

**CARACTERIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR 4T DE 125CC CON
MEZCLAS DE BIOETANOL Y GASOLINA AL E10%, E40% Y E80% A NIVEL
BOGOTÁ.**

Yuly Cristina Enciso Sánchez.
Cód. 65091103

Andrés Felipe Pérez Caicedo
Cod.65072011

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2015

**CARACTERIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR 4T DE 125CC CON
MEZCLAS DE BIOETANOL Y GASOLINA AL E10%, E40% Y E80% A NIVEL BOGOTÁ.**

Yuly Cristina Enciso Sánchez.
Cód. 65091103

Andrés Felipe Pérez Caicedo
Cod.65072011

Documento presentado como trabajo de grado para optar al
Título de Ingeniero Mecánico

Director
Luis Eduardo García
Magister en Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2015

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CARACTERIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR 4T DE 125CC CON MEZCLAS DE BIOETANOL Y GASOLINA AL E10%, E40% Y E80% A NIVEL BOGOTÁ.....	1
Índice de ilustraciones	5
Índice de tablas.....	7
Agradecimientos	8
1. INTRODUCCION	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.	11
2.2. ESTADO DEL ARTE.....	11
2.2.1 Estudios de biocombustible en motores ciclo Otto.	11
2.3. JUSTIFICACIÓN.	14
2.4. OBJETIVOS.	15
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.	15
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2.5. METODOLOGÍA	16
2.5.1. Marco metodológico.	16
2.5.2 Diagrama de flujo.	17
2.6. MARCO CONCEPTUAL.....	17
2.7. MARCO LEGAL Y NORMATIVO	18
3. MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.	20
3.1. CICLO OTTO.	20
3.1.1. Ciclo Otto de 2 tiempos “2T”.	20
3.1.2. Ciclo Otto de 4 tiempos “4T”.	21
4. BIOCOMBUSTIBLES:	24
4.1. Bioetanol Absoluto.	24
4.1.1. Desventajas de las mezclas de etanol y gasolina.	26

4.1.2.	Características del etanol y comparación con la gasolina.....	27
4.1.3.	Biocombustibles en Colombia y América del Sur y del Norte	28
5.	DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN EXPERIMENTAL	34
5.1.	Diseño de experimentos	34
5.2.	Objetivo del experimento	34
5.3.	Variables, factores y niveles	34
5.4.	Selección del diseño de Experimento	35
5.4.1.	Definición de las variables independientes y dependientes	35
5.4.2.	Niveles y tratamientos	35
5.4.3.	Combinación de variables	36
5.4.4.	Numero de repeticiones	36
5.4.5.	Nivel de confiabilidad del diseño de experimentos	38
5.5.	Descripción de equipos principales y auxiliares	38
5.6.	Preparación de mezclas, procedimientos y mezclas obtenidas	40
5.3.1.	Mezclas de gasolina y etanol al 40%, E40%	42
5.3.2.	Mezclas de gasolina y etanol al 80%, E80%:	43
5.7.	Descripción del desarrollo del experimento	46
5.7.1.	Datos calculados y obtenidos del dinamómetro.	51
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
7.	CONCLUSIONES.	62
8.	REFERENCIAS.	63
	ANEXOS.....	65

Índice de ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1 Emisión de (a) CO y (b) HC en función del régimen de giro del motor (rpm)	13
Ilustración 2 Curvas de (a) potencia y (b) par contra régimen de giro del motor (rpm)	13
Ilustración 3 Contenido de O ₂ en las mezclas gasolina - etanol en función del régimen de giro del motor (rpm)	14
Ilustración 4 Pasos para el desarrollo del proyecto	17
Ilustración 5 Ciclo Otto 2T	21
Ilustración 6 Etapas de funcionamiento de un motor 4T	21
Ilustración 7 Ciclo Otto real	22
Ilustración 8 Producción del Bioetanol	24
Ilustración 9 Vehículo Flex-fuel Volkswagen Gol	25
Ilustración 10 Eficiencia energética en la producción de biocombustible	29
Ilustración 11 Principales países productores de bioetanol, estimación para 2010	30
Ilustración 12 Porcentaje de etanol obligatorio para las mezclas gasolina - etanol en algunos países de América Latina	32
Ilustración 13 Motocicleta 125 cc marca AKT	38
Ilustración 14 Dinamómetro utilizado en el proyecto	39
Ilustración 15 elementos utilizados para el desarrollo de las mezclas gasolina - etanol	40
Ilustración 16 Elementos para medición y envasado de las mezclas	41
Ilustración 17 Elementos principales para realizar las mezclas	41
Ilustración 18 Etanol implementado	42
Ilustración 19 Vertimiento del etanol en el balón aforado de 500ml.	43
Ilustración 20 Proceso de medición de la gasolina y etanol	44
Ilustración 21 Vertimiento del etanol y gasolina en los balones aforados para obtener las mezclas	45
Ilustración 22 Mezclas volumétricas, E40% y E80%	45
Ilustración 23 Envases herméticos para el transporte de las mezclas etanol-gasolina	46
Ilustración 24 Pantalla de interacción entre el Dynojet y los autores del proyecto	47
Ilustración 25 Montaje de la moto y ajuste	48
Ilustración 26 Pinza electro magnética	48
Ilustración 27 Motocicleta con tanque externo	49

Ilustración 28 Adaptación del tanque externo al carburador	49
Ilustración 29 Limpieza del carburador	50
Ilustración 30 Sistema de refrigeración	50

Índice de tablas.

	Pág.
Tabla 1 Exigencias de modificaciones en vehículos para diferentes concentraciones de bioetanol y gasolina	26
Tabla 2 Propiedades de la gasolina y el Bioetanol	27
Tabla 3 Porcentaje de producción de bioetanol y biodiesel en Suramérica	31
Tabla 4 Efecto y Causas del uso del bioetanol	33
Tabla 5 Combinación de las variables dependientes	36
Tabla 6 Potencia de las motocicletas tomada en el dinamómetro	37
Tabla 7 Datos obtenidos de las pruebas realizadas potencia vs rpm	52
Tabla 8 Datos obtenidos de las pruebas realizadas torque vs rpm	56

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme otorgado unos padres que por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años he logrado llegar hasta aquí y convertirme en Ingeniero Mecánico, una hermana, una novia y una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico la presente tesis, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Andrés Felipe Pérez Caicedo

Primera y foremost a Dios, que me dio las fuerzas para salir adelante, a mi señor padre él siempre me apoyo e hizo posible el formarme como profesional, el apoyo moral de mi familia, por ultimo a los docentes de mi facultad quienes siempre estuvieron orientándonos y dispuestos a colaborar.

Yuly Cristina Enciso Sánchez

1. INTRODUCCION

Para este trabajo de grado, se investigó acerca del uso del bioetanol como aditivo al combustible convencional, con el fin de mirar como es el comportamiento de esta mezcla de etanol combustible en diferentes porcentajes, como lo son E10%¹, que es lo que actualmente está permitido en Colombia donde se desarrolló el trabajo de investigación y mezclas como E40%² y E80%³, a su vez se observó cómo afecta este tipo de combustible en el rendimiento de un motor de motocicleta de 4T y 125 CC marca AKT, mirando que potencia y torque desarrollaría suministrándole las diferentes mezclas de combustible y bioetanol.

Con este trabajo de grado, se quiere mostrar una posible solución a la dependencia de los combustibles fósiles no renovables, que son con los que hoy en día se mueven la mayor parte de los vehículos automotores. Agregando cada vez menos combustible fósil y trabajando más con aditivos como lo es el bioetanol, el cual muestra ser un buen sustituto para la gasolina que utilizamos hoy en día para nuestros vehículos. Acerca de la metodología, el proyecto comienza con la investigación acerca del etanol en países extranjeros, como sustituto o aditivo para la gasolina, cogiendo los resultados que dan estos países y tomándolos como un estándar para los edemas, sin tener en cuenta las condiciones propias de cada país, este trabajo de grado se basa en autores como GARZÓN GERRERO, Israel Sebastián, SERRANO JUAN, antonio, et.al, CHALÁ PÉREZ, franklin santiago y ÑACATO SALAZAR, jaimé andrés. Entre otros, con el fin de ampliar esta investigación, a incluyendo las motocicletas.

El siguiente trabajo de grado consta de 5 capítulos. En el capítulo uno se realizara una breve introducción acerca de la investigación a realizar por los autores del proyecto, con el fin de despertar el interés por el lector e invitarlos a leer este documento.

En el capítulo dos, se realizara el planteamiento de la problemática, como una investigación acerca de los estudios realizados con bioetanol y etanol, investigaciones como “estudio comparativo del uso de biocombustibles y gasolina en un motor de ciclo Otto” desarrollada por los investigadores CHALÁ PÉREZ, franklin santiago y ÑACATO SALAZAR, jaimé andrés, en este capítulo también se explica porque la importancia de esta investigación y porque la necesidad de llevarla a cabo, como el planteamiento de los objetivos general y específicos, y se estructura la metodología que los investigadores llevaran a cabo para el desarrollo de este trabajo de grado.

En el capítulo tres, se llevara a cabo un estudio de como es el funcionamiento de los motores de ciclo Otto, tanto de 2T como de 4T, quien los descubrió, en que

¹ E10 = 10% de etanol 90% de gasolina convencional

² E40 = 40% de etanol 60% de gasolina convencional

³ E80 = 80% de etanol 20% de gasolina convencional

año fueron descubrieron estos ciclos, y las etapas que estos tienen para que un vehículo funcione normalmente en base al autor Yunus A. Cengel y Michael A. Boles.

En el capítulo cuatro, se llevara a cabo una investigación sobre los biocombustibles, principalmente lo que es el etanol y Bioetanol, mostrando sus principales usos, de donde provienen estos alcoholes, cuales países son los principales productores, y porque la importancia hoy en día de estos.

En el capítulo cinco, se mostrara el diseño de experimentos seleccionado por los autores del proyecto como el desarrollo de este mismo, mostrando el desarrollo de la metodología, las curvas de rendimiento de la motocicleta como lo es la curva de potencia y la curva de par motor o torque generada por esta misma, como los datos arrojados por el dinamómetro anteriormente mencionado.

En el capítulo seis, se llevara a cabo el análisis de los resultados, obtenidos en el proceso de medición en el capítulo anterior, y se darán puntos de vista sobre este proyecto determinando su importancia y si es viable o no las mezclas de etanol y gasolina seleccionadas por los autores del proyecto.

En el capítulo siete, se darán los comentarios finales, acerca del trabajo de grado y los puntos de vista de los autores del proyecto.

El combustible en Colombia contiene un 10% de bioetanol en la gasolina convencional. En este artículo se estudia el uso del bioetanol en concentraciones mayores como aditivo al combustible, se emplea una motocicleta con un motor de 4T y 125 cc, en una plataforma de prueba que simula un ambiente controlado de trabajo.

Se evidencian que los resultados obtenidos en las variables de torque y potencia, para mezclas de E40 y E80% que son diferentes del estándar, no presentan cambios significativos con respecto al combustible empleado cotidianamente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación se da una breve descripción de las causas principales de la importancia de realizar este proyecto.

2.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

En países como Estados Unidos, México y Brasil se han llevado a cabo investigaciones sobre los efectos que tiene el uso de etanol como oxigenante en la gasolina, Los resultados obtenidos en dichas investigaciones se han tomado como un estándar para todos los países que utilizan estas mezclas en el combustible, sin tener en cuenta las condiciones propias del país.

En Colombia la investigación sobre biocombustibles, se enfoca a vehículos de liviana y mediana carga. El trabajo que se propone en este proyecto tiene como fin ampliar el estudio de vehículos de carga liviana a motocicletas, a condiciones propias del país especialmente en Bogotá.

