene el combustible, al ser elevada el motor arrancaría aun a temperatura bajas, el yodo mide el grado de insaturaciones en el biodiésel por lo que es dependiente de las materia prima (Cedeño et al., 2017).

Las especificaciones del biodiésel que se muestran en la tabla 2, garantizan la calidad del producto bajo la norma europea EN-590 (Fernández, 2007).

Tabla 2

Especificaciones establecidas para el biodiésel y el método de ensayo correspondiente.

Propiedad	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de Ensayo
Contenido en éster	% (m/m)	96,5	-	EN 14103
Densidad a 15°C	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad a 40°C	mm ² /g	3,5	5	EN ISO 3104
Punto de inflamación	°C	120	-	prEN ISO 3679

Contenido de azufre	mg/kg	-	10	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Residuo de carbón (en 10% de residuo destilado)	% (m/m)	-	0,3	EN ISO 10370
Índice de cetano	-	51	-	EN ISO 5165
Contenido de cenizas sulfatadas	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Contenido en agua	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Contaminación total	mg/kg	-	24	EN 12662
Corrosión de la tira de cobre (3h a 50°C)	Clasificación	Clase 1	-	EN ISO 2160
Estabilidad a la oxidación 110°C	Horas	6	-	EN 14112
Índice de ácido	mg KOH/g	-	0,5	EN 14104
Índice de yodo	g de yodo/100g	-	120	EN 14111
Éster de metilo de ácido linoleico	% (m/m)	-	12	EN 14103
Ésteres de metilo poli-insaturados (> = a 4 dobles enlaces)	% (m/m)	-	1	-
Contenido de metanol	% (m/m)	-	0,2	EN 14110
Contenido en monoglicéridos	% (m/m)	-	0,8	EN 14105
Contenido en diglicéridos	% (m/m)	-	0,2	EN 14105
Contenido en triglicéridos	% (m/m)	-	0,2	EN 14105
Glicerol libre	% (m/m)	-	0,02	EN 14105 EN 14106
Glicerol total	% (m/m)	-	0,25	EN 14105
Metales del grupo I (Na+K)	mg/kg	-	5	EN 14108 EN 14109
Metales del grupo II (Ca+Mg)	mg/kg	-	5	prEN 14538
Contenido de fósforo	mg/kg	-	10	EN 14107

Fuente: (García Camús & Garcia Laborda, 2004)

Proceso de producción del biodiésel

Según Salgado (2010) dice que el biodiésel es un biocombustible sintético lípido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasa animales mediante el proceso de esterificación y transesterificación también llamado alcoholisis consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido es convertido consecutivamente en diglicérido, monoglicérido y glicerina, En cada reacción una mol de éster metílico es liberado. Todo este proceso se lleva a cabo en un reactor donde se producen las reacciones y en posteríos fases de separación y estabilización.

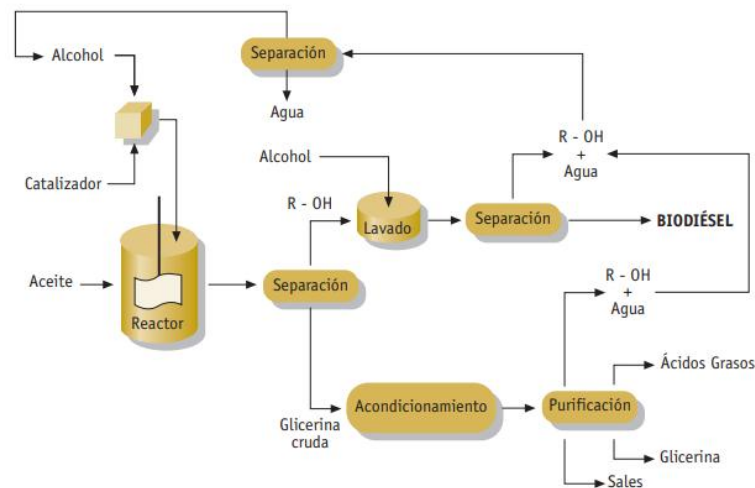


Figura 2. Proceso de transesterificación (García Camús & Garcia Laborda, 2004)

Utilización del biodiésel como combustible

La utilización de biocombustibles ya se lo hace en algunos países del mundo como pioneros son Brasil y EE. UU este biocombustible puede ser usado puro o mezclado, la utilización de este combustible ayuda con la disminución de contaminantes. Según Salgado (2010) dice que, en cuanto a sus propiedades como combustible de automoción, las características de los ésteres son más parecidas a las del gasóleo que las del aceite vegetal sin modificar así la viscosidad del éster es

ligeramente mayor que la del gasóleo, frente a las 10-20 veces superior de la del aceite vegetal crudo.

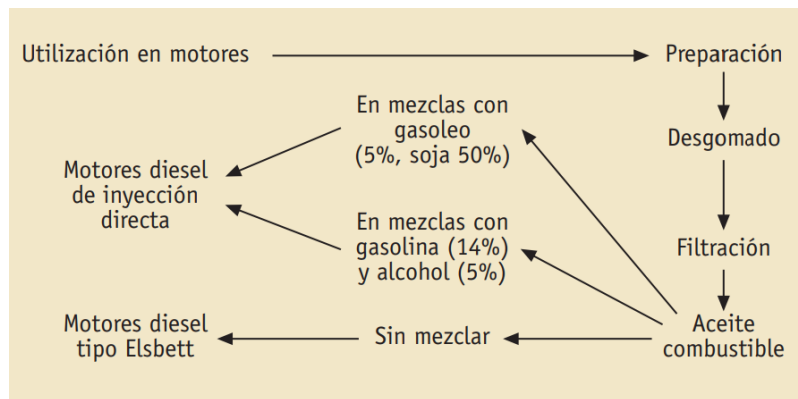


Figura 3. Utilización de biodiésel en motores de combustión interna (García Camús & García Laborda, 2004)

Ventajas del biodiésel al ser usado como combustible alternativo

Un estudio realizado por la Universidad Técnica de Tafiía demostró que la utilización de las mezclas de biodiésel en proporciones de B5 y B20 en relación con el diésel comercial ha disminuido significativamente los monóxidos de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC) pero el óxido de nitrógeno (NOX) se ha incrementado (AlQdah, 2012).

Ventajas e inconvenientes del empleo de biodiésel

- La potencia se mantiene o disminuye debido al poder calorífico que tiene el biodiésel.
- El óxido de nitrógeno aumenta en consecuencia de las mayores presiones y temperaturas que se alcanzan en la cámara de combustión.
- El consumo de combustible aumenta debido a que el diésel tiene menor poder calorífico que el biodiésel

- Al utilizar al 100% el biodiésel los materiales como: pintura plásticos gomas se deterioran (Salgado, 2010).

Propiedades del diésel y biodiésel

Todas las propiedades que se van a comentar a continuación aseguran el correcto funcionamiento en los motores de combustión interna.

Densidad

La densidad es la masa por unidad de volumen, la densidad del diésel es superior a la del biodiésel, esta propiedad se emplea en el cálculo del índice de cetano, la densidad es una propiedad muy importante ya que al tener almacenado el diésel o biodiésel no son las mismas también influye en el proceso de atomización del combustible. La densidad adecuada mantiene la dosificación del combustible al ser muy baja elevaría el consumo volumétrico perjudicando al usuario final y al ser muy alta en el caso del biodiésel limitaría la mezclas con el diésel (Fernández, 2007).

En la tabla 3 se indican las normas para la densidad del diésel en Ecuador, Estados Unidos y Europa bajo la normativa de cada país.

Tabla 3

Densidad en las normas de combustible diésel.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel	Max. 39° API
		Convencional	
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	Sin limitación
EN 590	Europa	Diésel	820-845 kg/m ³
		Convencional	
EN 14214	Europa	Biodiésel	860-900 Kg/m ³
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Sin incluir
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Diésel Premium	860-900 Kg/m ³

Fuente: (Castro, 2018)

Módulo de elasticidad y velocidad del sonido

Según Fernández (2007) dice: El módulo de elasticidad y la velocidad del sonido de un combustible son dos de los parámetros que más afectan al funcionamiento del sistema de inyección diésel, y que determinan el instante en el que se inicia la misma.

La tabla 4 indica el módulo de elasticidad y la velocidad del sonido del diésel convencional y de productos de cual se obtiene el biodiésel.

Tabla 4

Módulo de elasticidad y velocidad del sonido de varios combustibles, a presión atmosférica y temperatura de 40°C

Combustible	Módulo de elasticidad (MPa)	Velocidad del sonido (m/s)
Diésel convencional	1394.4	1298.9
Éster metílico de soja	1562.4	1342
Éster metílico de colza, bajo erúcico	1562.1	1343.4
Éster metílico de colza, alto erúcico	1417	
Éster metílico de girasol	1420	
Éster metílico de grasa animal	1515.7	1330
Éster metílico de aceite usado	1537.9	1339
Éster etílico de soja	1547.1	1340.1

Fuente: (Fernández, 2007)

Viscosidad

La viscosidad del biodiésel es superior a la del diésel, esto afecta a la inyección del mismo, atomización, formación de chorro y tamaño de gotas y a la operación del sistema de inyección, cuanto mayor es la viscosidad del combustible, mayor es el tamaño de gota y peor es el proceso de atomización siendo además la viscosidad el parámetro del combustible que más influye en la atomización. Una viscosidad demasiada elevada aumenta la presión de inyección y desgaste de los componentes disminuyendo la vida útil de los mismos la tabla 5 indica los valores límites para la viscosidad (Fernández, 2007).

Tabla 5*Viscosidad cinemática (a 40°C) en las normas de combustibles diésel*

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel	1.9-4.1 cSt
		Convencional	
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	1.9-6 cSt
EN 590	Europa	Diésel	2.0-4.5 cSt
		Convencional	
EN 14214	Europa	Biodiésel	3.5-5.0 cSt
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	2.0-5.0 mm ² /s
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	3.5-5.0 mm ² /s

Fuente: (Castro, 2018)***Lubricidad***

La lubricidad del biodiésel es muy superior a la del diésel comercial, la lubricidad que tenga cada combustible disminuye la fricción y el desgaste de las partes móviles del sistema de inyección prolongando su vida útil. La prueba HFRR (del inglés High Frequency Reciprocating Rig) evalúa la lubricidad de los combustibles (Fernández, 2007).

Tabla 6*Diámetro de huella en el ensayo HFRR, a 60°C.*

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel	Sin incluir
		Convencional	
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiesel	Sin incluir
EN 590	Europa	Diésel	Max. 460 um
		Convencional	
EN 14214	Europa	Biodiésel	Sin incluir
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Sin incluir
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	Sin incluir

Fuente: (Castro, 2018)***Curva de destilación***

Es la medida de volatilidad según la norma ASTM D-86, la cual influye sobre la arrancabilidad en frío, formación de depósitos y emisiones contaminantes en el caso

del biodiésel es menos volátiles y mayor energía para su completa evaporización.

En la siguiente tabla 7 se muestra los valores de destilación de los combustibles. El rango de temperaturas para el biodiésel es manera al del diésel debido a la mayor homogeneidad y peso molecular del biodiésel (Fernández, 2007)

Tabla 7

Límites de la curva de deslizamiento de diésel y biodiésel en las normativas.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	$282^{\circ}\text{C} \leq T_{90} \leq 338^{\circ}\text{C}$
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	$T_{90} \leq 360^{\circ}\text{C}$
EN 590	Europa	Diésel Convencional	$T_{65} \leq 250^{\circ}\text{C}$ $T_{85} \leq 350^{\circ}\text{C}$ $T_{95} \leq 360^{\circ}\text{C}$
EN 14214	Europa	Biodiésel	Sin incluir
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Sin incluir
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	Sin incluir

Fuente: (Castro, 2018)

Poder Calorífico

Según Fernández (2007) dice: El poder calorífico de un combustible es una medida de su contenido energético. Cuanto mayor es éste, menor es el consumo específico de combustible necesario para obtener unas condiciones determinadas de operación en el motor, y mayor es la potencia alcanzada. El valor de poder calorífico no está basado en ninguna norma EE.UU. o europea aun así el poder calorífico del biodiésel es menor que del diésel.

Número de cetano

(Sanchez Borroto, Piloto Rodriguez, Goyos Perez, & Ferrer Frontela, 2012)

afirman que: El número de cetano es uno de los parámetros más importantes que

caracterizan un combustible diésel desde el punto de vista químico y de su proceso de combustión. El número de cetano del combustible mide la capacidad de autoencendido del mismo y es, por tanto, donde la combustión se inicia por autoencendido del combustible. Cuanto mayor es el número de cetano, menores son el tiempo de retraso y muchas de las emisiones contaminantes, mejor es su arranque en condiciones frías y menor el ruido de la combustión en la tabla 8 se indica el número de cetano bajo las normas de calidad (Fernández, 2007) .

Tabla 8

Límites del número de cetano en las normas de calidad diésel y biodiésel.

Norma	País	Combustible	Dato
ASTM D975	Estados Unidos	Diésel Convencional	Min. 40
ASTM D6751	Estados Unidos	Biodiésel	Min. 47
EN 590	Europa	Diésel Convencional	Min. 51
EN 14214	Europa	Biodiésel	Min. 51
NTE INEN 1489:2012	Ecuador	Diésel Premium	Min. 45
NTE INEN 2482:2009	Ecuador	Biodiésel	Min. 49

Fuente: (Castro, 2018)

Propiedades de flujo en frío

Miden la formación de cristales mediante la utilización de los combustibles o biocombustibles, además de ser parte de la obstrucción en los filtros las proporciones utilizadas por mayor medida las cuales son punto de niebla, punto de vertido y punto de obstrucción de filtros en frío.