En Colombia existen datos sobre el comportamiento de los vehículos con etanol, principalmente en proporciones del 8% al 10% de acuerdo con la legislación colombiana actual⁴. Sin embargo hay poca información sobre mezclas de mayor contenido de etanol en combustible. Realizar una investigación con mezclas superiores en los combustibles comerciales colombianos a nivel Bogotá, dará un panorama más amplio del impacto que éstos tendrán a nivel nacional, principalmente en la capital Bogotá, que es donde se encuentra la mayor concentración de vehículos.

2.2. ESTADO DEL ARTE.

A continuación se presentan algunas investigaciones que hablan sobre el uso del bioetanol en la industria automotriz.

2.2.1 Estudios de biocombustible en motores ciclo Otto.

La demanda creciente del uso de los hidrocarburos, hace que el costo de estos suba cada año, por la problemática de que este es un recurso no renovable, por este motivo se hace necesario el uso de aditivos como el etanol, para minimizar el uso de la gasolina convencional como principal fuente energética a nivel automotriz el proyecto, debido a esa problemática en 2008 se realizó el estudio en la Escuela Politécnica Internacional de Quito Ecuador (CHALÁ PÉREZ, franklin santiago y ÑACATO SALAZAR, jaimé andrés.) Titulado "*estudio comparativo del uso de biocombustibles y gasolina en un motor de ciclo Otto*" en este proyecto tiene como fin, dar un estudio comparativo del uso de gasolina corriente y el

⁴ Ministerio de minas y energía Artículo 1 Decreto 4892 de 2011. (s.f.).

biocombustible E10 en los motores Otto para el distrito metropolitano de Quito, los datos presentados en esta investigación han sido parte de las pruebas de ruta que se realizó en un vehículo prototipo, en dos etapas, con gasolina extra y biocombustible E10 en los sectores Norte, Centro y Sur de Quito Ecuador.

Teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas existentes en cada prueba, información que es proporcionada por CORPAIRE. Para la obtención de los resultados Emisión de Gases como lo son; CO (Monóxido de carbono), NO_x (Óxidos de Nitrógeno) y PM (Material particulado menor a 10 micrones, o como se conoce en los HC "Hidrocarburos sin quemar"), se realizaron pruebas en el centro de revisión vehicular de Guajaló con el uso de gasolina corriente y etanol E10. Todo el estudio ha sido con el fin de determinar las ventajas y desventajas que tiene el uso de biocombustible E10 en el parque automotor de la ciudad de Quito, y la posible reducción de emisiones contaminantes, generadas por los mismos, como conclusiones se tiene que el etanol anhidro es completamente mezclable con la gasolina extra, en proporciones menores, con lo que se pudo obtener sin dificultad el biocombustible E10. Su mezcla es uniforme, el consumo de E10 es mayor que el consumo de gasolina extra, para condiciones similares de funcionamiento del auto, es necesario realizar la sincronización del motor es fundamental una vez que se va a usar E10, ya que se observa en la inspección visual de las bujías una tendencia a mezcla pobre si el motor se deja trabajando con la sincronización normal de uso de gasolina extra; operando con una mezcla no ideal de aire combustible⁵.

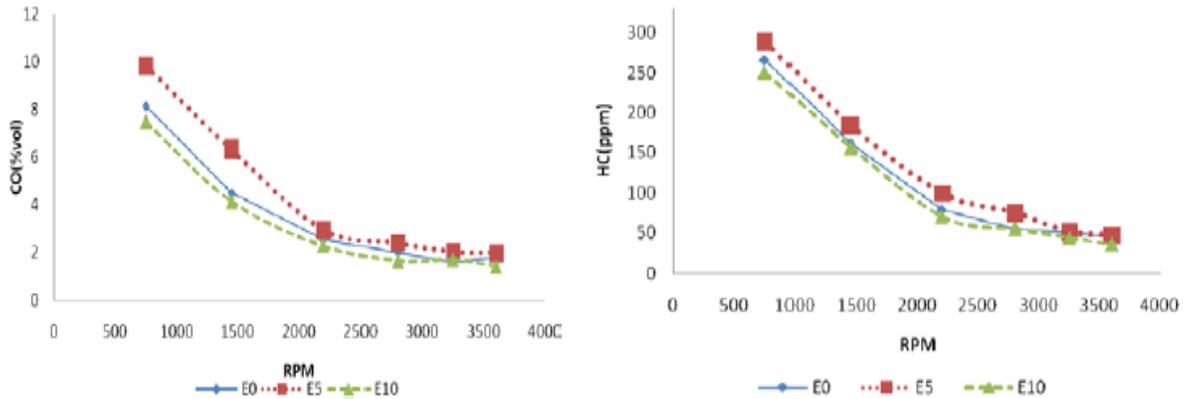
A medida que se incursiona en el mundo de los biocombustibles, es conveniente ver los efectos que estos generan en los motores de combustión interna, ya sea motores de ciclo Otto o Diésel, debido a esa problemática en 2010 se realizó el estudio de (CONTRERAS CASAS, c.h) Titulado "*Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina*". En dicho trabajo se evalúa el desempeño de un motor de combustión interna alternativo de encendido provocado, empleando mezclas de gasolina-etanol en concentraciones de 5% y 10% en volumen de etanol anhidro. Los resultados obtenidos muestran que la mezcla E10 (10% de etanol) presenta la máxima reducción de emisiones, sin afectar significativamente el rendimiento del motor⁶.

Como se muestra la ilustración 1, los datos obtenidos por los investigadores de las emisiones de CO y HC en función de las rpm, con mezclas de etanol al 5% y 10% y sin etanol.

⁵ SERRANO JUAN, Antonio.; CHALA SANTIAGO, franklin. y NACATO, Jaime Andrés. (2008). Estudio comparativo del uso de biocombustibles y gasolina en motores ciclo Otto.

⁶ CONTRERAS CASAS, c.h., et al. (2010). Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina.

Ilustración 1 Emisión de (a) CO y (b) HC en función del régimen de giro del motor (rpm)



(a) Emisión de CO.

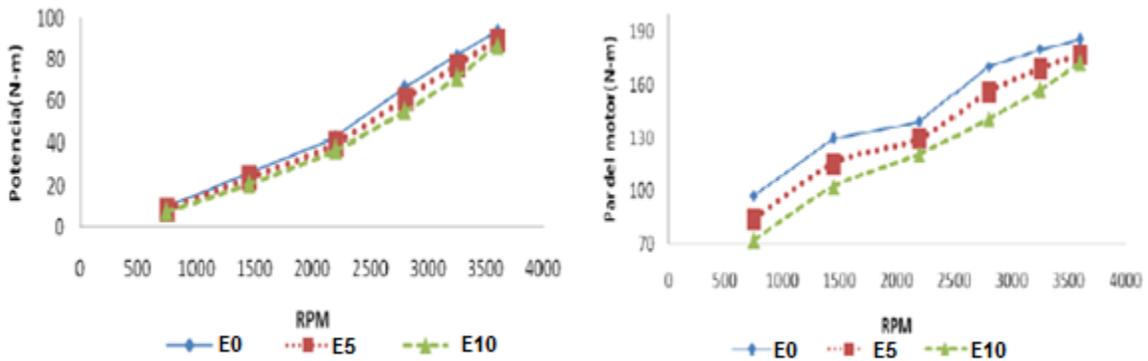
(b) Emisión de HC.

Fuente: Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina.

Como se muestran en las gráficas, a bajas revoluciones las emisiones de CO y HC son mayores, destacándose la mezcla de etanol al 5%, y en cuanto aumentan las rpm van disminuyendo las emisiones, esto es debido a que el oxígeno en la mezcla va disminuyendo a medida que aumenta las rpm.

Como se muestra la ilustración 2, son los datos obtenidos por los investigadores de la potencia y par motor en función de las rpm, con mezclas de etanol al 5% y 10% y sin etanol.

Ilustración 2 Curvas de (a) potencia y (b) par contra régimen de giro del motor (rpm)



(a) Potencia contra rpm.

(b) Par contra rpm.

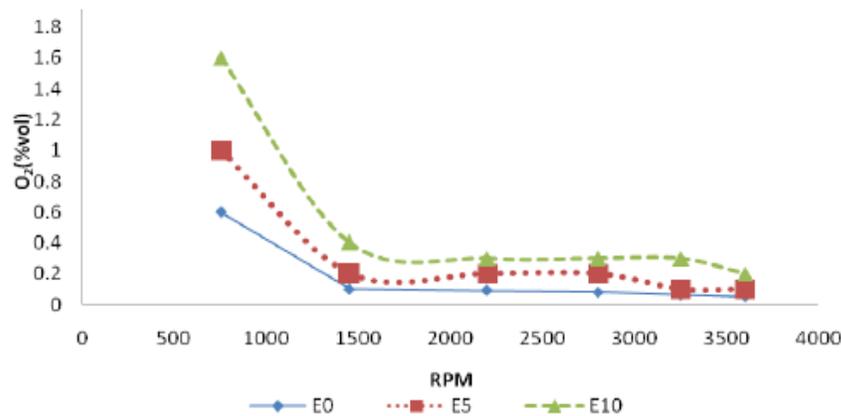
Fuente: Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina.

Como se muestra en las gráficas, la diferencia de potencia con las diferentes mezclas de etanol no muestran una variabilidad significativa a revoluciones bajas, ni cuando está en las máximas revoluciones, en cambio cuando se observa la gráfica del par motor, se ve a una diferencia significativa en las diferentes mezclas

de etanol, determinando que la gasolina sin etanol genera más par motor frente a la gasolina que tiene un 10% de etanol la cual muestra el peor desempeño en esta prueba.

Como se observa la ilustración 3, se muestra el porcentaje de oxígeno requerido para llevar a cabo el ciclo, en función de las revoluciones por minuto.

Ilustración 3 Contenido de O₂ en las mezclas gasolina - etanol en función del régimen de giro del motor (rpm)



Fuente: Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina.

Como conclusión en este trabajo se demuestra que el uso de etanol en mezclas con gasolina mejora significativamente el proceso de combustión en un motor de combustión interna alternativo, reduciendo la emisión de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos sin quemar (HC). Por otro lado, sin embargo, al adicionar oxígeno a la gasolina y mejorar el proceso de combustión, se incrementan las emisiones de CO₂. No obstante, parte del CO₂ liberado durante la combustión es el mismo que previamente se tomó durante el crecimiento de la planta de donde se obtuvo el etanol, por lo que no se incrementa el contenido de CO₂ en la atmósfera, disminuyendo el efecto invernadero⁷.

2.3. JUSTIFICACIÓN.

La dependencia de los combustibles fósiles para el suministro energético vehicular es muy alta, dando lugar agotamiento de las reservas fósiles que existen en la actualidad, e incrementando los costos de producción de estos combustibles, Existen alternativas de energías renovables con potencial energético para sustituir a los recursos fósiles, entre ellos se destacan los biocombustibles, estos se muestran como aditivos en la gasolina y el ACPM logrando mejorar la eficiencia en

⁷ CONTRERAS CASAS, c.h., et al. (2010).Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina.

procesos de combustión y reduciendo las emisiones⁸ que estos arrojan al medio ambiente.

Con el fin de encontrar alternativas actualmente se emplean mezclas de etanol y gasolina, logrando un mejor comportamiento y mejores valores en la relación aire/combustible. Esto por el aumento del octanaje en la mezcla debido al poder antidetonante del etanol⁹.

Por otra parte, también se decide realizar este proyecto debido a que no se encuentra información al respecto sobre el uso de biocombustibles en motocicletas, y de cómo afecta esta mezcla de hidrocarburo a estos motores en particular, en Bogotá Colombia.

Actualmente la legislación Colombiana permite mezclas de un 8% hasta un 10%, de etanol de acuerdo al Artículo 1 del decreto 48/92 de 2011 del Ministerio de Minas y Energía¹⁰, Esto ha mostrado una reducción de emisiones de gases efecto invernadero en un 74%¹¹, debido a esto que se hace necesaria una investigación en este campo debido a que no existe una caracterización a nivel Bogotá, que refleje el comportamiento de las motos usando combustible con diferentes mezclas que sean superiores al 10%.