El punto de niebla es la temperatura donde se formarán los primeros cristales impidiendo el paso a través del sistema de combustible y los filtros.

El punto de vertido a diferencia del punto de niebla es la temperatura donde el combustible pasa hacer gelatinoso, el cual no puede ser circulado por el sistema de combustible.

El punto de obstrucción de filtros en frío es la temperatura en la cual los cristales producidos por el punto de niebla causan la obstrucción en los filtros impidiendo el paso del combustible.

Norma Técnica Ecuatoriana 2207:98

La preocupación a nivel mundial por disminuir los contaminantes emitidos por la combustión del diésel genera una polémica en cada uno de los países y sin duda el nuestro. En el Ecuador estamos regularizados por las normas INEN estas normas son las que indica la cantidad de contaminación que debe emitir por cada vehículo diésel según el año y modelo.

Los contaminantes regularizados por la Norma INEN 2207 son los monóxidos de carbono (CO), hidrocarburos (HC), los óxidos de nitrógeno (NOx) y materiales particulados, la investigación al usar el biocombustible B10 y B20 se la realiza bajo esta normativa de gases que está definida por las INEN 2207, en las tablas 9 y 10 se indican los valores que rigen en el Ecuador para emisiones contaminantes y en la tabla 11 los valores de opacidad.

Tabla 9

*Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos)*

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	No g/km	Partículas g/km	CICLOS DE PRUEBA
Vehículo Liviano	Todos	Todos	2.10	0.25	0.62	0.12	FTP-75
Vehículo Mediano	≤ 3860	≤ 1700	6.2	0.5	0.75	0.16	
		>1700 ≤ 3860	6.2	0.5	1.1	0.28	
Vehículo pesado**	≤ 3860	Todos	15.5	1.3	5	0.10***	Transient e pesado

* Pruebas realizadas a nivel del mar
 **en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)
 ***para buses urbanos el valor es 0.07 g/bHP-h

Fuente: (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2002)

Tabla 10

*Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).*

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de referencia kg	CO g/Km	HC g/km	No g/km	Partículas g/km	CICLO DE PRUEBA
M1 (1)	≤ 3500	Todos	2.72	0.97 (4)		0.14	ECE-
		≤ 1250	2.72	0.97 (4)		0.14	15
M1 (2), N1		>1250≤ 1700	5.17	1.4 (4)		0.19	+EUD C
		>1700	6.9	1.7 (4)		0.15	
N2, N3, M2, M3 (3)	>3500	Todos	4.0	1.1	7.0	0.15	ECE- 49

*Prueba realizada a nivel del mar

(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2.5 toneladas.

(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2.5 toneladas.

(3) Unidades g/kWh

(4) HC+Nox

Fuente: (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2002)

Tabla 11

Límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba de aceleración libre)

Año modelo		% opacidad
2000	y	50
posteriores		
1999	y	60
anteriores		

Fuente: (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2002)

Principales contaminantes del diésel y biodiésel

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre. Sus principales fuentes productoras responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones, son de los vehículos automotores que utilizan como combustible diésel. Esta sustancia es bien conocida por su toxicidad para el ser humano, sus efectos tóxicos agudos incluida la muerte han sido estudiados ampliamente; sin embargo, sus potenciales efectos adversos a largo plazo son poco conocidos (Jairo TéllezI, 2006).

Dióxido de carbono (CO₂)

Es un gas inerte que se produce por procesos de combustión contribuye de una manera importante con el calentamiento global, pero por otro lado su presencia es vital para el crecimiento de la plantas ya que forma parte del proceso de la fotosíntesis el CO₂ en cantidades desmedidas contribuye al efecto invernadero (Valtierra, 2010).

Hidrocarburos (HC)

Este gas se genera cuando no se quema completamente el combustible como es un compuesto orgánico es precursor del ozono.

Óxidos de Nitrógeno (Nox)

Es un importante contribuyente para la lluvia ácida es nocivo para la salud ayuda a contraer enfermedades como la gripa e influenza además de que produce irritación en los ojos nariz y garganta (Gaybor, 2009).

Ciclos de prueba en ruta

Los ciclos de prueba son definidos como ciclos para la medición de gases y comportamiento de los vehículos a ser probados, para ello hay métodos también que son de homologación como los de la unión europea (UE) y los de EE.UU. Además, estos ciclos de conducción han adoptado en diferentes países.

Método de ensayo para homologación unión europea

El método de ensayo para la medición de emisiones contaminantes en Europa tiene un nuevo ciclo de conducción NEDC las cuales reproducen unas condiciones de circulación que combinan cuatro tramos de conducción urbana (ECE15) con uno extraurbano (EUDC) con un total de 11.027 m y una duración total de, aproximadamente, 20 minutos. La velocidad media es de 33.6 km/h y tiempo a ralentí de 300 s. Por lo tanto, los vehículos con sistema Start&Stop consiguen rebajar mucho las emisiones contaminantes de homologación, puesto que durante ese tiempo el vehículo no emite contaminantes a la atmósfera (CEVISMAR, 2016).

Método de ensayo para certificación en Estados Unidos

El método de ensayo para las emisiones contaminantes en Estados Unidos las regula EPA (Environmental Protection Agency) y el ciclo de conducción utilizado consta de

dos partes interurbanas, una al principio y otra al final y en el medio una parte de conducción urbana. El recorrido total mide 17.77 km, con una duración aproximada de 31 minutos, a una velocidad media de 34.1 km/h. Entre la parte urbana y la última interurbana existe una parada de 10 minutos de duración (CEVISMAP, 2016).

Prueba Europea ECE

Este es un ciclo de manejo urbano regulado por la Unión Europea EC-15 basado en el tráfico de Roma y París con aceleraciones suaves y estas no sobrepasan los 50 km/h en la figura se puede apreciar que la velocidad del vehículo no sobrepasa los 50 km/h después aparece EUDC (Extra Urbe Drive Cycle) para aumentar la velocidad a 120 km/h y esta es equivalente al FTP-75 de Estados Unidos, ya que es empleada para la certificación y homologación de vehículos livianos, en el figura 5 se puede apreciar que no sobrepasa los 120 km/h. (Net, 2013)

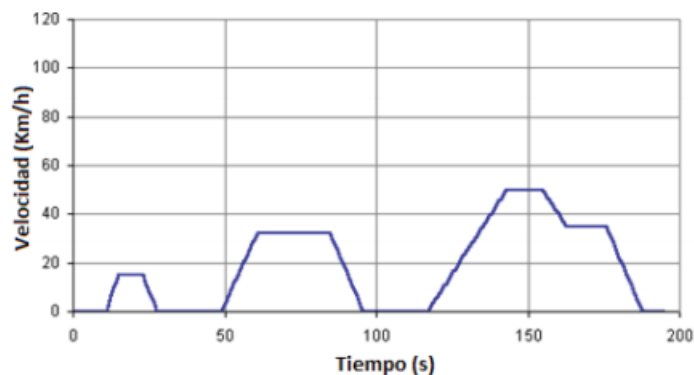


Figura 4. Ciclo de la Prueba ECE-15 (Net, 2013)

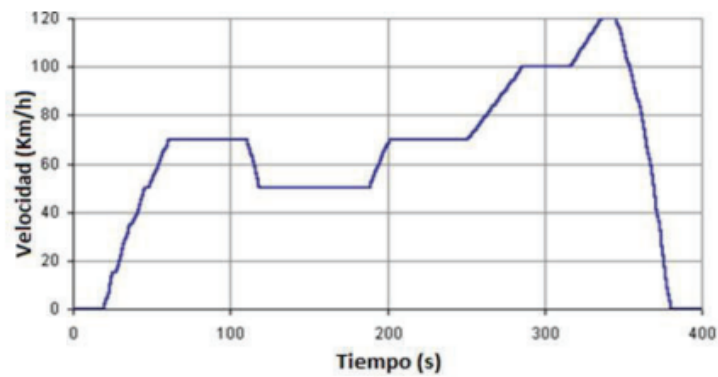


Figura 5. Ciclo de prueba EUDC (Net, 2013)

Método

La investigación se realizó para comparar los contaminantes que generan los biocombustibles en comparación del combustible comercial, además de evaluaciones de torque y potencia, las cuales se realizaron con un proceso técnico, estas pruebas se van a detallar en este capítulo y de igual forma determinarse cuál combustible es más amigable con el medio ambiente y una alternativa para el País.

Densidad del diésel comercial y del biodiésel

Para obtener la densidad del diésel comercial y del biodiésel se utiliza la ecuación 1, según (Mott, 2006)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde:

ρ : Densidad (kg/m³)

m : Masa (kg)

V : Volumen (m³)

Para analizar la fórmula se utilizó una probeta de 500 ml en el cual se pesó el diésel comercial en una balanza electrónica el peso del diesel comercial es de 0.23 kg, de igual forma se pesó el biodiesel en la misma probeta de 500 ml sobre la balanza electrónica el resultado del peso fue de 0.24 kg

Aplicando la fórmula de la densidad se define en la siguiente tabla 12, la densidad de cada uno de los combustibles.

Tabla 12

Densidad de diésel y biodiésel

Combusti ble	Densidad kg/m ³
Diésel	460
Biodiésel	480

Obtención del biodiésel B10

El diésel comercial es la materia prima utilizada para obtención de un biocombustible B10, para obtener la mezcla ideal, se debe utilizar una balanza para sacar el peso del combustible comercial, así como del biodiésel. Es muy importante pesar los combustibles y no mezclarlos en cantidades de mililitros para que la densidad sea la correcta en cada uno de los combustibles para las pruebas. Con el peso obtenido en una balanza del combustible comercial y del biocombustible se procede a mezclar el 90% de combustible y el 10% de biocombustible para así obtener un biocombustible B10, según figura 6.

*Figura 6. Mezcla del biodiesel B10*

Obtención del Biocombustible B20

Se realiza el mismo proceso de mezcla para el biocombustible B10 con la diferencia de que se utiliza 80% del combustible comercial y un 20% de biodiesel para así obtener biodiesel B20, según figura 7.



Figura 7. Mezcla del biodiesel B20

Características del combustible

Las propiedades de los combustibles es esencial para corresponder las pruebas de eficiencia y emisiones en el motor diésel.

Tabla 13

Propiedades de las mezclas de diésel y biodiésel con aditivo

Propiedades del combustible	Norma	Norma INEN: 1489:2012	Diésel Premium	Diésel / 10% biodiésel (B10)	Diésel / 20% biodiésel (B20)
Número de cetano	ASTM D976 - 06	45 min.	51.7	53.2	53.2
Curva de destilación T ₉₀ – 90% evap., (°C)	ASTM D88	360 max.	336	336	343
Punto de	ASTM	51 min.	61	63	66

Inflamación (°C)	D93 -16a				
Contenido de azufre (ppm)	ASTM D4294 -16	650 max.	145.93	122.7	106.76
Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130 -12	3	1A	1A	1A
Viscosidad cinemática a 40 °C (mm ² /s)	ASTM D445 -15a	2 - 5	3.528	3.445	3.459
Agua y sedimentos (%)	ASTM D1796 -11	0.05 máx.	<0.05	<0.05	<0.05

Fuente: (Castro, 2018)

Vehículo de prueba

En la tabla 14, se indica las especificaciones técnicas del automotor en el que se realizará las pruebas, la camioneta tiene un kilometraje de 55.000 km y es del año 2013. La misma es una de las más comercializadas en la ciudad de Quito por su bajo consumo y gran oferta de reventa además que tiene un motor con sistema riel común (CRDI) de nueva tecnológica.

Tabla 14

Ficha técnica del MABT Doble Cabina 2.5L 4x4 Di 2013

Parámetro	Dato
Combustible:	Diésel
Cilindrada:	2499 cc
Potencia:	140/3500 Hp/rpm
Torque:	330/1800 N·m/rpm
Alimentación:	inyección electrónica riel común
Cilindros:	4 en línea
Válvulas:	16
Relación de compresión:	18:1

Ruta de prueba en ruta

Se realizó doce pruebas con los combustibles de la siguiente manera, cuatro con diesel comercial, cuatro con biodiesel B10 y cuatro con biodiesel B20 para obtenerse los valores de emisiones contaminantes, los cuales se obtiene en tiempo real, este valor se tabula al final de cada prueba y se obtiene los resultados. La ruta que se consideró para realizar las pruebas es un 50% en carretera y 50% en la ciudad, esta ruta fue definida para las pruebas por la geografía que tiene la ciudad de Quito.



Figura 6. Perfil de elevación de la ruta fuente
(Quinchimbla Pisuña & Solis Santamaria, 2017)

En la figura 8, se aprecia el perfil de alturas de la ruta que se tomó para las pruebas de emisiones contaminantes, en la que hay un distancia de recorrido en la parte suburbana de 7993m y en la urbana de 7680m con una longitud total de 15673m (Quinchimbla Pisuña & Solis Santamaria, 2017). Para las diferentes pruebas de emisiones contaminantes se consideró un ciclo de conducción combinado, en él se considera 50% en el carretero con una velocidad máxima de 90 km/h y con el otro 50% en la ciudad con una velocidad máxima de 50 km/h cumpliendo así con límites de velocidad dentro de la ciudad de Quito,

además se debe tomar en cuenta que en este ciclo de conducción las características climáticas y geográficas que son de gran relevancia para los arranques del automotor.

La ruta definida para las pruebas de emisiones contaminantes fue diseñada por Quinchimbla y Solís (2017) que dice: la ruta inicia en el puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui, para después continuar por Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas, intersección de la Av. Colón con Av.12 de Octubre recorriendo una distancia de 7993 m de parte Suburbana y 7680 m de parte urbana con una longitud total de 15673 m.

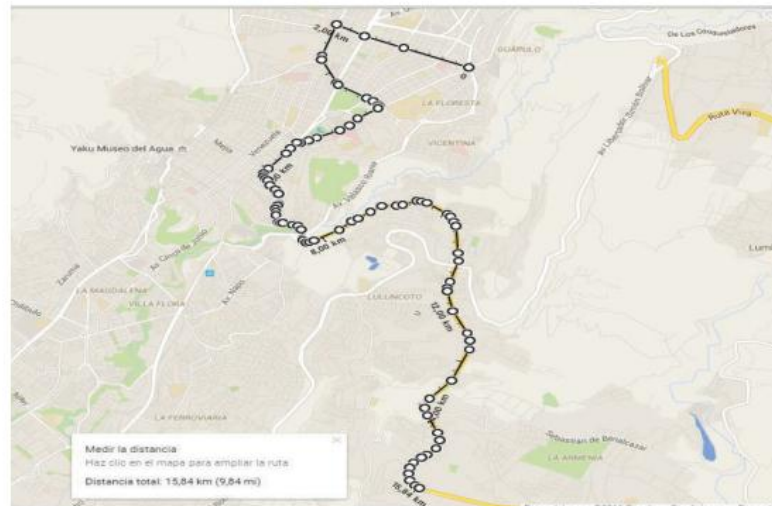


Figura 9. Ruta definida para las pruebas de emisiones contaminantes (Google, 2018)

Analizador de gases

El analizador de gases que se utilizó para las pruebas de emisiones contaminantes (HC, CO, CO₂, O₂, Nox) es de marca GLOBAL AXION R/S TM 1, este equipo se encuentra en la instalación de CCICEV, el cual se encuentra calibrado constantemente para que los resultados en cada análisis sean reales y confiables, en la tabla 15 se mira su fiabilidad (Rocha-Hoyos et al., 2018).

Tabla 15*Especificaciones técnicas del analizador de gases*

Detalle	Valor
Principio de medición (HC,CO,CO ₂)	Espectrometría de infrarrojo NDIR (Non Dispersiva Infra red Detector)
Principio de medición (O ₂ ,NO _x)	Detección electroquímica
Tensión de Alimentación	12-24 V DC / 5-8 A
Índice de flujo	5 l / min
O ₂ -Rango de medición / Precisión / Resolución	0.00 – 25.00 % / $\pm 0.1\%$ ABS. or $\pm 3\%$ rel / 0.01 Vol. %
CO-Rango de medición / Precisión / Resolución	0.00 – 10.00 % / $\pm 0.02\%$ ABS. or $\pm 3\%$ rel. / 0.001 Vol. %
No-Rango de medición / Precisión / Resolución	0-4000 (ppm) / ± 25 ppm ABS. or $\pm 4\%$ rel. / 1 ppm
CO ₂ -Rango de medición / Precisión / Resolución	0.00 – 16.00 % / $\pm 0.3\%$ ABS. or $\pm 3\%$ rel. / 0.01 Vol. %
HC(Propano)-Rango de medición / Precisión / Resolución	0 - 4000 ppm / ± 8 ppm ABS. or $\pm 3\%$ rel. / 1 ppm

Preparación del vehículo para realizar las pruebas de emisiones contaminantes con el combustible diésel comercial, biodiésel B10 Y B20

Antes de partir con el vehículo para realizar las pruebas de emisiones contaminantes se realizó lo siguiente:

- Instalar la sonda del analizador de gases en el escape del automotor como se muestra en la figura 10, adicionalmente subir el analizador de gases a la cabina del vehículo.



Figura 7. Sujeción de la sonda del analizador de gases

- Instalar un depósito de combustible como se muestra en la figura 11, para llenar los diferentes combustibles y también controlar el consumo de combustible.



Figura 8. Sujeción e instalación del depósito

- Instalar las nuevas líneas de combustible hacia la bomba de combustible de alta presión, como se muestra la figura 12.



Figura 9. Instalación de las nuevas líneas de combustible

Pruebas en ruta de emisiones contaminantes con diesel comercial

Se realizó cuatro viajes con el combustible comercial, este es el primer combustible con el que se empezaron las pruebas, en la figura 13 se muestra como se recarga el combustible comercial para proceder a las pruebas en la primera vuelta.



Figura 10. Recarga de combustible comercial

Para empezar la ruta se parte desde el Puente 5 de la autopista general Rumiñahui con se muestra en la figura 14, el combustible es medido en un matraz de 5000 ml con el cual al final de cada prueba se mide el consumo de combustible.



Figura 11. Medición de combustible y ubicación de inicio de ruta

El tiempo estimado de la ruta es de 40 minutos a 50 minutos, termina en la plaza Artigas, en la figura 15 se muestra el punto de llegada, ubicado en la av. 12 de octubre con la Av. Colon.



Figura 12. Punto de llegada

Pruebas en ruta de emisiones contaminantes con biodiésel B10

En esta prueba, se cambió el diésel comercial por el biodiésel B10, se cambia totalmente el combustible como se muestra en la figura 16, y se regresa al puente cinco de Av. Rumiñahui para proceder con la siguiente prueba, el analizador de gases se pone en cero para que vuelva a medir las emisiones contaminantes del biocombustible B10.



Figura 13. Cambio de combustible por biodiesel B10

Pruebas en ruta de emisiones contaminantes con biodiésel B20

En esta prueba se cambió el biodiesel B10 por el biodiesel B20, se cambia totalmente el combustible como se muestra en la figura 17, y se regresa al puente cinco

de Av. Rumiñahui para proceder con la prueba del biodiesel B20 el analizador de gases se pone en cero para que vuelva a medir las emisiones contaminantes con el biocombustible B20.



Figura 14. Cambio de combustible por biodiésel B20

Ensayo de torque y potencia con el diésel comercial, biodiésel B10 y biodiésel B20

Castro (2018) dice: La prueba de torque y potencia es una medición en las ruedas montadas sobre el dinamómetro. La potencia tomada por la rueda es transformada internamente por el sistema del dinamómetro para obtenerse resultados estrictamente correspondientes al motor, y cada prueba que se realice el computador del dinamómetro guarda los reales además de las condiciones ambientales y arroja datos como la potencia en kW y torque en Nm con respecto a la velocidad.

Dinamómetro LPS3000

El Dinamómetro utilizado en la investigación es de chasis que es un equipo diseñado para medir la energía que entrega el vehículo, es utilizado para saber cuál es el torque y potencia de dichos vehículos el cual nos sirve para realizar un análisis con la utilización de los diferentes combustibles utilizados en esta investigación (Rocha y Zambrano, 2015).



Figura 18. Dinamómetro

Este dinamómetro se encuentra en el Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en Control de Emisiones Vehiculares CCICEV está compuesto de los siguientes elementos

- Juego de rodillos
- Freno de corrientes parasitas (Eddy Current Brake).
- Chasis del dinamómetro
- Cardan.
- Bomba Hidráulica
- Ventiladores Sistema de Adquisición de Datos (tarjetas Electrónicas).

Dispone de elementos complementarios como:

- Pupitre de comunicaciones
- Pantalla LCD, CPU y teclado
- Control remoto
- Caja de interface con sensores
- Ventilador refrigerante

- Opacímetro (MDO” LON)
- Analizador de gases (MGT%)
- Extractor de gases

El lps se utilizó para realizar pruebas en vehículos y camiones con motores de ciclo Otto, además dispones de una caja de interface donde se registra datos de rpm del motor y medio ambiente. (Rosas Huera, Baraona L, & Barona López, 2011)

Pruebas que se obtiene:

Simulación de carga

Esta prueba permite determinar la potencia ascensional de un vehículo, las pruebas se realizan mediante ciclos de manejo IM240 también se puede realizar análisis de opacidad y anales de gases (Rosas Huera, Baraona L, & Barona López, 2011)

Potencia del motor

En esta prueba se adquiere el par motor y la potencia del vehículo

Medición de elasticidad

En esta prueba se comprueba la elasticidad del motor, en donde se demuestra que un motor entregue la potencia la cual nos va indicar que sea gradual y progresiva

Control del tacómetro

Sirve para controlar la velocidad del vehículo

Adaptación de carga

En esta etapa se define las características del vehículo según las normas SAE J2264 o ECE

Prueba Long-Down

Permite regular gradualmente la carga de aceleración de la potencia máxima obteniendo así la opacidad en motores diésel bajo plena carga

Procedimiento para la realización de pruebas con el dinamómetro

Preparación del vehículo

El vehículo se lo ubica sobre el dinamómetro como se muestra en la figura 19 y sujetarlo con las fajas a la estructura del mismo para evitar posibles descarrilamientos debido a la fuerza que genera las ruedas con los rodillos del dinamómetro.

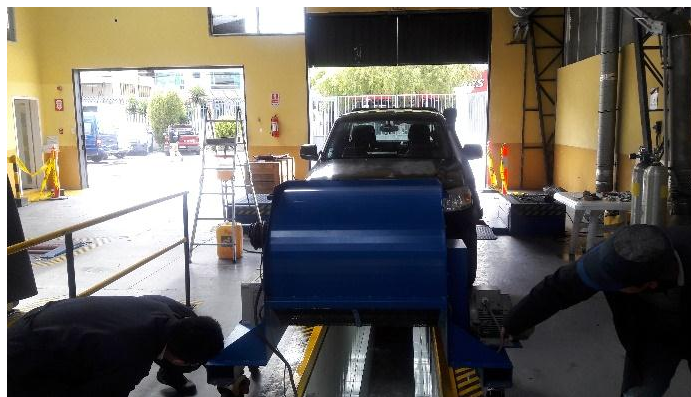


Figura 15. Vehículo sobre el dinamómetro

Ubicar el depósito de combustible para realizar todas pruebas de torque y potencia, cada que se realiza las pruebas hay que cambiar totalmente el combustible para que no haya mezclas indebidas y las pruebas sean correctas



Figura 16. Ubicación del depósito para pruebas con el dinamómetro

Desconectar las mangueras de combustible de la camioneta y ubicar las nuevas mangueras que van desde el depósito hasta el sistema de inyección del motor, revisar que no haya pérdida de combustible antes de las pruebas.



Figura 17. Instalación de mangueras de combustible

Ubicar delante del vehículo el ventilador para disipar el calor generado del motor durante las pruebas, este ventilador es de flujo continuo parte del equipo del dinamómetro.



Figura 18. Ubicación del ventilador

Ingresa los datos del vehículo como se muestra en la figura 23, en el software del dinamómetro para poder iniciar las pruebas. El software del dinamómetro consta con una base de datos según la marca y modelo de cada vehículo.

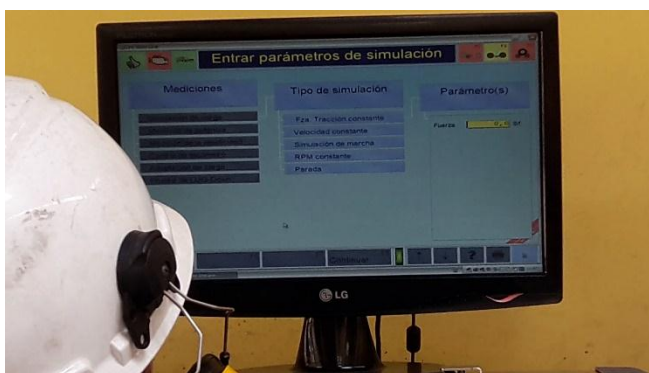


Figura 19. Ingreso de datos del automotor

Factores de emisión

Según Urbina (2016), el procedimiento para el cálculo de los factores de emisión parte del punto de desarrollar una fórmula molecular equivalente para el combustible. Es tal que el combustible contiene componentes de carbono e hidrógeno con cantidades despreciables de otros elementos para el propósito del balance de masa.

En la siguiente tabla se aprecia el peso molecular para un combustible con 80% peso de carbono y 20% peso hidrógeno, para obtener una fórmula CH_3 .