Con el fin de establecer los beneficios del uso de bioetanol en mezclas con combustible tradicional, este estudio plantea el desarrollo de experimentos en un motor 4T de 125 cc, con valores de mezcla superiores a los permitidos actualmente en la legislación colombiana.

2.4. OBJETIVOS.

A continuación se muestran los objetivos a cumplir en el proyecto.

2.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Caracterizar la potencia y torque de un motor 4T de 125cc con mezclas de bioetanol y gasolina al E10%, E40% y E80% a nivel Bogotá, a su máxima RPM.

⁸ Bio-combustibles disponible en [<http://www.fedebiocombustibles.com/v3/nota-web-id-923.htm>.] [citado el 5 de noviembre de 2014]

⁹ (BNDES y CGEE, 2008) Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible (Río de Janeiro) Pág. 45 ISBN: 978-85-87545-26-8

¹⁰ Ministerio de minas y energía Artículo 1 Decreto 4892 de 2011.

¹¹ Mirar la Ref 8

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la potencia y torque de un motor 4T de 125cc, empleando gasolina con 10% de etanol según legislación colombiana a nivel Bogotá.
- Comparar la potencia y torque de un motor de 4T de 125cc, empleando mezclas de gasolina y etanol, al E40% y E80% a nivel Bogotá.
- Establecer los valores de potencia y torque obtenidos como resultado del uso de las mezclas seleccionadas.

2.5. METODOLOGÍA

En este capítulo se va a exponer la metodología o pasos a seguir para el desarrollo del proyecto, como también el tipo de diseño de experimentos a utilizar por los autores del proyecto para hacer la recolección de datos para luego ser analizados.

2.5.1. Marco metodológico.

Primera etapa: se desarrolla una revisión bibliográfica sobre el tema para determinar que avances se han realizado, y posteriormente se organiza, para tener un panorama más amplio y así poder dar una solución a la problemática planteada.

Segunda etapa: se determina el porcentaje de mezclas gasolina etanol a utilizar con base en la investigación de Biocombustibles: Conversión de sistema de alimentación de un motor de gasolina a Etanol. Realizada, por GARZÓN GUERRERO, Israel Sebastián, en la cual mencionaban la utilización de la mezcla de etanol y gasolina al E85%, se toma esta investigación como el máximo permitido y el mínimo se toma según la legislación colombiana la cual dice que la gasolina comercializada en el país tiene el 10% de etanol.

Tercera etapa: se realiza la selección y elaboración del diseño de experimento a utilizar en el proyecto, con base a libros que traten el tema de diseño de experimentos.

Cuarta etapa: se realiza la adecuación logística, la cual consiste en conseguir los materiales e insumos para llevar a cabo el proyecto como la puesta a punto del banco de pruebas, y la motocicleta que se va a utilizar.

Quinta etapa: se realiza la toma de datos en el banco de pruebas (dinamómetro), que tiene la capacidad de medir el rendimiento de motocicletas a partir del mínimo cilindraje que es de 100 cc, hasta un cilindraje máximo de 1500 cc, y por lo cual se seleccionó un motor de 125 cc, para llevar el experimento con cada una de las mezclas ya establecidas anteriormente en un entorno real de funcionamiento, este banco de pruebas arroja los datos como la potencia, el torque.

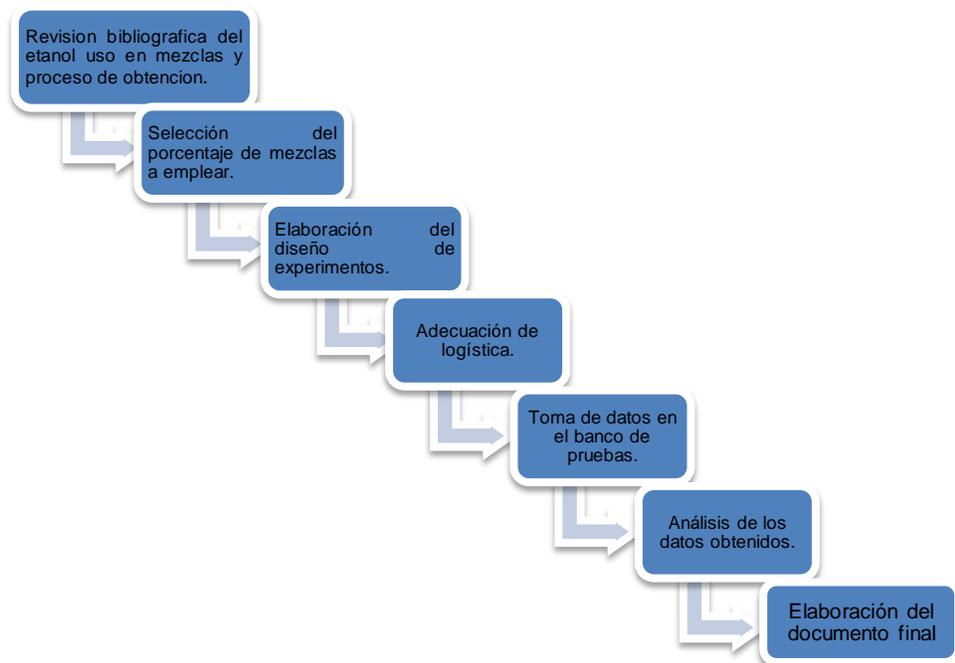
Sexta etapa: se realizara el análisis de los datos obtenidos en el banco de pruebas, para determinar de qué manera afectan estas mezclas de combustible y etanol en diferentes porcentajes al motor de 125 cc de una motocicleta convencional.

Séptima etapa: se realiza la elaboración del documento final en el cual se plasmaran los datos tomados el análisis respectivo de estos, y las conclusiones finales de los autores del proyecto.

2.5.2 Diagrama de flujo.

A continuación en la ilustración 4, se hacer una representación, de la secuencia que se piensa seguir para el desarrollo del proyecto.

Ilustración 4 Pasos para el desarrollo del proyecto



Fuente: autores del proyecto

2.6. MARCO CONCEPTUAL.

En esta parte se definirán aquellas palabras que no sean de pleno entendimiento para el lector, para permitirle a él un fácil entendimiento.

- **Embolo:** Pieza cilíndrica que se mueve de forma alternativa y rectilínea de arriba abajo impulsando un fluido o recibiendo un impulso
- **Carter:** Bloque que cierra el motor y soporta el cigüeñal y constituye la estructura resistente a la que se unen los cilindros y los demás órganos mecánicos; además incorpora las pestañas o anclajes para la sujeción del

motor al bastidor o a la armazón de la carrocería¹², además de actuar como un depósito para el aceite el cual actúa como un refrigerante para el motor.

- **Válvula:** Pieza que, colocada en una abertura, sirve para dejar libre o cerrar un conducto.
- **Reciprocate:** es el movimiento continuo y cíclico de un elemento, que sube y baja, y que va de derecha a izquierda.
- **Biocombustibles:** término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa - organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos¹³.
- **Biocombustible E10:** combustible con una mezcla de 90% gasolina pura y 10% etanol
- **Biocombustible E40:** combustible con una mezcla de 60% gasolina pura y 40% etanol
- **Biocombustible E80:** combustible con una mezcla de 20% gasolina pura y 80% etanol
- **energía calorífica:** es la exposición de energía en forma de calor.
- **energía mecánica:** es la energía que se puede convertir en un movimiento mecánico.
- **Catalizadores:** Sustancia que acelera o retarda una reacción química sin participar en ella.
- **Relación aire/combustible:** es la relación de la mezcla aire combustible, para permitir que se realice una combustión en el motor.
- **Hidrocarburos:** son+ compuestos orgánicos constituidos principalmente por átomos de carbono e hidrogeno
- **Etanol:** compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible, solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina.
- **Carrera de pistón:** distancia que recorre el pistón desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior.
- **Cambio climático:** variaciones significativas de temperatura a nivel global, como resultado del incremento de los gases de efecto invernadero.
- **Factor de corrección:** En los Bancos de Potencia es una aproximación teórica de los resultados para poder comparar el mismo vehículo en dos momentos diferentes.

2.7. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

En esta parte se hace referencia a la normativa y leyes, que se implementan en el desarrollo del proyecto.

¹² Definición tomada de Motor guía [<http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/carter-del-motor-definicion-significado/gmx-niv15-con193447.htm>] [citado el 03 de noviembre del 2015]

¹³ Definición tomada de BEEZ disponible en [http://www.naturalenergy.es/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=60] [citado el 7 de nov de 2014]

- Ley 693 de 2001, la aprobación de esta ley permitió la entrada de Colombia en la era mundial de los combustibles de origen vegetal, utilizados desde hace décadas en particular en etanol, por el atractivo económico en razón del protocolo de Kioto, y el movimiento de los precios internacionales del petróleo¹⁴.
- Artículo 1 Decreto 4892 de 2011, (MME), esta norma indica que en Colombia el porcentaje de mezcla obligatoria en motores a gasolina variara entre el 8 y el 10%, de mezcla de alcohol carburante en base volumétrica (E8-E10 corriente y extra)¹⁵.
- SAE J-1349¹⁶, los factores de corrección se aplican para estandarizar los resultados en el banco de potencia Dynojet 250i. otro factor de corrección es DIN 70020, aplicado correctamente en el equipo¹⁷.

¹⁴ ENRIQUEZ LOPEZ, Luz.(2009).Biocombustibles en Colombia

¹⁵ CARDENAS SANTA MARIA, Mauricio.(2011).Ministerio De Minas y Energía

¹⁶ Norma para calibración del dinamómetro disponible en [<http://www.superchevy.com/how-to/ghtp-1109-fact-and-fiction-of-dyno-correction-real-wheel-horsepower/>][citado el 05 de noviembre del 2014]

¹⁷ Dynojet SAE correction factor

3. MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

En este capítulo se va a hacer referencia la teoría existente sobre los motores de combustión interna, como los motores de ciclo Otto, haciendo énfasis en este ciclo con el que los autores del proyecto van a trabajar.

3.1. CICLO OTTO.

El ciclo Otto es el ciclo por preferencia para máquinas reciprocantes que tiene su encendido por chispa. El nombre de este ciclo es en honor al señor Nicolau Otto, de nacionalidad alemana y que en el año de 1876 diseñó una máquina revolucionaria la cual cambiaría el medio de transporte en la época, basándose en el ciclo propuesto por el señor frenchman Beau de Rochas en el año de 1862¹⁸.

Los motores de combustión interna son máquinas que convierten la energía calorífica como lo es la de combustible, en este caso gasolina, es convertida en energía mecánica directamente utilizable¹⁹.

Otto diseñó un motor el cual estaba proyectado a ser térmicamente eficiente, lo cual significa que genera una baja cantidad de calor y desechos en proporción al material que consume para mantenerse en un funcionamiento constante²⁰

3.1.1. Ciclo Otto de 2 tiempos “2T”.

Estos motores se diferencian por su ligereza y bajo costo, lo que lo hacen bastantes útiles en operaciones que no requieren mucha potencia²¹. Los cuatro procesos descritos anteriormente son realizados pero en 2T: compresión y explosión. En estas máquinas el Carter se bloquea y el movimiento hacia afuera del émbolo se emplea para presurizar ligeramente la mezcla de aire combustible, este proceso se da en una sola vuelta del cigüeñal, estos motores son más sencillos debido a que no poseen válvulas de admisión o escape²² en vez de estas se cambian por orificios en la pared del cilindro.

A continuación en la ilustración 5, se muestra una imagen de la secuencia que sigue el ciclo de 2T.

¹⁸ Yunus a cengel

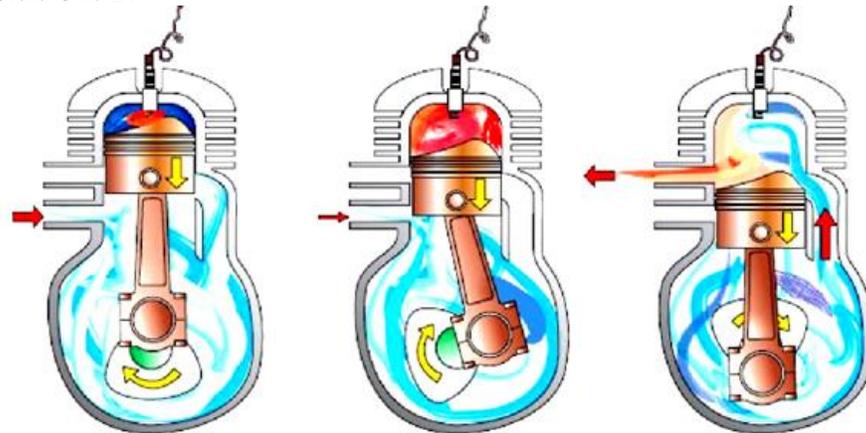
¹⁹ Ciclo teórico de funcionamiento [citado el 28 de agosto del 2014] disponible en [https://www.uclm.es/profesorado/porrasyoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf]

²⁰ (MecánicaMotor) [citado el 28 de agosto del 2014] disponible en http://www.mecanicaymotores.com/el-ciclo-otto.html

²¹ Motor de 2 tiempos [online].[citado el 12 de agosto del 2014] disponible en [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/5_motor_de_dos_tiempos.html]

²² Ref. 3

Ilustración 5 Ciclo Otto 2T



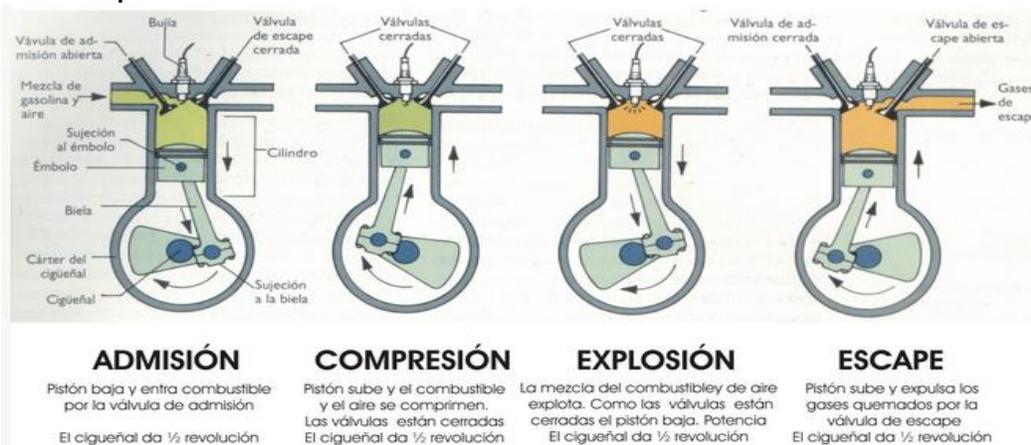
Fuente: http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/5_motor_de_dos_tiempos.html

3.1.2. Ciclo Otto de 4 tiempos “4T”.

Hoy en día la mayoría de los motores de encendido por chispa el émbolo o pisón ejecuta cuatro tiempos dentro del cilindro, y el cigüeñal realiza dos revoluciones por cada ciclo termodinámico, convirtiendo la energía del combustible en energía cinética, generando trabajo, este ciclo es considerado el más eficiente frente a su contraparte el ciclo de 2T, este ciclo controla la entrada de mezcla y la salida de gases mediante el uso de válvulas situadas en la cámara de combustión, las cuales se encuentran sincronizadas con el movimiento de giro del árbol²³.

A continuación en la ilustración 6, se muestra la gráfica de la secuencia que sigue un motor de 4T.

Ilustración 6 Etapas de funcionamiento de un motor 4T



Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/el-ciclo-otto.html>

²³ Mirar Ref. 14

- Primera etapa admisión.

En principio la válvula de admisión como la válvula de escape se encuentran cerradas y el émbolo se encuentra en el punto muerto inferior (PMI) con la mezcla aire combustible.

- Segunda etapa compresión.

Al iniciar la etapa de compresión, el émbolo o pistón se mueve hacia arriba comprimiendo la mezcla aire combustible, sin intercambiar calor con el medio ambiente en lo que se puede decir que es un proceso adiabático.

- Tercera etapa explosión.

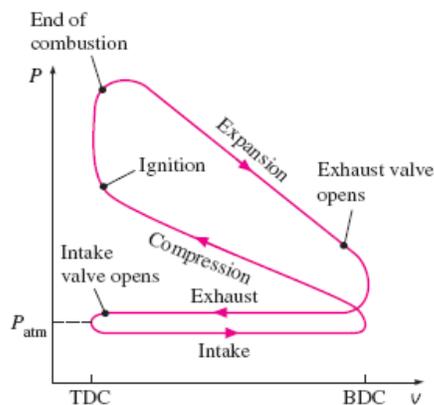
Un momento antes de que el émbolo alcance su posición más alta (PMS), la bujía emite una chispa y la mezcla aire combustible se enciende, aumentando la presión y temperatura al interior del cilindro. Los gases de alta presión generados por este proceso impulsan en émbolo hacia abajo, lo que obliga al cigüeñal a girar, lo que genera una salida de trabajo útil durante la etapa de explosión.

- Cuarta etapa escape.

Al terminar este proceso el pistón se encuentra de nuevo en su posición más baja (PMI), con la cámara del cilindro llena de los gases producto de la combustión realizada. Acto seguido el émbolo se mueve hacia arriba evacuando los gases a través de la válvula de escape, para luego volver a retornar permitiendo el ingreso de más mezcla de aire combustible a través de la válvula de admisión.

A continuación en la siguiente ilustración 7, se muestra el diagrama del ciclo Otto el con el cual se rige todos los motores de combustión interna.

Ilustración 7 Ciclo Otto real



Fuente: <http://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=1857376>.

La utilidad más grande de este ciclo es en el área automotor debido a su gran eficiencia, la cual se da cumpliendo dos factores, el primero es teniendo un combustible con un buen octanaje, previniendo de esta manera la detonación en la cámara de combustión, y el segundo factor es teniendo buenas relaciones de compresión en la cámara de combustión.

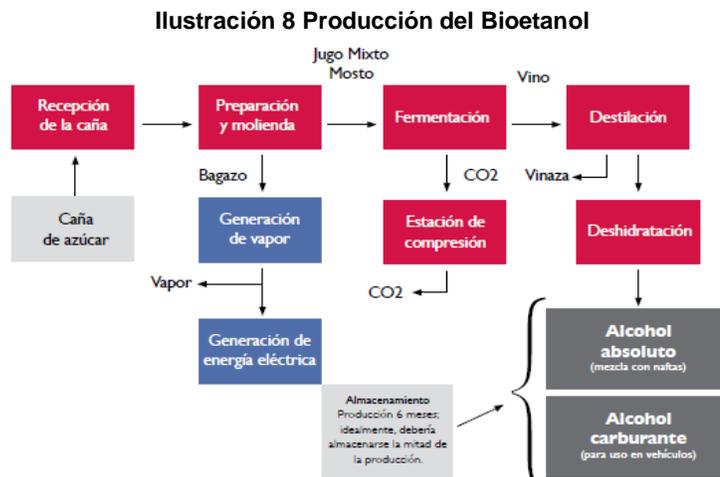
4. BIOCOMBUSTIBLES:

En este capítulo se va a resaltar la importancia del uso de los biocombustibles y que porcentajes están siendo implementados en la actualidad.

4.1. Bioetanol Absoluto.

Este tipo de etanol se caracteriza por que su pureza es cercana al 100%, por ende su contenido de agua es bajo, en Colombia se comercializa bajo las normas ACS, ISO y REAG, uno de sus principales distribuidores es la industria química MERCK²⁴. El etanol absoluto u etanol deshidratado es utilizado en la actualidad como aditivo de la gasolina corriente, el etanol ayuda a aumentar el índice de octano y a reducir el contenido de plomo en la gasolina, lo que reduce favorablemente las emisiones al medio ambiente, es utilizado en más de 35 países del mundo principalmente en Estados Unidos y Brasil²⁵.

En la ilustración 8, se ve el proceso que se necesita para obtener bioetanol de la caña de azúcar.



Fuente: Biocombustibles alternativa de negocios verdes.

El etanol absoluto permite mezclas del 85% de bioetanol y 15% de gasolina este porcentaje de mezcla es utilizada en vehículos con motores Flex-fuel u motores especiales a inyección electrónica. Existen porcentajes de mezclas de E5, E10, E95 y E100²⁶. Recientemente países, como Colombia, Australia, Tailandia y China adoptaron el E10 como punto de partida para introducir el uso del etanol en los mercados. En esas concentraciones el etanol actúa como un aditivo que mejora la

²⁴ Mirar anexo 1

²⁵ FERNÁNDEZ JESÚS, Hugo Lucas y BALLESTEROS, Mercedes. Energías renovables para rodos Biocarburantes. Pág. 3.

²⁶ FRIEDMANN, Alexandra y PENNER, Reinaldo. Biocombustibles alternativa de negocios verdes. Agosto 2009. Pag5.

calidad de la gasolina (octanaje) y reduce emisiones contaminantes, sustituyendo el tetra etilo de plomo y otros aditivos oxigenantes que presentan restricción ambiental, como el MTBE, cuyo uso está prohibido en muchos países. La experiencia de diversos países con el E10 permite afirmar que se puede introducir esta mezcla²⁷.

En los motores Flex-fuel de inyección electrónica se puede utilizar la mezcla hasta del E85% este tipo de vehículo denominado híbrido, lo que quiere decir que operan con un motor dual una parte eléctrica y otra de combustión interna, y como consecuencia favorable reduce las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes²⁸.

En la ilustración 9. Se muestra un vehículo Flex fuel, desarrollado por la marca Volkswagen

Ilustración 9 Vehículo Flex-fuel Volkswagen Gol



Fuente: preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles.

Como se muestra en la tabla 1, se realizó un cuadro de las modificaciones necesarias que se deben realizar al motor a medida que se va incrementando el porcentaje de bioetanol en la gasolina, y el porcentaje de etanol en la gasolina en alguno de los países más importantes.

²⁷ (BNDES y CGEE, 2008) Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible (Río de Janeiro) Pág. 43 ISBN: 978-85-87545-26-8

²⁸ (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2007) preguntas y respuestas más frecuentes sobre Biocombustibles. Pág. 19. ISBN13: 978-92-9039-850-9

Tabla 1 Exigencias de modificaciones en vehículos para diferentes concentraciones de bioetanol y gasolina

% de bioetanol en la gasolina	Carburador	inyección de combustible	bomba de combustible	filtro de combustible	sistema de ignición	tanque de combustible	conversor catalítico	motor básico	aceite del motor	colector de admisión	sistema de escape	sistema de arranque
≤ 5%	para cualquier vehículo											
≤ 10%	para vehículos a partir de 1990											
≤ 25%	Vehículo brasileño a gasolina											
≤ 85%	Vehículo flexible utilizado en EE.UU y Canadá											
≥ 85%	Vehículo flexible utilizado en Brasil											
	No necesita modificaciones											
	Probablemente necesitan modificaciones											

Fuente: Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible.

A revisar la tabla se puede concluir que a medida que se va incrementando el porcentaje de bioetanol en la gasolina se va requiriendo realizar algunas modificaciones en el motor para obtener un mejor desempeño del motor.

4.1.1. Desventajas de las mezclas de etanol y gasolina.

Una de las desventajas del etanol es que se consume más rápidamente que la gasolina entre un 25% y un 35%²⁹, afectando diversos parámetros de funcionamiento del vehículo como el arranque en frío o en caliente, aceleración economía del combustible y dilución del aceite lubricante del motor³⁰.