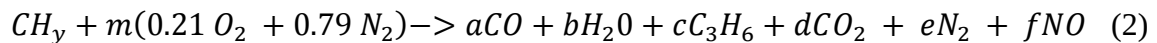
Para el caso de la fórmula molecular equivalente CH_3 , va relacionado con el peso molecular del combustible y está dado por la ecuación 1 según Urbina, (2017):

$$y = \left(\frac{\% \text{ peso } H}{\% \text{ peso } C} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (1)$$

Donde:

- MWC = peso molecular del carbono
- MWH = peso molecular del hidrógeno

En la ecuación 2, se presenta los productos de combustión con mayor repercusión ambiental. Para tal se considera CO , H_2O , C_3H_6 , CO_2 , N_2 y NO que tienen gran importancia en el balance de la masa para la combustión según Frey & Einchenberger, (1997):



Donde las variables a , b , c , d , e , f y m son coeficiente estequiométricos desconocidos y definidos según (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010) donde:

- m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido
- a = moles formados de CO por mol de combustible consumido
- b = moles formados de H_2O por mol de combustible consumido
- c = moles formados de C_3H_6 por mol de combustible consumido
- d = moles formados de CO_2 por mol de combustible consumido
- e = moles formadas de N_2 por mol de combustible consumido

- f = moles formados de NO por mol de combustible consumido

Los átomos de combustión no pueden ser creados ni destruidos, es tal que la presentación del balance de la masa se describe como:

Elemento	Recatarte		Productos	
Carbono	1	=	$a + 3c + d$	(3)

Elemento	Recatarte		Productos	
Hidrógeno	y	=	$2b + 6c$	(4)

Elemento	Recatarte		Productos	
Oxígeno	$0.42 m$	=	$a + b + 2d + f$	(5)

Elemento	Recatarte		Productos	
Nitrógeno	$1.58 m$	=	$2e + f$	(6)

Al ser el CO₂ el gas predominante, en los residuos de combustión se pretende relacionar este gas con el resto de residuos que son indispensables en la relación de este estudio para tal se presenta las siguientes ecuaciones, según (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010):

$$R_{NO} = \left(\frac{NO}{CO_2} \right) = \frac{f}{d} \quad (7)$$

$$R_{CO} = \left(\frac{CO}{CO_2} \right) = \frac{a}{d} \quad (8)$$

$$R_{HC} = \left(\frac{HC}{CO_2} \right) = \frac{c}{d} \quad (9)$$

Donde:

R_{CO} = Razón de CO con respecto al CO₂

R_{HC} = Razón de HC con respecto al CO₂

R_{NO} = Razón de NO con respecto al CO₂

De las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$a = d * R_{CO} \quad (10)$$

$$c = d * R_{HC} \quad (11)$$

$$d = \left(\frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \right) \quad (12)$$

Al obtener los valores de a, c y f en las ecuaciones anteriores se pretende analizar los factores de emisión (EF') en gramos de contaminante por gramo de combustible consumido según (Llanes Cedeño, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo, 2018):

$$EF'_{CO} = a * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{CO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \quad (13)$$

$$EF'_{HC} = a * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{HC}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \quad (14)$$

$$EF'_{NO} = a * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{NO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \quad (15)$$

Se considera como base principal del combustible al octano C₈H₁₈ (equivalente CH_{2.25}), se presenta la ecuación del peso molecular del combustible según (Caiza Jacome & Portilla Aguilar, 2010):

$$MW_{Fuel} = \frac{12gC}{mol\ C} \left(\frac{1mol\ C}{mol\ Fuel} \right) + \frac{1gH}{mol\ H} * \left(\frac{2.25mol\ H}{mol\ Fuel} \right) \quad (16)$$

$$MW_{Fuel} = 14.25 * \frac{g\ Fuel}{mol\ Fuel} \quad (17)$$

La densidad del combustible (Kg/m^3) y consumo por distancia recorrida FC (m^3/Km), se obtiene el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido, como se muestra en las siguientes ecuaciones, las cuales se ejecutan para el cálculo de factores de emisión de los vehículos de prueba que son proporcionados por el análisis ON BOARD

(Caiza, 2018), también según Frey & Eichenberger, (1997):

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (18)$$

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{Km} = \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (19)$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (20)$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{30 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (21)$$

Resultados

Los presentes resultados que se van a detallar a continuación se realizó con el dinamómetro de marca MAHA LPS 3000 de propiedad del CCICEV, las pruebas se realizó en la camioneta MBT50 del año 2013 con motor 2.5 litros CRDI en la ciudad de Quito con una altura de 2810 m, los combustibles que se utilizaron para las diferentes pruebas fueron diésel comercial, biodiésel B10, biodiésel B20 con dichos combustibles se realizaron tres pruebas para cada combustible.

Resultado de potencia

Potencia con diésel comercial

En la tabla 16 se presenta la potencia obtenida de las tres pruebas realizadas en la camioneta MBT50 con diésel comercial, en donde la potencia máxima es de 103.5 Hp a 3500 rpm

Tabla 12

Resultados de potencia con diésel comercial

PARAMETROS	kW	Hp	rpm
PRUEBA 1	77,2	103,5	3500,0
PRUEBA 2	78,9	103,1	3495,0
PRUEBA 3	76,5	102,6	3500,0
PROMEDIO	77,53	103,07	3498,33

En la figura 24, se muestra la curva característica desde donde inicia la potencia hasta donde termina y valor final es de 103.5 Hp a 3500 rpm.

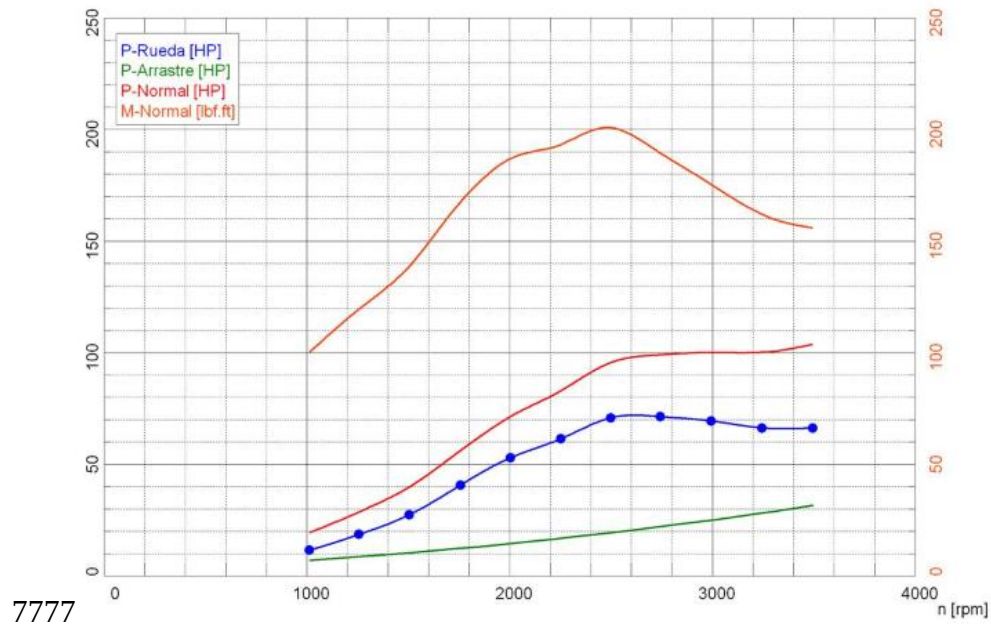


Figura 20. Gráfica de potencia vs. rpm, donde se alcanza la máxima potencia con diésel comercial.

Potencia con diésel B10

En la tabla 17, se presenta la potencia obtenida de las tres pruebas realizadas en la camioneta MBT50 con biodiésel B10, en donde la potencia máxima es de 103.9 Hp a 3500 rpm.

Tabla 13

Resultados de potencia con biodiésel B10

PARAMETROS	kW	Hp	rpm
PRUEBA 1	77,4	103,8	3500,0
PRUEBA 2	77,5	103,9	3500,0
PRUEBA 3	77,4	103,8	3495,0
PROMEDIO	77,43	103,83	3498,33

En la figura 25 se muestra la curva característica desde donde inicia la potencia hasta donde termina valor final es de 103.9 Hp a 3500 rpm.

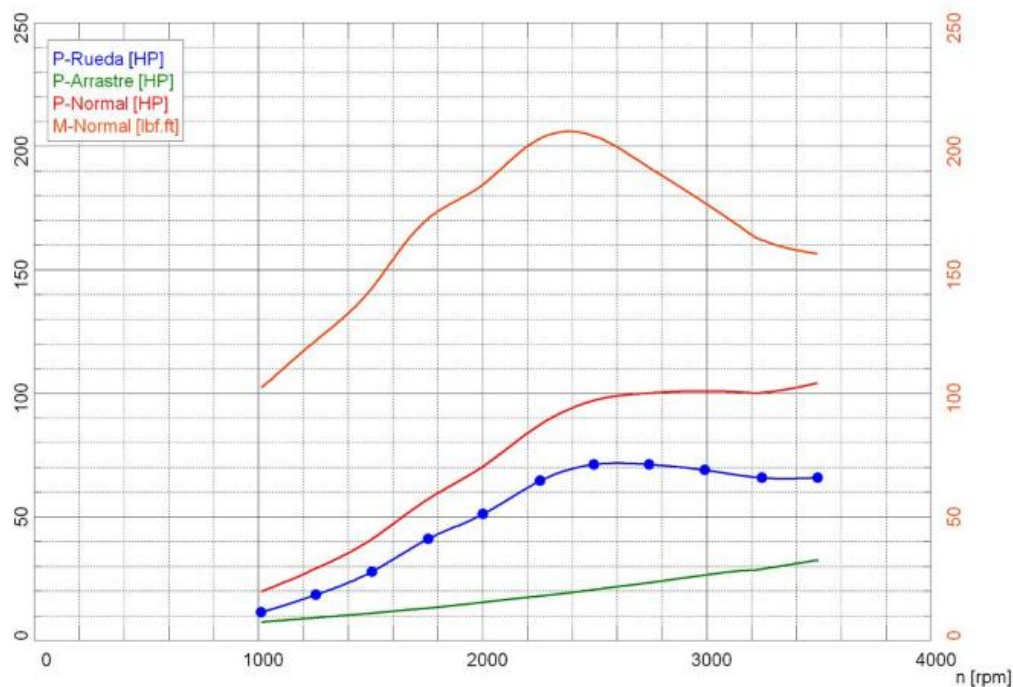


Figura 21. Gráfica de potencia donde se muestra la máxima potencia con biodiésel

Potencia con biodiésel B20

En la tabla 18, se presenta la potencia obtenida de las tres pruebas realizadas en la camioneta MBT50 con biodiésel B20, en donde la potencia máxima es de 105.9 Hp a 3495 rpm

Tabla 14

Resultados de potencia con biodiésel B20

PARAMETROS	kW	Hp	rpm
PRUEBA 1	79,1	106,1	3495,0
PRUEBA 2	78,9	105,9	3495,0
PRUEBA 3	77,8	104,3	3500,0
PROMEDIO	78,60	105,43	3496,67

En la figura 26 se muestra la curva característica desde donde inicia la potencia hasta donde termina el valor final es de 106.1 Hp a 3495 rpm.

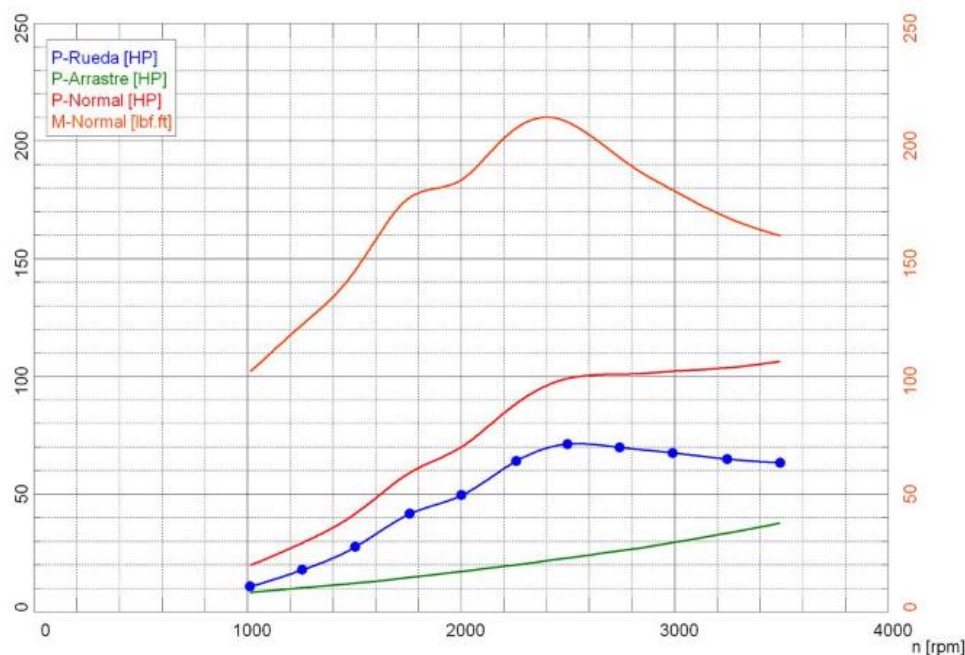


Figura 22. Gráfica de potencia donde se alcanza la máxima potencia con biodiésel B20

Resultados de torque.

Torque con diésel comercial

En la tabla 19, se presenta el torque obtenido de las tres pruebas realizadas en la camioneta MBT50 con diésel comercial, en donde el torque máximo es de 275.64 Nm a 2370 rpm.

Tabla 15

Resultados de torque con diésel comercial

PARAMETROS	Nm	rpm
PRUEBA 1	271.98	2485,0
PRUEBA 2	275,64	2370,0
PRUEBA 3	274,96	2380,0
PROMEDIO	275,30	2411,67

En la figura 27 se muestra la curva característica desde donde inicia el torque hasta donde termina el valor final es de 275.6 Nm a 2370 rpm.

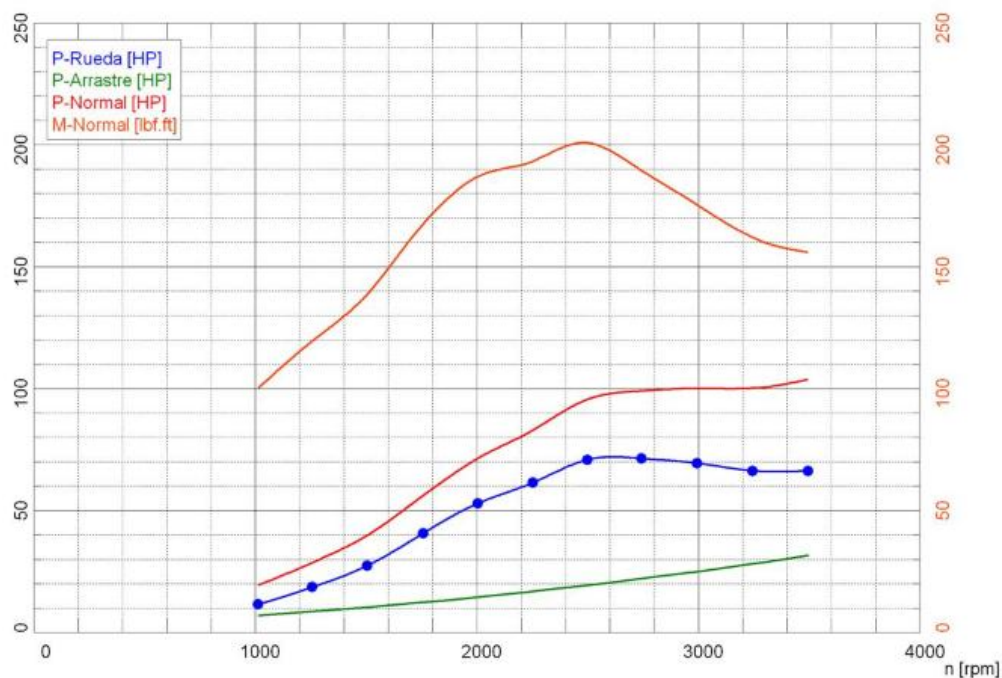


Figura 23. Gráfica de torque donde se alcanza el máximo torque con diesel comercial

Torque con biodiésel B10

En la tabla 20, se presenta el torque obtenido de las tres pruebas realizadas en la camioneta MBT50 con biodiésel B10, en donde el torque máximo es de 279.6 Nm a 2380 rpm.

Tabla 16

Resultados de torque con biodiésel B10

PARAMETROS	Nm	rpm
PRUEBA 1	272.0	2440
PRUEBA 2	278.9	2380
PRUEBA 3	279.6	2380
PROMEDIO	276.83	2400.00

En la figura 28 se muestra la curva característica desde, donde inicia el torque hasta donde termina el valor final es de 279.6 Nm a 2380 rpm.

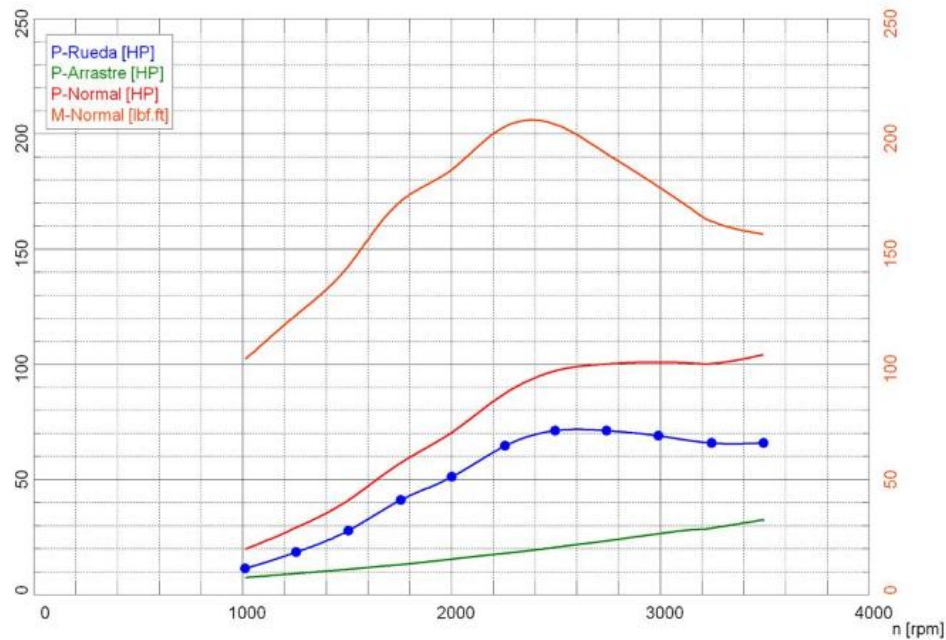


Figura 24. Gráfica de torque donde se alcanza el máximo torque con biodiésel B10

Torque con biodiésel B20

En la tabla 21, se presenta el torque obtenido de las tres pruebas realizadas en la camioneta MBT50 con biodiésel B20, en donde el torque máximo es de 284.6 Nm a 2400 rpm

Tabla 17

Resultados de torque con biodiésel B20

PARAMETROS	Nm	rpm
PRUEBA 1	284.6	2400
PRUEBA 2	270.4	2410
PRUEBA 3	282.7	2345
PROMEDIO	279.23	2385.00

En la figura 29, se muestra la curva característica desde el inicio del torque hasta donde termina el valor final es de 284.6 Nm a 2400 rpm.

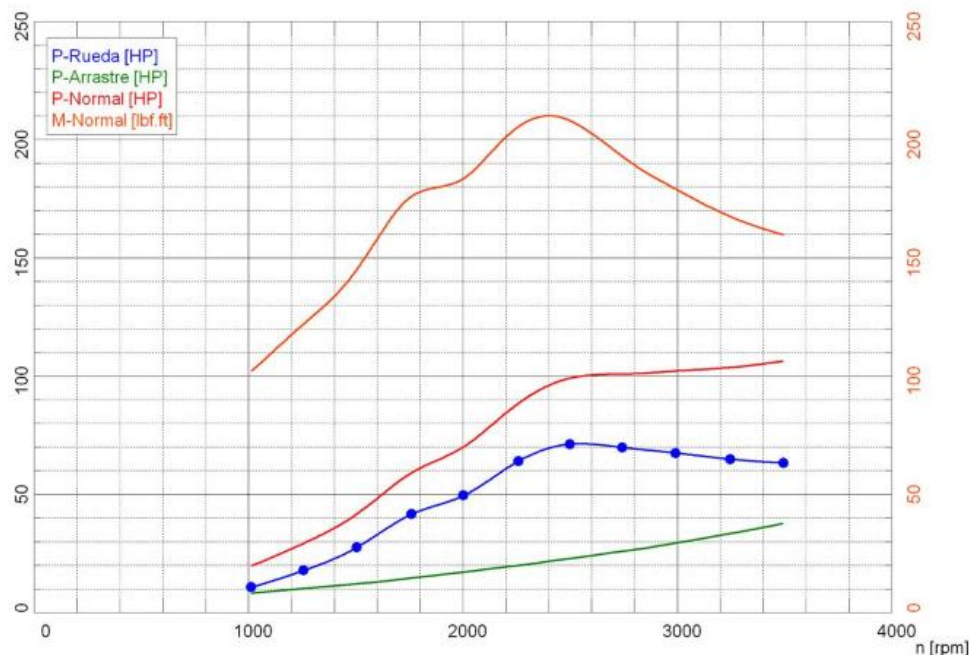


Figura 25. Gráfica de torque donde se alcanza el máximo torque con Biodiésel B20

Consumo de combustible

La tabla 22, indica un promedio del consumo de combustible en las pruebas de diésel comercial, en donde se considera un manejo estándar al igual que la velocidad, siempre manteniendo los límites de velocidad tanto en la autopista o ciudad.

Tabla 18

Consumo de combustible en litros diésel.

DATOS DEL CICLO UTILIZADO DIÉSEL COMERCIAL					
CICLO DE PRUEBA			Puente 5-Plaza Artigas		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			15.673		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			15673		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMEDI
Consumo en litros	2,21	2,11	2,23	2,74	2,32

En la tabla 23 se muestra el consumo de combustibles en km/L y km/Gl para las pruebas de diesel comercial.

Tabla 19*Consumo de combustible en km/L-km/Gl*

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMEDIO
Consumo (km/L)	7,092	7,428	7,028	5,72	6,817
Consumo (km/Gl)	26,651	27,914	26,412	21,496	25,618

La tabla 24, indica un promedio del consumo de combustible en las pruebas del biodiesel B10, en donde se consideró un manejo estándar al igual que la velocidad siempre manteniendo los límites de velocidad tanto en la autopista o ciudad.

Tabla 20*Consumo de combustible en litros B10.*

DATOS DEL CICLO UTILIZADO BIODIESEL B10					
CICLO DE PRUEBA			Puente 5-Plaza Artigas		
DISTANCIA RECORRIDA (km)			15.673		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			15673		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMEDI O
Consumo en litros	2,15	2,16	2,29	2,3	2,23

En la tabla 25 se muestra el consumo de consumo de combustibles en km/L y km/Gl para las pruebas biodiésel B10

Tabla 21*Consumo de combustible en km/L-km/Gl*

CICLO DE CONSUMO BIODIESEL B10					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMED IO
Consumo (km/L)	7,29	7,256	6,844	6,814	7,051
Consumo (km/Gl)	27,395	27,268	25,27	25,606	26,385

La tabla 26, indica un promedio del consumo de combustible en las pruebas del biodiésel B20, en donde se considera un manejo estándar al igual que la velocidad siempre manteniendo los límites de velocidad tanto en la autopista o ciudad.

Tabla 22*Consumo de combustible en litros B20.*

DATOS DEL CICLO UTILIZADO BIODIESEL B20					
CICLO DE PRUEBA			Puente 5-Plaza Artigas		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			15.673		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			15673		
				PROMEDI	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	O
Consumo en litros	2,25	2,325	2,42	2,28	2,32

En la tabla 27 se presenta el consumo de consumo de combustibles en km/L y km/Gl para las pruebas biodiesel B20

Tabla 23*Consumo de combustible en km/lt-km/gl*

CÁLCULO DE CONSUMO BIODIESEL B20					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMEDIO
Consumo (km/L)	6,966	6,741	6,476	6,874	6,764
Consumo (km/Gl)	26,177	25,333	24,338	25,833	25,420

Resultado de emisiones contaminantes**Emisiones con diésel comercial**

Los siguientes resultados que se muestran en la tabla 28, indica los valores obtenidos durante las pruebas realizadas en ruta con analizador de gases para el diésel comercial, se realizaron cuatro recorridos para contrastar sus resultados

Tabla 24*Resultados emisiones contaminantes diésel comercial*

PARAMETROS	PRUEBAS DINÁMICAS-ON BOARD				PROMEDIO
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	
CO (%v)	0,131	0,193	0,191	0,288	0,20

CO ₂ (%v)	3,76	4,68	4,58	5,57	4,65
HC (ppm)	98	150	253	118	154,75
O ₂ (%v)	15,48	13,98	14,44	12,87	14,19
NO _x (ppm)	279	325	328	326	314,50

Resultado para el biodiésel B10

Los siguientes resultados que se muestran en la tabla 29, presenta los valores obtenidos durante las pruebas realizadas en ruta con analizador de gases para el biodiésel B10.

Tabla 25

Resultados emisiones contaminantes biodiésel B10

PARAMETROS	PRUEBAS DINÁMICAS-ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMEDIO
CO (%v)	0,167	0,213	0,158	0,23	0,19
CO ₂ (%v)	4,51	4,84	3,77	4,62	4,44
HC (ppm)	269	66	63	172	142,50
O ₂ (%v)	13,94	13,71	15	14,09	14,19
NO _x (ppm)	306	385	379	371	360,25

Resultado de emisión del biodiésel B20

Los siguientes resultados que se muestran en la tabla 30, indica los valores obtenidos durante las pruebas realizadas en ruta con analizador de gases para el biodiésel B20, se realizaron cuatro pruebas que mostrará su variabilidad en la carga de emisión del vehículo.

Tabla 26

Resultados emisiones contaminantes biodiésel B20

PARAMETROS	PRUEBAS DINÁMICAS-ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	PROMEDIO

CO (%v)	0,238	0,144	0,231	0,258	0,22
CO ₂ (%v)	5,05	3,69	5,33	5,32	4,85
HC (ppm)	107	78	98	163	111,50
O ₂ (%v)	13,8	14,92	13,12	13,26	13,78
NOx (ppm)	303	357	334	330	331,00

Análisis y discusión de resultados

Las pruebas de emisiones contaminantes, de torque y potencia para la camioneta de motor diésel con cada una de los combustibles y con valores ya presentados se realizaron la comparación de experiencias con diferentes autores.

Análisis de consumo de combustible

En la figura 30, se muestra el consumo de combustible promedio de todas las pruebas realizadas en las que indica que el biodiésel B10 tiene un consumo mayor en relación al diésel en 3% y respecto al biodiésel B20 se reduce un 0.8 % en función de la línea base que es el diésel.

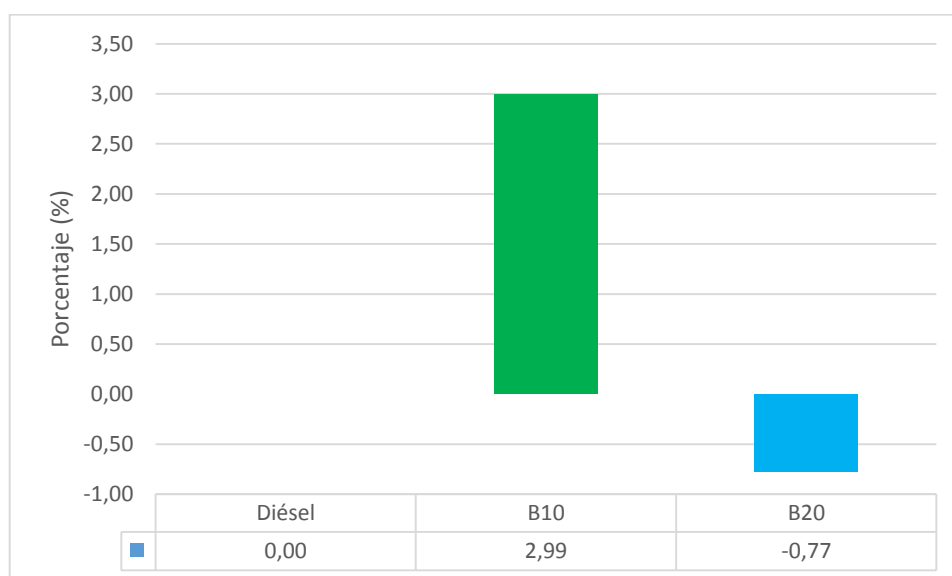


Figura 26. Porcentaje de variación del consumo de combustible en función del uso de diésel

Benavides, Benjumea, y Pashova (2007) dice las pruebas en motor con mezclas biodiésel de higuierilla/diesel convencional, en el rango de proporciones biodiésel ensayadas muestran que se incrementan la proporción de biodiesel en la mezcla aumenta el consumo específico de combustible. También, según Agudelo, Bedoya y Agudelo (2005)

Menciona que obtuvo el incremento en el consumo específico de combustible respecto al diésel corriente en torno a 0.5, y 1 % al usar B5, B10 respectivamente. Esto coincide con nuestra experimentación

Análisis de emisiones contaminante

Análisis de emisiones contaminantes monóxido de carbón

Luego de obtener los resultados de emisiones contaminantes y tratar en base a las ecuaciones, los factores de emisión se presenta la figura 31 donde para el caso del CO se aprecia que la tendencia es incrementar al aplicar el biodiésel B10 en 5.4 % y B20 en 17.2 % respectivamente respecto a la línea base que fue el diésel comercial.