Otro factor es como afecta con porcentajes mayores al 20% de etanol en la gasolina los componentes internos del motor tales como retenedores de válvulas, empaques, cauchos, tanque del motor, partes plásticas, mangueras, partes metálicas y el sistema de inyección, si aumentamos la mezcla a un 80% a futuro entraríamos a modificar totalmente el motor³¹.

²⁹ (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2007) preguntas y respuestas más frecuentes sobre Biocombustibles. Pág. 5. ISBN13: 978-92-9039-850-9.

³⁰ (BNDES y CGEE, 2008) Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible (Río de Janeiro) Pág. 45 ISBN: 978-85-87545-26-8

³¹ (JESÚS ANTONIO, 2011) Estudio de la combustión de un motor mono cilíndrico de ignición alimentado con mezclas gasolina-etanol anhidro e hidratado a distintas concentraciones. Pág. 36

4.1.2. Características del etanol y comparación con la gasolina.

El etanol absoluto, es una sustancia con formula molecular C_2H_6O , que puede ser utilizado como combustible alterno en los motores de combustión interna encendido por chispa (ciclo Otto)³².

En la tabla 2 se muestra una comparación entre las propiedades de la gasolina, y el bioetanol realizado en Colombia.

Tabla 2 Propiedades de la gasolina y el Bioetanol

Parámetro	unidad	ASTM	Etanol	Gasolinas		Gasolinas + EtOH	
				Regular	Extra	Regular	Extra
Densidad (15°)	Kg/l	D-4052	0.79	0.75	0.74	0.74	0.75
Gravedad API(15.6°C)		D-4052	46.55	57.51	58.1	58.20	55.60
Índice de refracción (20°C)		D-1218	1.3577	1.4282	1.4402	1.4114	1.423
Contenido de agua	ppm	D-1744	4083.60	201	320	518	565
% v/v de etanol	%	D-5845	99.96	0	0	10.28	10.16
Presión de vapor reíd (37.8°C)	kPa	D-323	18.33	55.14	55.14	54.38	56.24
% p/p azufre	%	D-4294	0	0.07	0.07	0.02	0.03
Corrosión en la lámina de Cobre (50°C)	clasificación	D-130	1a	1a	1a	1a	1a
RON		D-2699	120	84.80	93.40	84.30	93.30
MON		D-2700	96	78	82	77.8	80.80
Índice antidetonante (RON+MON)/2			108	81.40	87.80	81.05	87.05
Índice de cierre de vapor ICV(*)	kPa			77.65	75.83	95.58	102.81
Herrumbre	clasificación	D-665	R1	R5	R5	R1	R1
Poder calorífico	MJ/kg	D-240	29.62	46.10	46.55	44.61	44.20
Destilación		D-86					
Punto inicial de ebullición	k			313.30	315.20	317.60	313.40
10%	k			333.40	335.40	330	327.60
50%	K			381.60	387.90	371.20	371.80
90%	k			450.50	461.10	432.20	444.80
Punto final de ebullición	k			493.20	505.90	480.10	494.20
% v/c a 70°C	%			19.90	18.30	39.10	41.20
% v/c a 100°C	%			44	41.60	51.10	50.50

³² (TORRES, jaimé, et al., 2002) Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. evaluación de propiedades fisicoquímicas

% v/c a 190°C	%		93.60	90.50	96.50	93.90	
Pérdidas	ml		0.70	1.00	1.00	1.00	
Residuo	ml		0.70	1.00	1.00	0.80	
Cromatografía %v/v	%	D-6623					
Parafinas			0	12.37	5.86	15.82	10.61
Isoparafinas			0	30.90	26.12	29.09	25.85
Aromáticos			0	22.07	30.66	16.24	22.76
Benceno			0	0.66	0.66	0.75	0.70
Naftenos			0.02	10.54	7.52	12.90	9.61
Olefinas			0.01	18.19	22.15	11.83	15.93
Oxigenados			99.97	0.37	0.52	10.41	10.82
No identificados			0	1.74	1.61	1.38	1.16
C12+			0	3.78	5.57	1.92	3.27
(*)ICV= Presión de vapor reíd (kPa) + (1.13 * % vol, Evaporado a 70°C)							

Fuente: ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Al observar la tabla se puede concluir que el Bioetanol posee un mejor octanaje que la gasolina, lo que le permite aumentar la relación de compresión del motor y así mejorar la eficiencia de este, sin embargo su poder calorífico no es tan bueno como el de la gasolina, y la relación aire combustible es menor lo cual indica que la cantidad de aire que necesita para llevar a cabo la combustión es menor, y el bioetanol a diferencia de la gasolina necesita de una alta temperatura superior para realizar la ignición.

4.1.3. Biocombustibles en Colombia y América del Sur y del Norte

Los biocombustibles en Colombia constituyen parte del desarrollo tecnológico del país, dando lugar a la creación formal de la industria de alcohol carburante y biodiesel derivados de productos agrícolas como la caña de azúcar, el sorgo, la remolacha, el maíz y el sorgo dulce. Para la producción de biodiesel se involucran productos como la palma de soya, la jatropha y la colza.

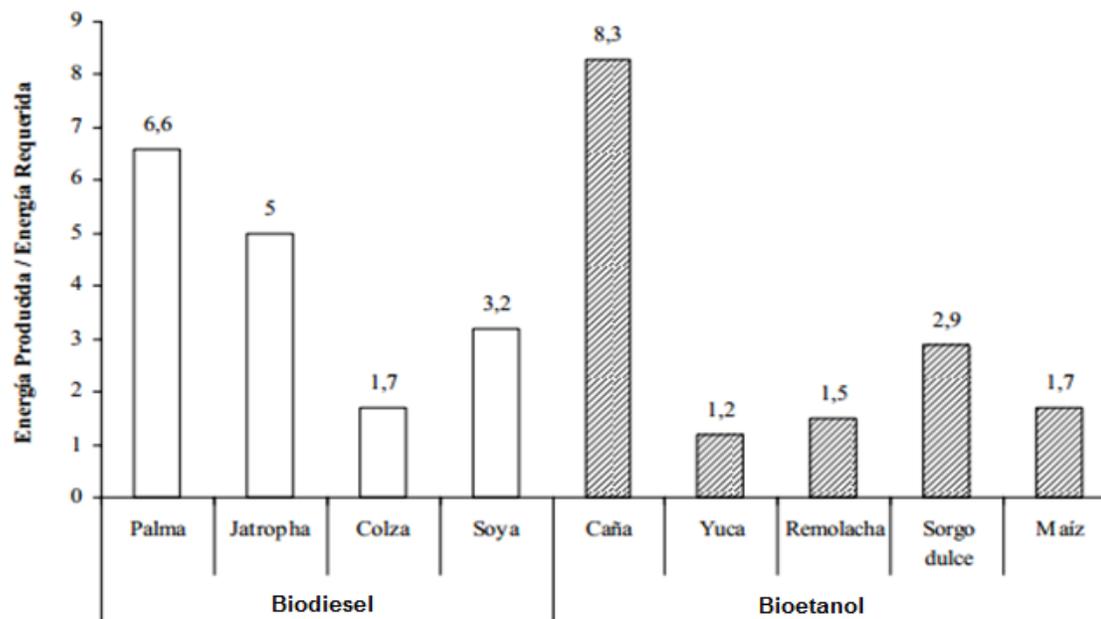
Es una alternativa importante para Colombia el utilizar biocombustibles, por factores como el incremento de los precios en el barril de petróleo que a futuro tienden al alza, y otro factor importante es el aumento del parque automotor en el país, la demanda energética es alta y esto conlleva a buscar alternativas en los biocombustibles que suplan el funcionamiento de los motores con características similares de funcionamiento al de los motores convencionales³³.

³³ GARCIA ROMERO, helena y CALDERON ETTER, Laura.(2012).Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia

Algunas limitaciones para el desarrollo de estas tecnologías dependen del método de obtención de la energía ya sea por medio de catalizadores de origen químico o biológico y las óptimas condiciones de reacción de la materia involucrada entre las que se encuentra la temperatura, presión y los sistemas reactivos. La adecuada selección de la materia prima permite una buena eficiencia energética de cada uno de los productos involucrados en el proceso³⁴.

Como se muestra en la ilustración 10, se hace una comparación entre la producción de biodiesel y bioetanol, mostrando cual es la mejor materia prima para producir biodiesel y bioetanol.

Ilustración 10 Eficiencia energética en la producción de biocombustible



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, con base en Goldman Sachs y LMC

Como conclusión de esta grafica se obtiene, que la mejor materia prima para producir bioetanol es la caña de azúcar, y para la producción de biodiesel es la palma de cera.

Según un estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL) Brasil, Argentina y Colombia son los principales países de Sur América productores de Bioetanol y Biodiesel.

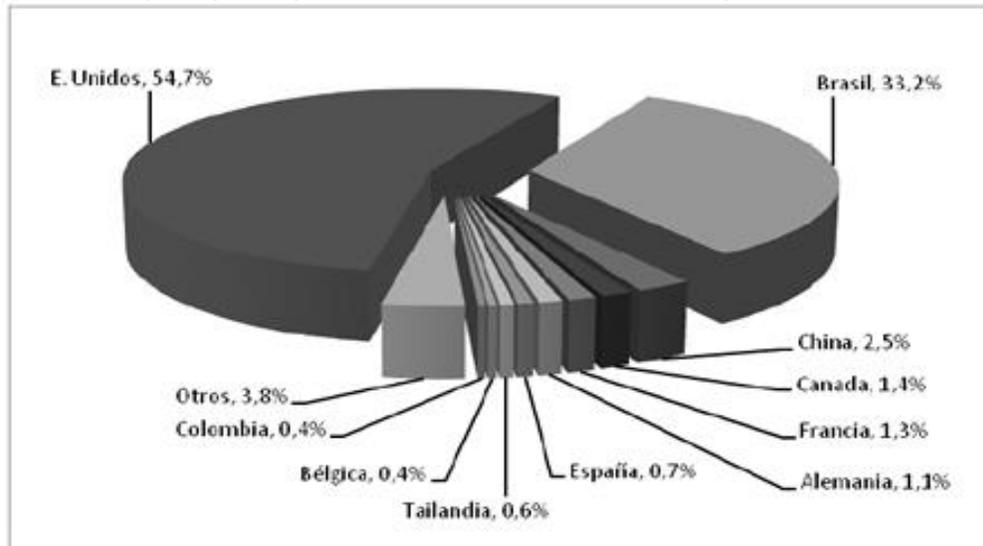
Brasil es el segundo productor de bioetanol, con 33,2%, luego Estados Unidos, con el 54,7% de la producción mundial, según datos de 2009. Colombia figura en el décimo lugar de países productores, con 0,4%. Argentina, en tanto, es el segundo productor mundial de biodiesel, con 13,1%, también después de Estados

³⁴ (FERNANDO GONZALES, Andres.; et al., 2008) BIOCMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACION Y BIODIESEL: UNA MIRADA A LA CONTRIBUCION DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Unidos, que tiene 14,3%.Brasil se ubica en quinto lugar, con 9,7% de participación³⁵.

Como se muestra en la ilustración 11, se ve la producción a nivel mundial de bioetanol visualizando los principales productores y realizando una estimación de esta para el año 2010.

Ilustración 11 Principales países productores de bioetanol, estimación para 2010



Fuente: Elaboración propia en base a data de Brown, 2011.

Como se muestra en la ilustración anterior se puede determinar que los dos principales productores a nivel mundial de bioetanol, son Estados Unidos con un 54,7%, Brasil con un 33,2%, solo estos dos países producen un 87,9% del bioetanol a nivel mundial, y se ve reflejado que en Colombia solo se produce un 0,4% de bioetanol, una cantidad significativamente baja respecto a los demás países.

Actualmente en el territorio nacional se permite el uso del 8 al 10% de etanol en la gasolina de acuerdo con el artículo 1 Decreto 4892 de 2011, (Ministerio de Minas y Energía), pero con los años esto irá en aumento dependiendo de la capacidad de producción de cada país y de las investigaciones pertinentes del comportamiento de los motores según se vaya aumentando el Etanol en la gasolina y en el ACPM el Biodiesel³⁶.