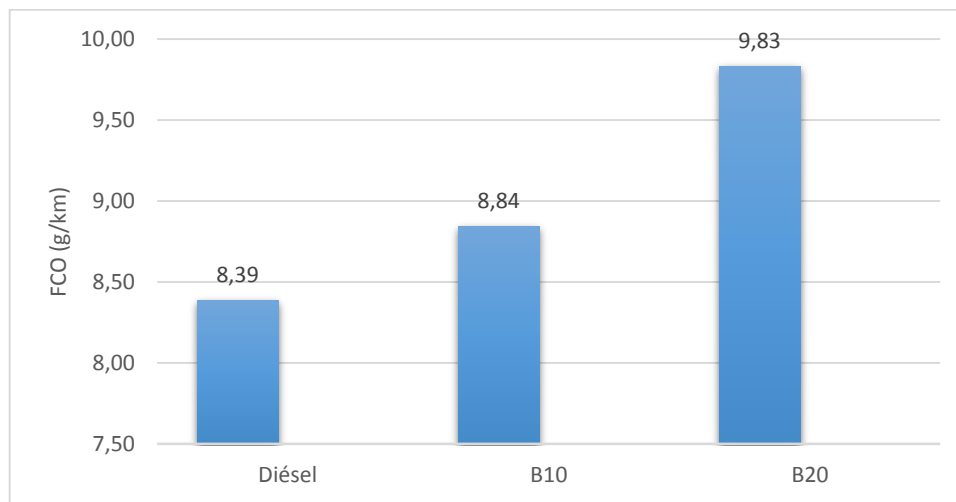


Figura 27. Factor de emisión de monóxido de carbono

Agudelo, Bedoya y Agudelo (2005) dice las emisiones específicas de CO disminuyen entre 3 y 14% al usar B5 respectivamente respecto al diésel corriente, a bajos grados de carga, también, Agudelo, Benjumea, Gómez y Pérez (2003) menciona en términos generales que se ha encontrado que los óxidos de nitrógeno NOx incrementan proporcionalmente con el aumento de la concentración de biodiésel en las mezclas

biodiésel-diésel, no obstante, ha sido reportado exitosos esfuerzos para reducir las emisiones de éstos. Por el contrario, la opacidad de humos, los hidrocarburos no quemados o parcialmente quemados HC y el CO decrecen a medida que se incrementa la concentración del biodiésel en las mezclas. Siendo contrario a lo experimentado en Quito en el presente trabajo respecto al CO.

En Ciudad de México menciona Stolvett (2009) que el CO oscilo entre valores de 3.9 a 9.2 en g/km, hay que considerar que la ciudad está sobre los 2240 msnm, también en la ciudad de Santiago de Chile evidenció valores de 1.3 a 1.7 g/km hay que mirarse que se encuentra a una altura de 520 msnm; mientras que en Quito a 2810 msnm el factor de emisión para el diésel en promedio es 8.4 g/km, mostrando una tendencia similar en función de la carga que experimentan los vehículos a un nivel de altura.

Análisis de emisiones contaminantes hidrocarburos HC

En la figura 32 se muestra el HC, ya que el biocombustible B20 reduce significativamente en relación con el diésel comercial mientras que con el biodiesel B10 se muestra reducido pero en menor medida en relación al diésel comercial que se usa comúnmente.

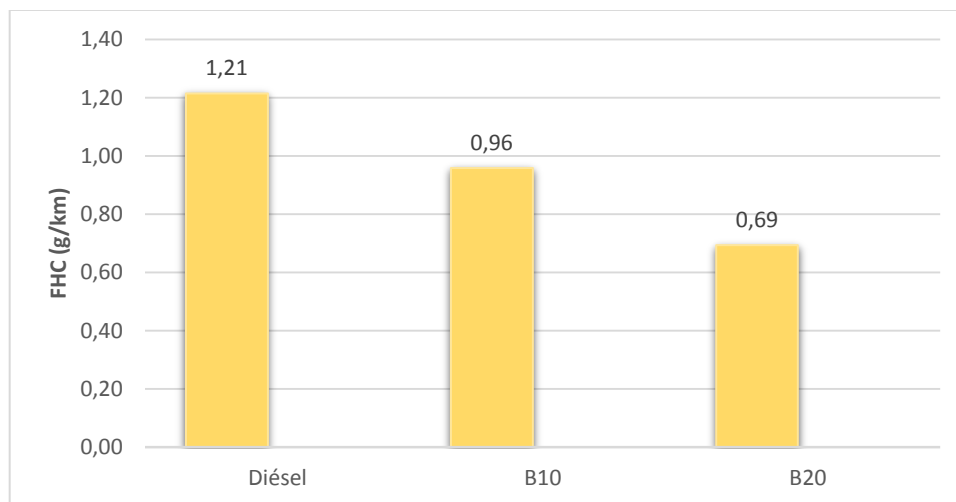
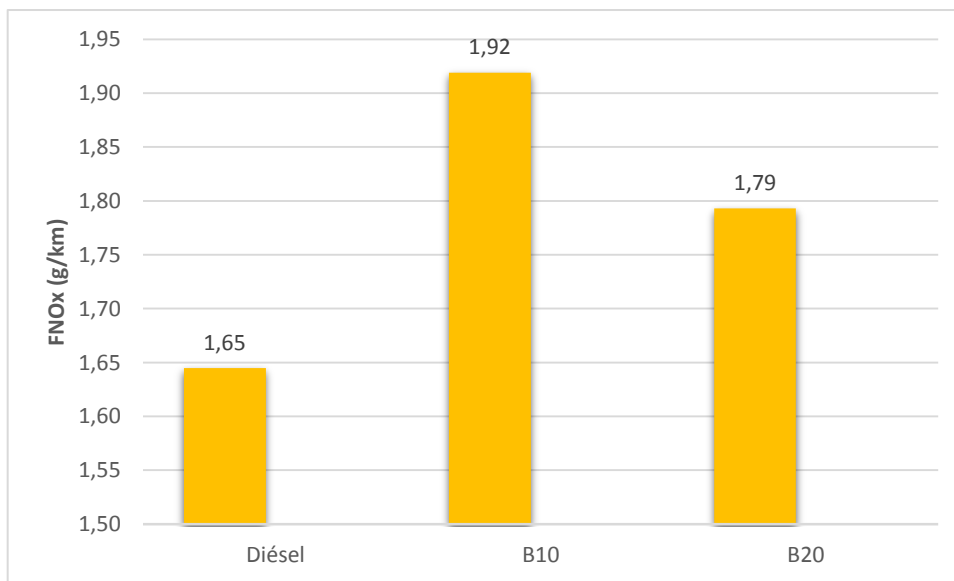


Figura 28. Resultados de las pruebas de hidrocarburos

En Ciudad de México menciona Stolvett (2009) que el HC oscilo entre valores de 0.7 a 1.2 en g/km, hay que considerar que la ciudad está sobre los 2240 msnm, también en la ciudad de Santiago de Chile evidencio valores de 0.3 a 0.6 g/km hay que mirarse que se encuentra a una altura de 520 msnm; mientras que en Quito a 2810 msnm el factor de emisión para el diésel en promedio es 1.2 g/km, mostrando una tendencia similar en función de la carga que experimentan los vehículos a un nivel de altura.

Análisis de emisiones contaminantes Óxido de nitrógeno NOx

En la figura 33 se muestra como los NOx varían en los biocombustibles B10 y B20 en relación con el diésel comercial.

*Figura 29. Resultados de las pruebas de óxidos nitrosos*

Agudelo, Bedoya, y Agudelo (2005) dice las emisiones específicas de NOx incrementaron ligeramente, y alcanzaron un máximo para la mezcla B20 en torno al 3% respecto al diésel corriente. Se presentan los índices de emisión en términos de masa de contaminante por unidad de masa de combustible quemado. Los resultados permiten concluir que el uso del biodiésel de aceite de palma mezclado en concentraciones inferiores al 20% con diésel convencional tiene ventajas ambientales significativas. Esta descripción es contraria a lo presentado en el presente trabajo de investigación.

En Ciudad de México menciona Stolvett (2009) que el NOx oscilo entre valores de 4 a 7.8 en g/km, hay que considerar que la ciudad está sobre los 2240 msnm, también en la ciudad de Santiago de Chile evidencio valores de 2.7 a 3.6 g/km hay que mirarse que se encuentra a una altura de 520 msnm; mientras que en Quito a 2810 msnm el factor de emisión para el diesel en promedio es 1.65 g/km, mostrando una tendencia contraria en función de la carga que experimentan los vehículos a un nivel de altura.

Análisis de la operación del motor

Con los resultados obtenidos después de realizar las respectivas pruebas con el dinamómetro y los diferentes combustibles utilizados se observa la tabla 31, la variabilidad estadística de las pruebas realizadas para el torque y la potencia del motor.

Tabla 27*Valoración de las pruebas de torque y potencia*

VALORES	DIÉSEL COMERCIAL		B10		B20	
	POTENCIA (kW)	TORQUE (Nm)	POTENCIA (kW)	TORQUE (Nm)	POTENCIA (kW)	TORQUE (Nm)
VALOR MÁXIMO 1	77,20	271,98	77,40	272,00	79,10	284,60
VALOR MÁXIMO 2	78,90	275,64	77,50	278,90	78,90	270,40
VALOR MÁXIMO 3	76,50	274,96	77,40	279,60	77,80	282,70
VALOR MÍNIMO	76,50	271,98	77,40	272,00	77,80	270,40
VALOR MÁXIMO	78,90	275,64	77,50	279,60	79,10	284,60
DESVIACIÓN ESTANDAR	1,23	1,95	0,06	4,20	0,70	7,71
FRECUENCIA RELATIVA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MEDIANA	77,20	274,96	77,40	278,90	78,90	282,70
RANGO	2,40	3,66	0,10	7,60	1,30	14,20
PROMEDIO	77,53	274,19	77,43	276,83	78,60	279,23

En la figura 34 se aprecia que el biocombustible B20 obtuvo 1.38% mayor potencia con relación al combustible comercial, mientras el Biocombustible B10 se obtuvo la reducción 0,13% respecto al diésel comercial siendo nada significativo.

Según Castro (2018) estableció que el torque y la potencia se reducen mientras se aplica los B10 Y B20 pero no es significativo las diferencias entre los combustibles, similar es la tendencia respecto al B10 mientras que para el B20 se incrementa en el presente trabajo.

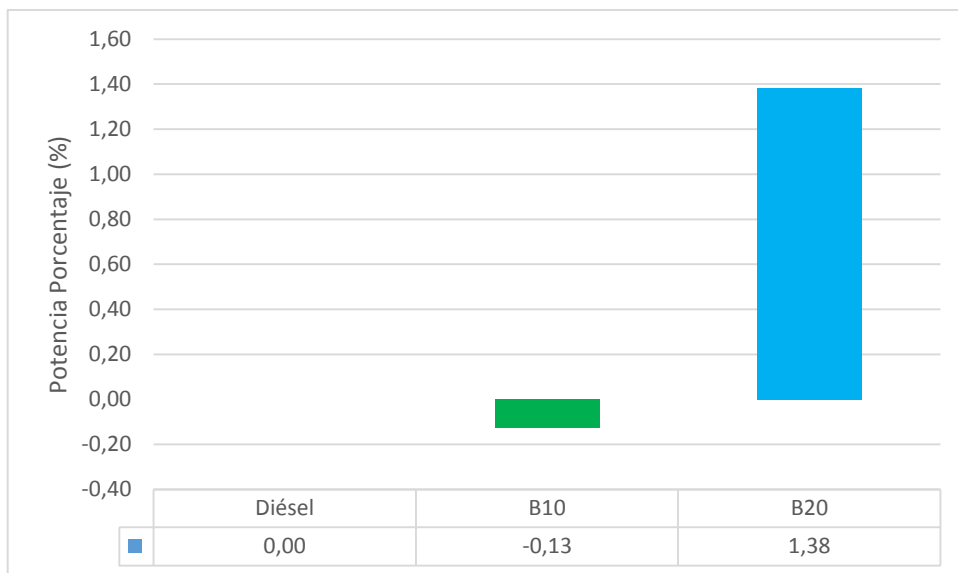


Figura 30. Porcentaje de variación de la potencia

En la figura 35 se aprecia al biocombustible B20 con un valor de 1.84% mayor torque que el combustible comercial, mientras que con el Biocombustible B10 se obtuvo un valor de 0,96% mayor al diesel comercial no presenta valores significativos para este motor diésel.