A continuación se presenta en la tabla 3, la producción de bioetanol y biodiesel en Suramérica

³⁵Energías alternativas renovables verdes limpias [citado el 05 de Noviembre del 2014] disponible en [<http://www.ecoticias.com/biocombustibles/45503/Noticias-energias-energias-renovables-verdes-limpias-alternativas-sostenibles>]

³⁶ ASCHER, markus.(2010).América latina y el caribe Mapeo Político-institucional y análisis de la competencia entre producción de alimentos y bioenergía

Tabla 3 Porcentaje de producción de bioetanol y biodiesel en Suramérica

País	Bioetanol	Biodiesel
1. Argentina	01/2010=5% sobre el producto final	01/2010=5% sobre el producto final
2. Bolivia		01/2007=2.5% 2007-2015=aumento gradual según metas anuales 01/2015=20.0%
3. Brasil	Hace tiempo (consumo establecido)=20.0% 10/2006=23.0% 07/2007=25.0%	01/2008=2% 01/2009=3% 07/2009=4% 01/2010=5% 01/2020=20%
4. Chile	5.7%	
5. Colombia	2006=10% en zonas metropolitanas = 60% del consumo nacional 2007=10.0% 2012-2016=aumento gradual hasta 15.0%	01/2008=5%
6. Costa Rica	01/2007=7.0% 01/2010=13.0%	01/2010=2.0% 01/2013=5.0% Hasta 2026=10.0%
7. Ecuador	10.0%	Propone=2.5% Aumento gradual según metas anuales 01/2020=20.0%
8. El Salvador	Estrategia energética sostenible centroamericana establece como meta sustituir el 15% de consumo de combustibles fósiles.	
9. Guatemala	Actualmente=5.0% En discusión=10.0%	
10. Honduras		Hasta 30% la unidad técnica de biocombustibles establecerá las mezclas de acuerdo con las condiciones prevalecientes
11. Jamaica	05/2009=10.0%	
12. México	No hay metas establecidas. Pruebas realizadas entre el 2008 y el 2010; distribución nacional 2011-2014. Dada la disponibilidad limitada de biodiesel, podrá optarse por la utilización solamente de algunos centros de producción	
13. Nicaragua	Estrategia energética sustentable centroamericana establece como meta sustituir el 15% del consumo de combustible fósiles	
14. Panamá	01/2009=10.0% Estrategia energética sustentable centroamericana establece como meta sustituir el 15% del consumo.	Estrategia energética sustentable centroamericana establece como meta sustituir el 15% del consumo.
15. Paraguay	Mezcla establecida desde 1982 Actualmente obligatorio=12.0% Actualmente	Actualmente=3.0% En discusión=5.0%

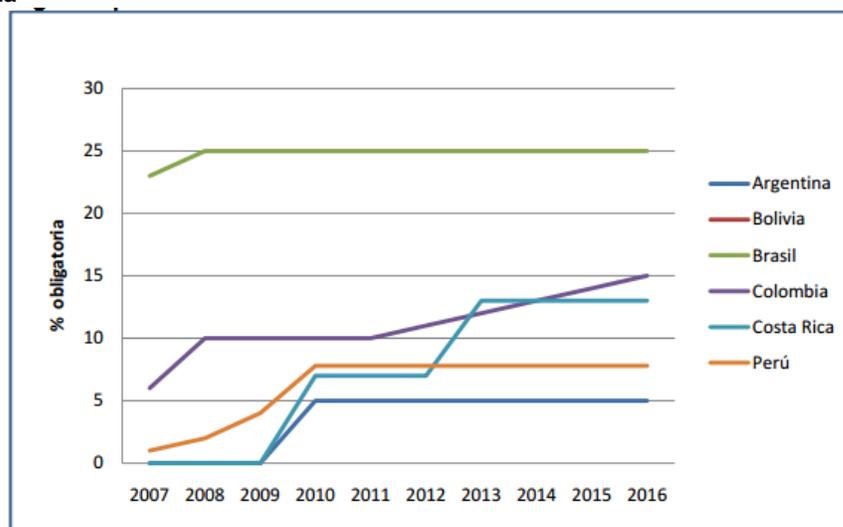
	autorizado=18.0% En discusión=20.0% a 25.0%	
16. Perú	2006-2010=aumento gradual y en forma progresiva por regiones según metas anuales 01/2010=7.8%	01/2009=2.0% 01/2011=5.0%
17. República Dominicana	01/2015=15.0%	01/2015=2.0%
18. Uruguay	Hasta 12/2015=5.0% (voluntario) 01/2015=5.0%(obligatorio)	Hasta 12/2008=2.0% (voluntario) 01/2009=2.0% (obligatorio) 02/2012=5.0%

Fuente: América Latina y el Caribe Mapeo político-institucional y análisis de la competencia alimentos y bioenergía entre producción de alimentos y bioenergía

Como se observa en la tabla, el país que más utiliza el biodiesel y bioetanol es Brasil que tiene por normativa el uso de bioetanol del 25% y del biodiesel del 10% y que estima aumentar su porcentaje para el año 2020, también se puede determinar que algunos países ya venían implementando el uso del bioetanol y biodiesel desde hace ya algún tiempo, y que aun ahí países que no han implementado el uso de biodiesel o bioetanol.

A continuación se muestra en la ilustración 12, el porcentaje de bioetanol obligatorio en algunos países de América Latina, desde el año 2007 con una proyección hacia el año 2016.

Ilustración 12 Porcentaje de etanol obligatorio para las mezclas gasolina - etanol en algunos países de América Latina



Fuente: América Latina y el Caribe Mapeo político-institucional y análisis de la competencia alimentos y bioenergía entre producción de alimentos y bioenergía

Se puede concluir de la gráfica que el país que tiene una mayor exigencia con el uso del bioetanol es Brasil con un 25%, mientras que el país que menos usa bioetanol en su combustible es Argentina que solo tiene el 5%.

- **Efectos del uso del Bioetanol.**

A continuación en la tabla 4, se muestra los principales efectos y causas, que se da por el uso del bioetanol.

Tabla 4 Efecto y Causas del uso del bioetanol

Efecto	Causa
Disminución del consumo de combustible en recorridos urbanos.	Mejora de llenado de aire del motor con bioetanol por disminución de la temperatura de admisión ocasionado por el mayor calor de vaporización del bioetanol.
Posibles problemas de arranque en frío en condiciones de baja temperatura.	El elevado calor que se necesita para la vaporización de bioetanol.
Posibles problemas de deterioro de juntas del circuito de combustible y/o corrosión.	Efecto del ataque químico de alcohol a ciertos materiales, además de la mayor presencia de agua por la afinidad con el alcohol.
Posibles problemas de ensuciamiento de filtros.	Mayor arrastre de residuos por el efecto disolvente y detergente del bioetanol.
Mala carburación en motores de sistema de carburador.	Necesidad de adaptar el sistema a la nueva relación estequiometría aire-combustible.
Problemas de conducción a elevada altitud.	La mayor volatilidad de etanol puede ocasionar la aparición de bolsas de combustible vaporizado en el sistema de alimentación.

Fuente: Manual técnico de uso de biocarburantes en motores de auto motión

Como se muestra en la tabla, la mayoría de consecuencias ocurre por la volatilidad del bioetanol, y por el porcentaje de agua que este posee, pero en la medida que se analizan no tiene un mayor impacto en el vehículo, porque el tema de volatilidad se soluciona cuando el motor se coloca en marcha, y para los problemas corrosivos, hoy en día salen piezas resistentes a la corrosión las cuales son implementadas en los vehículos, anexo a esto los vehículos que hoy en día salen de la fábrica de producción vienen mejorando estos aspectos para ser de estos más eficientes y rentables.

5. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN EXPERIMENTAL

En este capítulo se dará a conocer la forma en que los autores del proyecto seleccionaron el diseño experimental y el número de repeticiones a realizar.

5.1. Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es planear una serie de pruebas experimentales, permitiendo que los datos generados se puedan analizar para obtener conclusiones válidas y objetivas acerca del sistema o proceso.

5.2. Objetivo del experimento

- Caracterizar la potencia y torque de un motor de 125 cc, usando etanol en diferentes mezclas.

5.3. Variables, factores y niveles

En este proceso interfieren varios tipos de variables como las que se definen a continuación:

- Variable de respuesta

Es la variable de salida cuyos valores son los que interesa conocer, estos valores van a determinar que tanto varían, la potencia.

- Factores controlables

Esta son variables que en el proceso se pueden controlar o cambiar de acuerdo a la necesidad del investigador, variables como las RPM de la motocicleta de 125 cc, y el torque desarrollado por la motocicleta, con un factor de cambio que es el etanol en la gasolina, teniendo en cuenta la legislación colombiana actual que permite el uso de etanol el combustible.

- Factores no controlables o de ruido.

Estas variables son aquellas que durante el proceso no se pueden controlar tales como: el medio ambiente donde se desarrolla la prueba, el funcionamiento de los elementos de medición, la calidad del combustible y etanol, la caja de cambios de la motocicleta, el desajuste de los componentes de la motocicleta, el momento inercial de masa que maneja el Dynojet ya que es un parámetro de diseño del equipo para la toma de datos, mientras se ejecutan las pruebas.

- Factores estudiados.

Estas son variables que se investigan durante el experimento para ver de qué manera se va a ver afectado el resultado al final de la prueba, o de las variables de respuesta, que en este caso es la variación del porcentaje de etanol en la gasolina colombiana.

- Niveles y tratamientos.

El experimento se va a realizar con 3 tipos de torque, a 1 RPM la cual va a ser de 10.000 las máximas rpm que alcanza el motor, para tener un barrido completo de su funcionamiento.

5.4. Selección del diseño de Experimento

A continuación y con los datos escritos anteriormente se procede a la selección del diseño de experimentos más adecuado para este proyecto basándose en el libro Análisis y diseño de Experimentos de los autores Humberto Gutiérrez pulido y Román de la vara Salazar.

5.4.1. Definición de las variables independientes y dependientes

A continuación los autores del proyecto definen las variables de entrada y salida, en el proyecto, las cuales pueden controlar, la las que son de respuesta.

- **Variables dependientes**

Las variables dependientes o factores a estudiar de este proyecto son:

- Potencia.

- **Variables independientes**

Las variables independientes o factores controlables de este proyecto son:

- Torque desarrollado por la motocicleta.
- RPM de la motocicleta.

5.4.2. Niveles y tratamientos

Debido a que en el experimento se va a estudiar la influencia del etanol y velocidad de la moto (RPM), se decide probar con 3 torques diferentes generados por las mezclas de bioetanol en la gasolina y a 1 RPM en la moto la cual es de 10000 rpm, que es la máximas rpm alcanzadas por la motocicleta, y donde esta se estabilizo, con el fin de mirar cómo afecta las mezclas de etanol el rendimiento de la moto.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se va a controlar 2 factores que son el torque generado por la motocicleta y las revoluciones por minuto del motor de la motocicleta, los cuales van a tener una repercusión en la potencia, con base en esto se toma un diseño factorial con 3 y 1 niveles, (“3 valores diferentes del torque y 1 RPM en la moto”).

5.4.3. Combinación de variables

A continuación se presenta la tabla 5, de combinaciones, que los autores de proyecto proponen para la ejecución de las pruebas.

Tabla 5 Combinación de las variables dependientes

Torque	RPM
T*w	10000
T*w	10000
T*w	10000

Fuente: autores del proyecto

Como se puede observar salen 3 combinaciones, como resultado de la combinación de las variables independientes en un arreglo de 3 por 1 como ya se había mencionado anteriormente.

5.4.4. Numero de repeticiones

Para llevar a buen fin el diseño de experimentos es necesario determinar el número de pruebas posibles para garantizar que el diseño de experimentos es aprobado y que hay una mínima o nula posibilidad de ser rechazado, para determinar el número de pruebas a realizar, se van a tomar 3 datos calculados con E10%, de potencia a 8000 RPM, y se va a tomar la ecuación que plantean Humberto Gutiérrez pulido y Román de la vara Salazar en su libro Análisis y diseño de Experimentos la cual se muestra a continuación.

- Ecuación planteada en el libro de Humberto Gutiérrez pulido y Román de la vara Salazar en su libro Análisis y diseño de Experimentos

$$n = \frac{2 * (t_{(\frac{\alpha}{2}, N-k)})^2 * \sigma^2}{dt^2}$$

- Datos tomados de los catálogos anterior mente mencionados.

En la tabla 6, que se muestra a continuación se establece la potencia que desarrolla en la motocicleta medido en el dinamómetro en 3 pruebas diferentes.

Tabla 6 Potencia de las motocicletas tomada en el dinamómetro

8000 RPM			
T*w	1ª prueba	2ª prueba	3ª prueba
	8.7 hp	9 hp	9 hp

Fuente: Autores del proyecto

Como se observa en la tabla en la segunda y tercera prueba se presentó la mayor potencia registrada.

Con estos datos se tiene una desviación estándar y una diferencia en las medidas que se muestran a continuación:

$$\sigma = 0.14142136$$

$$Dt = 0.3$$

Se asume un criterio inicial de pruebas “N_o”, el cual se escogen por criterio de tiempo y costos, se determinan los grados de libertad N-K, donde k es el arreglo factorial y N es el producto del arreglo factorial por el número de réplicas de N_o, luego de tener los grados de libertad se procede a la tabla Tstudent, la cual se usa para estimar la media de una población cuando la muestra es pequeña con una significancia de $\alpha=0.05$.

$$N_o = 3$$

$$K = 3 * 1 = 3$$

$$N = 3 * 3 = 9$$

Remplazando en la ecuación que se plantea en el diseño de experimentos se tiene:

$$n = \frac{(2 * (t_{(\frac{0.05}{2}, 9-3)})^2) * 0.14142136^2}{0.3^2}$$

Según la tabla Tstudent, teniendo los datos (0.025,9) donde el primer dato es el área que se deja a la derecha de los puntos, y el segundo dato son los grados de libertad, se obtiene

$$T = 2.2621$$

Sustituyendo en la ecuación y resolviendo se obtiene.

$$n = \frac{(2 * (2.2621)^2) * 0.14142136^2}{0.3^2}$$

$$n = 2,274 \cong 2$$

Según los datos arrojados esto quieren decir que para llevar a un buen fin el diseño de experimentos solo se requiere de 2 replica.

5.4.5. Nivel de confiabilidad del diseño de experimentos

Como se mencionó anteriormente y para la implementación de la ecuación, los autores del proyecto tomaron una significancia o error relativo de " $\alpha=0.05$ ", por consiguiente el grado de confiabilidad del diseño de experimental es de 95%.

5.5. Descripción de equipos principales y auxiliares

Para llevar a buen fin el proyecto, se selecciona una motocicleta de 125 cc marca AKT modelo 2014, verificando su estado que se encuentre en óptimas condiciones mecánicas, sin embargo se realizara una revisión total de la motocicleta para dejarla en perfectas condiciones, reparando lo que se encuentre dañado o con mucho desgaste.

En la ilustración 13, se muestra la motocicleta seleccionada para llevar acabo el desarrollo del proyecto.

Ilustración 13 Motocicleta 125 cc marca AKT



Fuente: autores del proyecto

Después de haber seleccionado y comprado la moto se, comenzó a mirar que dinamómetros habían en Bogotá, que fueran especializados en el área de motocicletas, y se observó que el taller de motocicletas shako motor tenía el único dinamómetro especializado en el área de Bogotá, para la toma de los datos como torque y potencia, se realizó una verificación para que este equipo estuviera calibrado a condiciones de nivel Bogotá³⁷, anexo a estos tenía la opción de tomar

³⁷ Ver Anexo 1

la relación aire-combustible pero esta fue suspendida debido a que las mezclas que se iban a implementar podrían dañar el sensor de la máquina.

En la ilustración 14, se muestra el dinamómetro a utilizar para el desarrollo del proyecto, con el modelo respectivo de este.

Ilustración 14 Dinamómetro utilizado en el proyecto



Fuente: autores del proyecto

Este tipo de dinamómetro censa el torque y la potencia en la rueda trasera de la motocicleta, este es un tipo de dinamómetro de tipo inercial, en el cual se simulan condiciones reales de funcionamiento y tienen las siguientes características durante su aplicación³⁸.

- Pruebas bajo cargas
- Inclinación y pendiente
- Resistencia aerodinámica
- Resistencia a la rodadura

Este dinamómetro tiene las siguientes medidas y características físicas³⁹.

- Potencia máxima: 750 cv
- Velocidad máxima: 322 Km/h
- Longitud máxima: 213 cm (desde la parte frontal de la rueda hasta el centro de atrás)
- Diámetro del tambor: 45.72 cm
- Ancho del tambor 42 cm
- Peso del tambor: 227 kg
- Concentricidad del tambor: +/- 0.0025 mm
- Precisión temporal: +/- 1 microseg.

³⁸ (MERCHÁN RAMOS, carlos eduardo, 2004), determinación de la potencia y el torque en motores de combustión interna mediante la técnica de aceleración libre.

³⁹ (Dyonjet , 2008)

- Precisión velocidad: +/- 1/100th MPH

5.6. Preparación de mezclas, procedimientos y mezclas obtenidas

Inicialmente se determinan realizar mezclas de 500 ml. Para realizar las mezclas del etanol y la gasolina, se utilizan los laboratorios de la universidad, con los siguientes elementos balón aforado de 500 ml, probetas de 250 ml, embudo, y el extractor de olores y recipientes para transportar las mezclas.

En la ilustración 15, se visualizan los implementos utilizados para llevar a cabo las mezclas de bioetanol y gasolina.

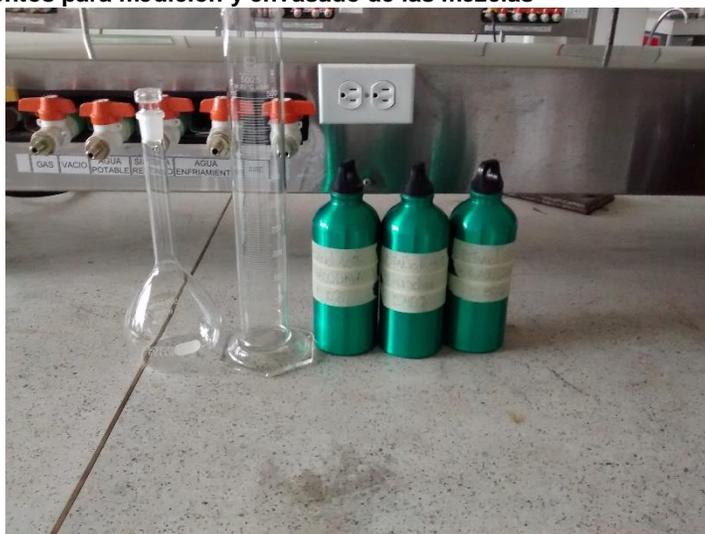
Ilustración 15 elementos utilizados para el desarrollo de las mezclas gasolina - etanol



Fuente: autores del proyecto

Como se observa en la ilustración 16, se ven los implementos de medición y transporte utilizados para el desarrollo de las mezclas y transporte de estas mismas.

Ilustración 16 Elementos para medición y envasado de las mezclas

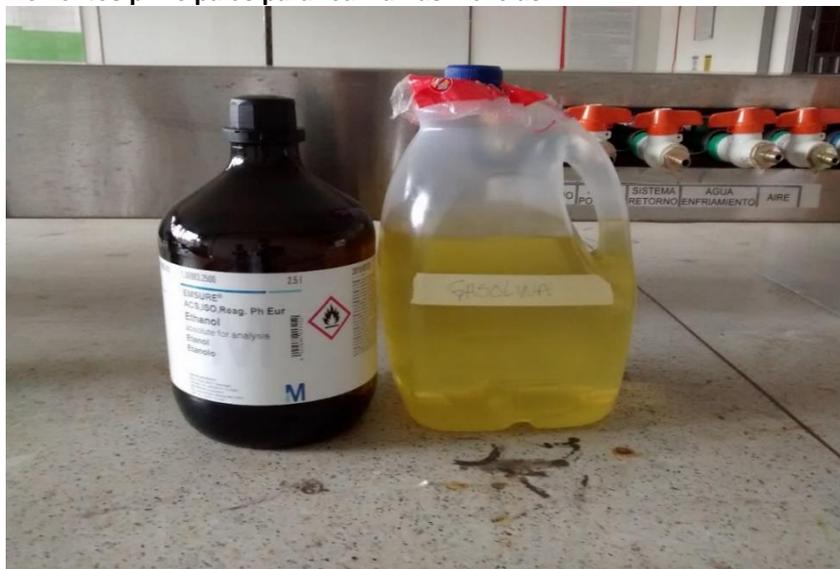


Fuente: Autores del proyecto

Para el desarrollo de las mezclas se seleccionó etanol con una pureza del 99.9% y gasolina convencional, la cual está caracterizada en la tabla 3, como materia prima para realizar las mezclas correspondientes al E40% y E80%, no se realiza la mezcla de E10%, debido a que la gasolina que circula en Colombia ya tiene por legislación el 10% de etanol.

En la ilustración 17, se visualiza los componentes principales que son el bioetanol y gasolina, para llevar acabo las mezclas y posteriormente el desarrollo del proyecto.

Ilustración 17 Elementos principales para realizar las mezclas

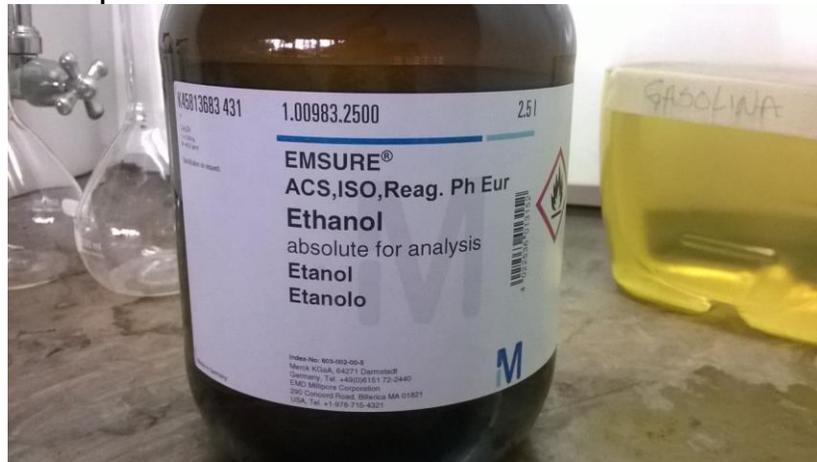


Fuente: autores del proyecto

Etanol con el 99.9% ver en anexo 1, se tiene la tabla de contenido la cual se certifica el nivel de pureza del etanol como el porcentaje de los demás componentes que este tiene.

En la ilustración 18, se observa el tipo de etanol utilizado para el desarrollo de las mezclas.

Ilustración 18 Etanol implementado



Fuente: autores del proyecto

Luego de haber adquirido la materia prima para realizar las mezclas, se procede a realizar estas mismas, determinado la cantidad en ml de etanol y gasolina que se debe usar para lograr los diferentes porcentajes de 40% y 80%, mediante los siguientes cálculos que se presentan a continuación.

Para realizar las mezclas se toman 500 ml que son el 100%, que es lo que tienen los balones aforados. Se toma como base que el 100% de los 500 ml es etanol, y anexo a esto se debe tener en cuenta que la gasolina ya tiene un 10% de etanol, con lo cual para obtener mezclas del 80% se necesitara adicionar un 70% de etanol, al igual para la muestra de etanol de 40%, solo se necesitara adicionar un 30% de etanol para obtener la mezcla de gasolina y etanol al 40%.