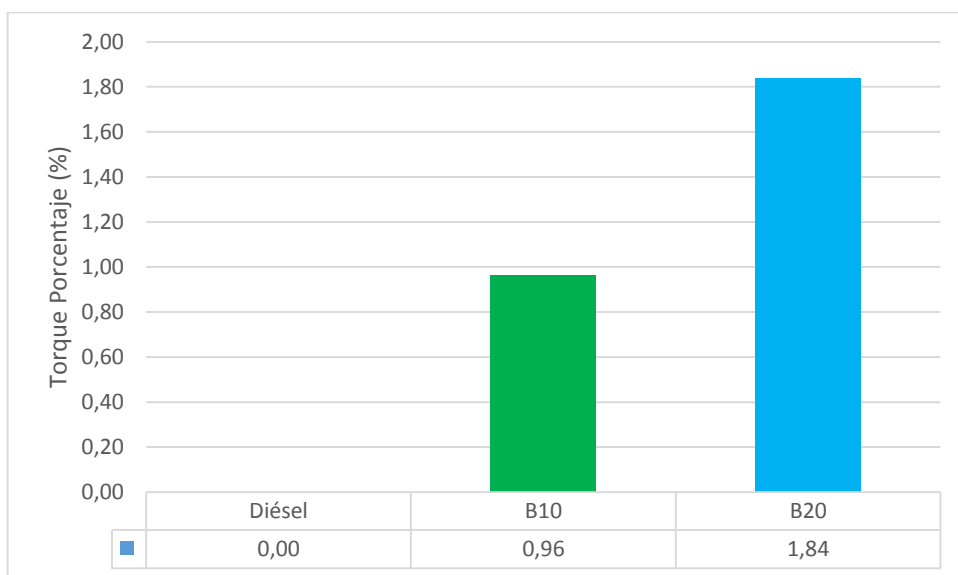


Figura 31. Porcentaje de variación del torque

Según Portilla y Campuzano (2015) las pruebas que se realizaron de torque indican que hay una disminución registrando reducciones de 5.1 % en el torque para B10, este comportamiento está relacionado con el menor poder calorífico que tiene el biodiésel frente al diésel, siendo contrario a los resultados obtenidos en este trabajo. Además, Reyes (2016) dice que el par motor más alto está dado en el combustible ecuatoriano mientras que el biodiésel B5 mostró el valor más alto seguido por el B30 y el B10 obtuvo el valor más bajo entre los combustibles; se obtuvo valores diferenciados contrarios a lo de la presente trabajo.

Conclusiones

El biodiésel B10 será la alternativa para bajar las emisiones contaminantes dentro de la ciudad de Quito y el reemplazo para el diésel comercial utilizado en los vehículos diésel en relación a lo desarrollado.

El consumo de biocombustible B10 es mayor en un 3% en con relación al diésel comercial esto dependerá de varios factores como estado del motor, mantenimiento, estilo de conducción aunque se cuidó mucho una condición similar de conducción.

Las pruebas de potencia demostraron que el biocombustible B20 tuvo mejor rendimiento que el diésel comercial y biocombustible B10 en este motor.

La comparación entre las emisiones con los resultados medidos arroja que los factores de emisión obtenidos presentan variaciones importantes, mostrándose su tendencia de trabajo en la ciudad de Quito.

Recomendaciones

Realizarse otras investigaciones en diferentes marcas vehículos para entenderse el nivel de contaminación y corrobora la investigación que se realizó, además de potencializar el uso de biocombustibles.

Tomarse como ejemplo el uso de biocombustibles en los diferentes países aledaños a nuestro país, así como de las investigaciones que ellos han realizado durante los últimos años.

Las pruebas realizadas de emisiones contaminantes, torque y potencia fueron realizadas con los equipos 100% calibrados y con la ayuda de CCICEV entidad destinada a la investigación de emisiones contaminantes en la ciudad de Quito.

La ruta utilizada para las pruebas de emisiones contaminantes indica como es la geografía de la ciudad tanto en la zona urbana y suburbana.

Bibliografía

Llanes Cedeño, E. A., Rocha Hoyos, J., Salazar Alvear, P., & Medrano Barboza, J. (2017).

Produccion e Impacto del Biodiesel: Una Revision . *INNOVA Research Journal*, 59-76.

Agudelo , J., Bedoya , I., & Agudelo, A. (2005). Emisiones gaseosas y opacidad del humo de un motor operando con bajas concentraciones de biodiesel de palma. *Revista Científica Ingeniería y desarrollo*, 1-22.

Agudelo, J., Benjumea, P., Gomez, E., & Perez Bayer , J. F. (2003). Biodiesel. Una revisión del desempeño mecánico y ambiental. *Ingeniería y desarrollo*, 1-15.

AlQdah, W. M. (2012). Performance of Diesel Engine Fuelled by a Biodiesel Extracted From A Waste Cooking Oil. *El Sevier*, 1317-1334.

Benavides , A., Benjumea, P., & Pashova , V. (2007). El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diesel. *redalyc.org*, 142-150.

Castro, E (2018). Análisis de biodiésel a base de aceite de fuente vegetal. Universidad SEK (Grado thesis, Quito, 2018).

CCICEV. (15 de 11 de 2018). Obtenido de

http://www.ccicev.com/index.php?option=com_content&view=article&id=110&Itemid=22

Ceac, G. E. (2003). *Manual CEAC del Automovil*. Barcelona: CEAC.

- Cedeño, E. A. L. (2017). Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 59-76.
- Cedeño, E. A. L., Carguachi-Caizatoa, J. B., & Rocha-Hoyos, J. C. (2018). Evaluación energética y exergética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6 L. *Enfoque UTE*, 9(4), 221-232.
- CEVISMAR. (26 de 01 de 2016). *Control De emisiones Contaminantes en Europa y Estados Unidos*. Obtenido de <http://www.revistacesvimar.com/control-de-emisiones-contaminantes-en-europa-y-estados-unidos/>
- Dominguez Muñoz, M., & Rovira de Antonio, A. (2005). *Motores De Combustion Interna*. Madrid.
- Fernández, J. (2007). *ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y EXPERIMENTAL DE LAS EMISIONES Y PRESTACIONES DE UN MOTOR TRABAJANDO CON BIODIESEL*.
- García Camús, J. M., & Garcia Laborda, J. A. (09 de 2004). *[PDF]biodiésel y bioetanol - Comunidad de Madrid*. Obtenido de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001698.pdf>
- Gaybor, L. A. (2009). *Contaminación Atmosférica*. El Cid Editor.
- Google, m. (14 de 11 de 2018). Obtenido de <https://www.google.com/maps/@-0.270253,-78.4975408,16z>
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2002). *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones por fuentes móviles terrestres de diesel., Primera. Quito, Ecuador*.
- Innovación, R. (15 de 09 de 2015). *Blog de innovación y tecnología*. Obtenido de <http://blogs.repsol.com/innovacion/gasoleo-un-combustible-con-multiples-usos-2/>
- Jairo TéllezI, A. R. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Scielo*, 108-117.
- Motto, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. Mexico: Pearson Educación.
- Net, D. (07 de 2013). *ECE 15 + EUDC/NEDC*. Obtenido de https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php
- Portilla Aguilar, A. A., & Campuzano Paez, M. G. (s.f.). Evaluacion del comportamiento de

motores otto y diesel con el uso de biocombustibles en la ciudad de quito. *researchgate.net*, 1-5.

Quinchimbla Pisuña, F., & Solis Santamaria, J. (enero de 2017). Desarrollo de ciclos de conduccion en ciudad, carretero y combinado para evaluar el rendimiento real de combustible de un vehiculo con motor de ciclo de otto en el distrito metropolitano de Quito. Quito, Pichincha, Ecuador.

Roberto, Q. C. (2018). Analisis de biodiesel a base de aceite de fuente vegetal. Quito, Pichincha, Ecuador.

Rocha Hoyos, J. C., & Zambrano León, V. D. (2015). Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos (Master's thesis, Quito, 2015.).

Rocha-Hoyos, J. C., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes-Cedeño, E. (2018). Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas.//Analysis of Gases of the Engine of a Vehicle through Static and Dynamic Tests. *Ciencia Unemi*, 11(28), 97-108.

Rosas Huera, A. J., Baraona L, & Barona López, G. A. (Diciembre de 2011). Elaboración de un Manual de Mantenimiento para el Dinamómetro de chasis LPS3000, Instalado en el Centro de Transferncia Tecnologica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares(CCIEV. 20-27. Quito, Pichincha, Ecuador.

Salgado, J. M. (2010). *Guia Completa De La Biomasa y los Biocombustibles* (Vol. Primera). Madrid: A. Madrid Vicente Ediciones.

Statement, A. M. (2010). *The Biodiesel Handbook* (Vol. 2). United States of America: Gerhard Knothe,Jurgen Krah,Jon Van Gerper.

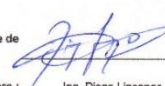
Stratta, J. (01 de 08 de 2000). Obtenido de http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/biocombustibles_stratta.pdf

Valtierra, D. J. (2010). La Dieta del Dióxido de Carbono (CO2). *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 51-53.

Villacis Oña, J. C., & Burgos Villafuerte, D. A. (2016 de noviembre de 2016). Caracterización de la mezcla combustible diesel a partir del aceite de frituras en concentraciones 5%-10%-15%-20%-30% para determinar los parámetros térmicos y mecánicos del motor. Latacunga, Latacunga, Ecuador.

Anexos

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares																																																						
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION																																																								
CODIGO: CCICEV-LI-EFE	Revisión 0	Nº	18-179-C1																																																					
	Página 1 / 1	FECHA:	17 de marzo de 2018																																																					
TÉCNICOS RESPONSABLES		Diego Lincango																																																						
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN																																																						
Evaluación Inicial ☒	Evaluación Regular ☐	Prechequeo RTV* ☐																																																						
Reevaluación ☐	Evaluación RTV** 4 ^{ta} rev ☐	Evaluación Tesis ☒																																																						
No. Visita	Otros ☐																																																							
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV																																																								
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO																																																								
Marca	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	8LFUNYQWDXMR04389																																																					
Modelo:	BT-50TSX OUTDOORS CRDI 2,5 CD	Kilometraje:	58012																																																					
MOTOR (Datos del fabricante)**																																																								
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	WLAT1365051																																																					
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	BT-50																																																					
Máxima Potencia (kw/rpm)	105/3500	Máximo Torque (Nm/rpm)	330/1800																																																					
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO																																																					
Cilindrada [cm3]	2499	Transmisión (manual/automática)	MANUAL																																																					
Combustible / Fuente de energía	DIESEL COMERCIAL	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA																																																					
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2013																																																					
Tonelaje	1	País de origen	ECUADOR																																																					
**Opcional en RTV																																																								
<table border="1"> <tr> <td>Hora de inicio</td> <td>8:00</td> <td>Hora final</td> <td>16:00</td> </tr> <tr> <td>Prueba en ruta o laboratorio</td> <td colspan="3">RUTA - Autopista General Rumiñahui puente 5 hasta plaza artigas</td> </tr> <tr> <td colspan="4">RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Parámetros</td> <td colspan="5">PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD</td> </tr> <tr> <td>Medición 1</td> <td>Medición 2</td> <td>Medición 3</td> <td>Medición 4</td> <td>Medición 5</td> </tr> <tr> <td>CO [%v]</td> <td>0,131</td> <td>0,193</td> <td>0,191</td> <td>0,286</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>CO2 [%v]</td> <td>3,76</td> <td>4,68</td> <td>4,58</td> <td>5,57</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>HC [ppm]</td> <td>98</td> <td>150</td> <td>253</td> <td>118</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>O2 [%v]</td> <td>15,48</td> <td>13,98</td> <td>14,44</td> <td>12,87</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>NOx [ppm]</td> <td>279</td> <td>325</td> <td>328</td> <td>326</td> <td>-</td> </tr> </table>				Hora de inicio	8:00	Hora final	16:00	Prueba en ruta o laboratorio	RUTA - Autopista General Rumiñahui puente 5 hasta plaza artigas			RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES				Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD					Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	CO [%v]	0,131	0,193	0,191	0,286	-	CO2 [%v]	3,76	4,68	4,58	5,57	-	HC [ppm]	98	150	253	118	-	O2 [%v]	15,48	13,98	14,44	12,87	-	NOx [ppm]	279	325	328	326	-
Hora de inicio	8:00	Hora final	16:00																																																					
Prueba en ruta o laboratorio	RUTA - Autopista General Rumiñahui puente 5 hasta plaza artigas																																																							
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES																																																								
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD																																																							
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5																																																			
CO [%v]	0,131	0,193	0,191	0,286	-																																																			
CO2 [%v]	3,76	4,68	4,58	5,57	-																																																			
HC [ppm]	98	150	253	118	-																																																			
O2 [%v]	15,48	13,98	14,44	12,87	-																																																			
NOx [ppm]	279	325	328	326	-																																																			
OBSERVACIONES: _____																																																								

Técnico No 1		Técnico No 2																																																						
Firma Responsables:		Firma Responsable de Unidad:																																																						
Nombres:	Diego Lincango	Nombre :	Ing. Diego Lincango																																																					

Resultados de emisión diesel comercial CCICEV

CCICEV

Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA

CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	N°	18-179-C1
	Página 1 / 1	FECHA:	17 de marzo de 2018
TÉCNICOS RESPONSABLES		Mauricio Santamaría	
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial ☒	Evaluación Regular ☐	Prechequeo RTV* ☐	
Reevaluación ☐	Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev ☐	Evaluación Tesis ☒	
No. Visita	Otros ☐		

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	8LFUNYOWXDMR04389
Modelo:	BT-50TSX OUTDOORS CRDI 2,5 CD	Kilometraje:	58012

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	WLAT1385051
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	BT-50
Máxima Potencia (kw/rpm)	105/3500	Máximo Torque (Nm/rpm)	330/1900
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	P255/70R16
Tipo de aspiración	TURBOCARGADO		
Cilindrada [cm3]	2499	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	DIESEL COMERCIAL	Categoría-Subcategoría-Cíase	CAMIONETA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2013
Tonelaje	1	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	12:00	Hora final	15:00	Código equipo		
RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA						
Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
PRUEBA 1	77,2	103,5	3500	271,98	200,6	2485
PRUEBA 2	78,9	103,1	3495	275,64	203,3	2370
PRUEBA 3	76,5	102,8	3500	274,96	202,8	2380
Norma de Corrección	SAE J 1349					

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico N° 1	Técnico N° 2
Firma Responsables:	Firma Responsable de Unidad:
Nombres: Mauricio Santamaría	Nombre: Ing. Diego Lincango

Formulario de registro primario para ensayo de torque y potencia

Resultados de torque y potencia diesel comercial CCICEV



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnológica
 para la Capacitación e Investigación
 en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		Puente 5 - Plaza Artigas			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	2,21	2,11	2,23	2,74	-

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lit)	7,092	7,428	7,028	5,720	#VALOR!
Consumo (Km/Gl)	26,651	27,914	26,412	21,496	#VALOR!

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,131	0,193	0,191	0,286	-
CO2 [%v]	3,760	4,680	4,580	5,570	-
HC [%v]	0,010	0,015	0,025	0,012	#VALOR!
O2 [%v]	15,480	13,980	14,440	12,870	-
NOx [%v]	0,028	0,033	0,033	0,033	#VALOR!

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,035	0,041	0,042	0,051	#VALOR!
RHC	0,003	0,003	0,006	0,002	#VALOR!
RNOX	0,007	0,007	0,007	0,006	#VALOR!

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)				845
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	7,599	8,521	9,043	13,688	#VALOR!
FHC (g/Km)	0,853	0,993	1,797	0,847	#VALOR!
FNOX (g/Km)	1,734	1,537	1,654	1,672	#VALOR!

PROMEDIO FACTORES DE EMISIÓN

FCO (g/Km)	8,388
FHC (g/Km)	1,214
FNOX (g/Km)	1,645

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma 

Nombres: Diego Lincango

Técnico No 2

0

Firma Responsable de



Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión.

. Resultados de factores de emisión diesel comercial CCICEV

CCICEV Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

CODIGO: CCICEV-LI-EFE Revisión: 0 N°: 18-179-C2
 Página: 1 / 1 FECHA: 18 de marzo de 2018
 TÉCNICOS RESPONSABLES: Diego Lincango

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN **TIPO DE EVALUACIÓN**

Evaluación Inicial ☒ Evaluación Regular ☐ Prechequeo RTV* ☐
 Reevaluación ☐ Evaluación RTV*4_{rev} ☐ Evaluación Tests ☒
 No. Visita Otros ☐

*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO

Marca: MAZDA VIN Chasis / Placa: 8LFUNYOWXDMR04389
 Modelo: BT-50TSX OUTDOORS CRDI 2,5 CD Kilometraje: 58012

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor: DELANTERO LONGITUDINAL No. Motor: WLAT1385051
 No. de cilindros y disposición: 4 EN LINEA Versión: BT-50
 Máxima Potencia (kw/rpm): 105/3500 Máximo Torque (Nm/rpm): 330/1800
 Sistema de enfriamiento: REFRIGERANTE Tipo de aspiración: TURBOCARGADO
 Cilindrada [cm3]: 2499 Transmisión (manual/automática): MANUAL
 Combustible / Fuente de energía: DIESEL B10 Categoría-Subcategoría-Clase: CAMIONETA
 Tipo: N_1 Año modelo vehículo: 2013
 Tonelaje: 1 País de origen: ECUADOR

**Opcional en RTV

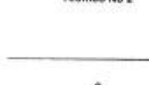
Hora de inicio: 8:00 Hora final: 18:00
 Prueba en ruta o laboratorio: RUTA - Autopista General Rumiñahui puente 5 hasta plaza artigas

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,167	0,213	0,158	0,23	
CO2 [%v]	4,51	4,84	3,77	4,82	
HC [ppm]	260	66	63	172	
O2 [%v]	13,94	13,71	15	14,09	
NOx [ppm]	306	305	379	371	

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1:  Técnico No 2: 
 Firma Responsables:  Firma Responsable de Unidad: 
 Nombres: Diego Lincango 0 Nombre: Ing. Diego Lincango

Formulario de registro de pruebas de emisiones de vehículos CCICEV

Resultados de emisión biodiesel B10 CCICEV

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares				
REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA						
CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	Nº	18-179-C2			
	Página 1 / 1	FECHA:	18 de marzo de 2018			
TÉCNICOS RESPONSABLES	Mauricio Santamaría					
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN				
Evaluación Inicial ☒	Evaluación Regular ☐	Prechequeo RTV* ☐				
Reevaluación ☐	Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev ☐	Evaluación Tesis ☒				
No. Visita	Otros ☐					
* RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV						
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO						
Marca	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	8LFUNYOWXDMR04388			
Modelo:	BT-50TSX OUTDOORS CRDI 2.5 CD	Kilometraje:	58012			
MOTOR (Datos del fabricante)**						
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	WLAT1365051			
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	BT-50			
Máxima Potencia (kw/rpm)	105/3500	Máximo Torque (Nm/rpm)	330/1800			
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	P255/70R16			
Tipo de aspiración	TURBOCARGADO	Transmisión (manual/automática)	MANUAL			
Cilindrada [cm³]	2499	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA			
Combustible / Fuente de energía	DIESEL B10	Año modelo vehículo	2013			
Tipo	N_1	País de origen	ECUADOR			
Tonelaje	1					
**Opcional en RTV						
Hora de inicio	8:00	Hora final	10:00			
Código equipo						
RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA						
Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
PRUEBA 1	77,4	103,8	3500	272	200,6	2440
PRUEBA 2	77,5	103,9	3500	278,9	205,7	2380
PRUEBA 3	77,4	103,8	3495	279,6	206,2	2380
Norma de Corrección	SAE J1349					
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante						
Técnico No 1		Técnico No 2				
Firma Responsables:			Firma Responsable de Unidad:			
Nombres:	Mauricio Santamaría		Nombre: Ing. Diego Lincango			
Formato de registro primario para ensayo de torque y potencia						

Resultados de torque y potencia biodiesel B10 CCICEV



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		Punto 5 - Plaza Artigas			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	2,15	2,15	2,29	2,3	

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lt)	7,290	7,256	6,844	6,814	#DIV/0!
Consumo (Km/Gl)	27,395	27,268	25,720	25,608	#DIV/0!

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,167	0,213	0,158	0,230	0,000
CO2 [%v]	4,510	4,840	3,770	4,620	0,000
HC [%w]	0,027	0,007	0,008	0,017	0,000
O2 [%w]	13,940	13,710	15,000	14,090	0,000
NOx [%v]	0,031	0,039	0,038	0,037	0,000

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,037	0,044	0,042	0,050	#DIV/0!
RHC	0,006	0,001	0,002	0,004	#DIV/0!
RNOX	0,007	0,008	0,010	0,008	#DIV/0!

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			845	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	7,766	8,333	8,433	11,106	#DIV/0!
FHC (g/Km)	1,876	0,434	0,564	1,246	#DIV/0!
FNOX (g/Km)	1,525	1,807	2,424	1,919	#DIV/0!

PROMEDIO FACTORES DE EMISIÓN

FCO (g/Km)	8,844
FHC (g/Km)	0,958
FNOX (g/Km)	1,919

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma 

Nombres: Diego Lincango

Técnico No 2

Firma Responsable de 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

Resultados de factores de emisión biodiesel B10 CCICEV

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares			
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN					
CODIGO: CCICEV-LIEFE	Revisión 0	Nº 18-179-C3			
	Página 1 / 1	FECHA: 20 de marzo de 2018			
TÉCNICOS RESPONSABLES	Diego Lincango				
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN				
Evaluación Inicial ☒	Evaluación Regular ☐	Prechequeo RTV* ☐			
Reevaluación ☐	Evaluación RTV*4, rev ☐	Evaluación Tesis ☒			
No. Visita	Otros ☐				
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV					
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO					
Marca	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	8LFUNYOWXDMR04389		
Modelo:	BT-50TSX OUTDOORS CRDI 2.5 CD	Kilometraje:	58012		
MOTOR (Datos del fabricante)**					
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	WLAT1365051		
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión:	BT-50		
Máxima Potencia (kw/rpm)	105/3500	Máximo Torque (Nm/rpm)	330/1800		
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	TURBOCARGADO		
Cilindrada [cm3]	2499	Transmisión (manual/automática)	MANUAL		
Combustible / Fuente de energía	DIESEL B20	Categoría-Subcategoría-Clasificación	CAMIONETA		
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2013		
Tonelaje	1	País de origen	ECUADOR		
**Opcional en RTV					
Hora de inicio	Hora final		8:00		
Prueba en ruta o laboratorio	RUTA - Autopista General Rumiñahui puente 5 hasta plaza artgas				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,236	0,144	0,231	0,258	
CO2 [%v]	5,05	3,69	5,33	5,32	
HC [ppm]	107	78	98	163	
O2 [%v]	13,8	14,92	13,12	13,26	
NOx [ppm]	303	357	334	330	
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante					
Técnico No 1 Firma Responsables:  Nombres: Diego Lincango Técnico No 2 Firma Responsable de Unidad:  Nombre: Ing. Diego Lincango					
Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión					

Resultados de emisión biodiesel B20 CCICEV

		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares				
REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA						
CODIGO: CCICEV-LI-ETP	Revisión 0	Nº	18-179-C3			
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de marzo de 2018			
TÉCNICOS RESPONSABLES		Mauricio Santamaría				
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN		TIPO DE EVALUACIÓN				
Evaluación Inicial ☒ Reevaluación ☐ No. Visita		Evaluación Regular ☐ Evaluación RTV* 4 ^{ta} rev ☐ Otros ☐				
		Prechequeo RTV* ☐ Evaluación Tesis ☒				
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV						
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO						
Marca	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	BLFJUNYQWXM04389			
Modelo:	BT-50TSX OUTDOORS CRDi 2,5 CD	Kilometraje:	58012			
MOTOR (Datos del fabricante)**						
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	WLAT1385051			
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	BT-50			
Máxima Potencia (kw/rpm)	105/3500	Máximo Torque (Nm/rpm)	330/1800			
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Neumáticos	P255/70R18			
Tipo de aspiración	TURBOCARGADO	Transmisión (manual/automática)	MANUAL			
Cilindrada (cm3)	2499	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA			
Combustible / Fuente de energía	DIESEL B20	Año modelo vehículo	2013			
Tipo	N_1	País de origen	ECUADOR			
Tonelaje	1					
**Opcional en RTV						
Hora de inicio	10:00	Hora final	12:00			
		Código equipo				
RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA						
Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
PRUEBA 1	79,1	106,1	3495	284,6	209,9	2400
PRUEBA 2	78,9	105,9	3495	270,4	199,4	2410
PRUEBA 3	77,8	104,3	3500	282,7	208,5	2345
Norma de Corrección	SAE J1349					
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante						
Técnico No 1 Firma Responsables:  Nombres: Mauricio Santamaría Técnico No 2 Firma Responsable de Unidad:  Nombre: Ing. Diego Lincango						
Formulario de registro primario para ensayo de torque y potencia						

Resultados de torque y potencia biodiesel B20 CCICEV



CCICEV

Centro de Transferencia Tecnológica
para la Capacitación e Investigación
en Control de Emisiones Vehiculares

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA		Punto 5 - Plaza Artigas			
DISTANCIA RECORRIDA (Km)		15,673			
DISTANCIA RECORRIDA (m)		15673			
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	2,25	2,325	2,42	2,28	

CÁLCULO DEL CONSUMO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo (Km/lit)	6,966	6,741	6,476	6,874	#,DIV/0!
Consumo (Km/Gl)	26,177	25,333	24,336	25,633	#,DIV/0!

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,236	0,144	0,231	0,258	0,000
CO2 [%v]	5,050	3,690	5,330	5,320	0,000
HC [%v]	0,011	0,008	0,010	0,016	0,000
O2 [%v]	13,800	14,920	13,120	13,260	0,000
NOx [%v]	0,030	0,036	0,033	0,033	0,000

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,047	0,039	0,043	0,046	#,DIV/0!
RHC	0,002	0,002	0,002	0,003	#,DIV/0!
RNOX	0,006	0,010	0,006	0,006	#,DIV/0!

FACTORES DE EMISIÓN

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			845	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	10,275	8,931	10,290	10,758	#,DIV/0!
FHC (g/Km)	0,699	0,726	0,655	1,019	#,DIV/0!
FNOX (g/Km)	1,413	2,372	1,594	1,474	#,DIV/0!

PROMEDIO FACTORES DE EMISIÓN

FCO (g/Km)	9,832
FHC (g/Km)	0,693
FNOX (g/Km)	1,793

OBSERVACIONES: _____

Técnico No 1

Firma 

Nombres: Diego Lincango

Técnico No 2

Firma Responsable de 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión

Resultados de factores de emisión biodiesel B20 CCICEV