Se mide el etanol y la gasolina con la probeta, y luego se mezcla ambos en el balón aforado de 500 ml, este se trabajó con materiales diseñados para la medición volumétrica.

5.3.1. Mezclas de gasolina y etanol al 40%, E40%

Se toma como base la cantidad máxima del balón aforado lleno de etanol.

$$500 \text{ ml} = 100\% \text{ de etanol}$$

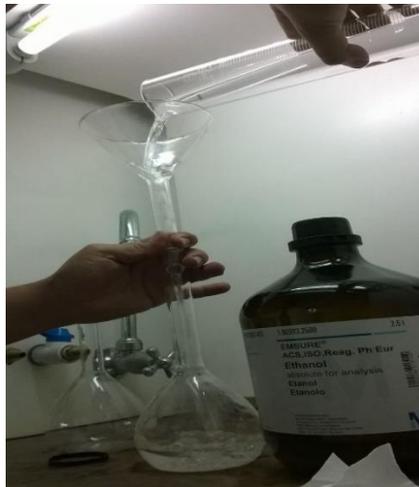
Como la gasolina convencional ya tiene 10% de etanol, solo se va a adicionar el 30% de etanol a la gasolina

$$E40\% = \frac{500 \text{ ml} * 30\%}{100\%}$$
$$E40\% = 150 \text{ ml de etanol}$$

Para tener una mezcla de etanol al 40%, se debe agregar 150 ml de etanol, y después agregar 350 ml de gasolina

En la ilustración 19, se ve el proceso de vertimiento del etanol en el balón aforado para llevar acabo las mezclas.

Ilustración 19 Vertimiento del etanol en el balón aforado de 500ml.



Fuente: autores del proyecto

5.3.2. Mezclas de gasolina y etanol al 80%, E80%:

Se toma como base la cantidad máxima del balón aforado lleno de etanol.

$$500 \text{ ml} = 100\% \text{ de etanol}$$

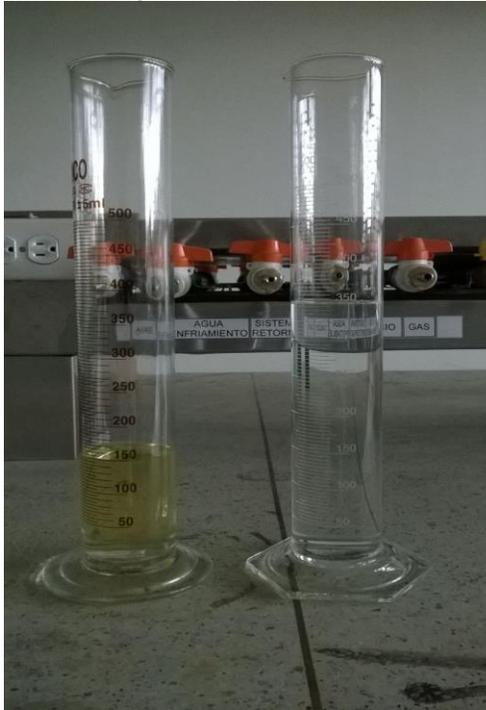
Como la gasolina convencional ya tiene 10% de etanol, solo se va a adicionar el 70% de etanol a la gasolina

$$E80\% = \frac{500 \text{ ml} * 70\%}{100\%}$$
$$E80\% = 350 \text{ ml de etanol}$$

Para tener una mezcla de etanol al 80%, se debe agregar 350 ml de etanol, y después agregar 150 ml de gasolina

En la ilustración 20, se ve como se realiza el proceso de medición de la cantidad de gasolina y etanol, para posteriormente ser mezclados en el balón aforado.

Ilustración 20 Proceso de medición de la gasolina y etanol



Fuente: Autores del proyecto

Luego de realizada la medición de las cantidades de etanol y gasolina que se necesitan respectivamente, para generar las mezclas de etanol-gasolina al 40% y 80% se procede en la cámara extractora de olores y vapores a realizar el vaciado de las probetas en los balones aforados para terminar con la mezcla.

En la ilustración 21, se visualiza el vertimiento del etanol en el balón aforado mediante un embudo.

Ilustración 21 Vertimiento del etanol y gasolina en los balones aforados para obtener las mezclas



Fuente: Autores del proyecto

Después de realizar los vertimientos del etanol y la gasolina en los balones aforados en la cámara extractora de vapores, se muestra una imagen donde se aprecia el color obtenido por las mezclas y los porcentajes de las mezclas en los respectivos balones.

En la ilustración 22, se observa las mezclas volumétricas realizadas del 40% y 80% de bioetanol respectivamente.

Ilustración 22 Mezclas volumétricas, E40% y E80%



Fuente. Autores del proyecto

Después de realizada la medición en los balones aforados, se procede al envasado de esta mezclas en termos de aluminio con sello hermético para impedir que la mezcla se evapore.

En la ilustración 23, se visualiza los envases utilizados para trasportar las mezclas de gasolina-etanol, al lugar donde se tomaran las pruebas.

Ilustración 23 Envases herméticos para el transporte de las mezclas etanol-gasolina



Fuente: Autores del proyecto

5.7. Descripción del desarrollo del experimento

Al haber terminado el proceso en el cual se llevó a cabo la obtención de las mezclas de etanol, se inician las pruebas en el dinamómetro marca Dynojet modelo 250i, donde se tomaran los datos de potencia y torque respectivamente, empleando las mezclas de etanol y gasolina al 10%, 40% y 80% para mirar que cambios ocurre en su funcionamiento.

Teniendo en cuenta la descripción del equipo el cual trabaja con un freno hidráulico oponiendo resistencia al movimiento del tambor, generado por la motocicleta este censa el torque y las rpm mediante el método de la aceleración libre, el cual consiste en llevar el motor a sus máximas rpm simulando un ambiente de trabajo.

Para llevar a cabo la toma de datos en este dinamómetro es necesario que el rodillo u tambor lleve como mínimo unas rpm, que en este caso son 2000 rpm y tener la motocicleta operando en 4 marcha o cambio. Para llevar esto acabo se hace necesario acoplar la motocicleta al dinamómetro y verificando que la rueda trasera entre en contacto con el rodillo u tambor, cuando se haya realizado esta verificación se enciende la motocicleta, y se acelera poniendo los cambios de manera secuencial hasta llegar a la 4 marcha, una vez llegada a la 4 marcha la motocicleta va a tener unas rpm superiores a las 2000 rpm, por lo que se hace necesario dejar caer las rpm de esta hasta que alcancen dicho valor, una vez

alcanzadas las 2000 rpm de nuevo y estando con el motor en 4 marcha, se procede a realizar la prueba y a tomar los datos correspondientes. En estas pruebas se van a tener en cuenta los datos tomados en un rango de 3000 rpm a 10500 rpm respectivamente.

Como se muestra en la ilustración 24, se observa el software de interacción del Dynojet.

Ilustración 24 Pantalla de interacción entre el Dynojet y los autores del proyecto



Fuente: autores del proyecto.

Se instala la moto de tal manera que la rueda trasera que es la que trasmite la potencia y torque quede sobre el rodillo, se realiza un ajuste en la rueda delantera para que la motocicleta no salga impulsada y se amarra de los costados para darle estabilidad, y se instala una pinza sobre el cableado, esta pinza mide la intensidad de la corriente que circula y nos arroja en la pantalla las rpm y velocidad de la moto en el momento que se está tomando la prueba.

Como se muestra en la ilustración 25, se observa el montaje de la motocicleta en el Dynojet, dejando la rueda de tracción en el tambor donde se censa los datos, y sin el tanque principal y el sillín.

Ilustración 25 Montaje de la moto y ajuste



Fuente: Autores del proyecto

Como se muestra en la ilustración 26, se ve la pinza electromagnética la cual mide la corriente de la motocicleta.

Ilustración 26 Pinza electro magnética



Fuente: Autores del proyecto

Para llevar a cabo las pruebas se retiró el sillín, y el tanque de combustible de la moto y se sustituyó por un tanque externo más pequeño y fácil de manejar el cual se le conoce como “tetero”, este se conecta directamente al carburador y realiza la simulación de tanque principal, este tetero nos da la facilidad de realizar los cambios de mezclas y limpieza para no alterar una mezcla con la otra.

Como se muestra en la ilustración 27, se ve el tanque externo acoplado a la motocicleta.

Ilustración 27 Motocicleta con tanque externo



Fuente: autores del proyecto

Como se muestra en la ilustración 28, se observan la mangueras de acople del tanque externo al carburador de la motocicleta.

Ilustración 28 Adaptación del tanque externo al carburador



Fuente: Autores del proyecto

Después de haber terminado las pruebas con mezcla de etanol y gasolina al 10% E10%, se realiza una limpieza del taque externo y se procede al drenaje de la gasolina existente en el carburador y se activa la refrigeración sobre el motor, con el fin de dejar la motocicleta lista para la siguiente prueba, esto se hace sucesivamente con las demás pruebas hasta terminar con la prueba del E80%.

Como se ve en la ilustración 29, se realiza un drenado del carburador, para sacar de este los residuos de las mezclas anteriores.

Ilustración 29 Limpieza del carburador



Fuente: Autores del proyecto

Como se observa en la ilustración 30, se observa el tipo de refrigeración forzada dentro de la cabina del Dynojet.

Ilustración 30 Sistema de refrigeración



Fuente: Autores del proyecto

Al realizar cada prueba el dinamómetro almacena los datos obtenidos en el disco duro del computador, y se importan mediante imágenes para darlos a conocer al público en general.

5.7.1. Datos calculados y obtenidos del dinamómetro.

En esta parte del proyecto se conocen los datos de potencia “Hp” y torque “Lb-Ft” arrojados por el dinamómetro, como resultado de las pruebas de la motocicleta y las mezclas de etanol y gasolina.

- Cálculo de potencia teórica.

A continuación se muestra el cálculo de potencia y torque teórico de acuerdo a las ecuaciones que rigen el dinamómetro Dynojet 250i⁴⁰.

- Fórmulas matemáticas generales de potencia y torque.
 - Momento inercial de masa (Jm)

$$Jm = \frac{W * r^2}{32.16/2}$$

- W = peso en Lb del rodillo
- r = radio del rodillo del dinamómetro

- Ecuación de torque.

$$Torque = \frac{Jm * rpm}{9551}$$

- Ecuación de potencia.

$$Potencia = \frac{torque * rpm}{5252}$$

- Cálculos de potencia y torque teórica según las ecuaciones que rigen al Dynojet 250i.

Para llevar a cabo estos cálculos se deben conocer datos como el diámetro del rodillo el cual tiene 1.5 ft y el peso de este mismo el cual es de 500 lb, conociendo estos dos valores se calculan el momento inercial de masa (Jm) dando el siguiente resultado.

$$Jm = \frac{500 \text{ lb} * 0.75 \text{ ft}^2}{32.16/2}$$

⁴⁰ Ecuaciones tomadas de [How dynamometers (dynos) work-dyno-mite] de la página [http://www.dynomitedynamometer.com/][citado el 08 de noviembre del 2015]

$$Jm = 17.49 \text{ lb} * \text{ft}^2$$

Conociendo el momento inercial de masa procedemos a calcular el valor del torque teórico.

$$\text{Torque} = \frac{17.49 * 8000 \text{ rpm}}{9551}$$

$$\text{Torque} = 3.66 \text{ lb} - \text{ft}$$

Conociendo el momento inercial de masa procedemos a calcular el valor de potencia teórico.

$$\text{Potencia} = \frac{3.66 * 8000}{5252}$$

$$\text{Potencia} = 5.57 \text{ hp}$$

- Tabla de potencia versus rpm.

A continuación se presenta la tabla 7, con los valores obtenidos en las pruebas de potencia que se realizaron a la motocicleta.

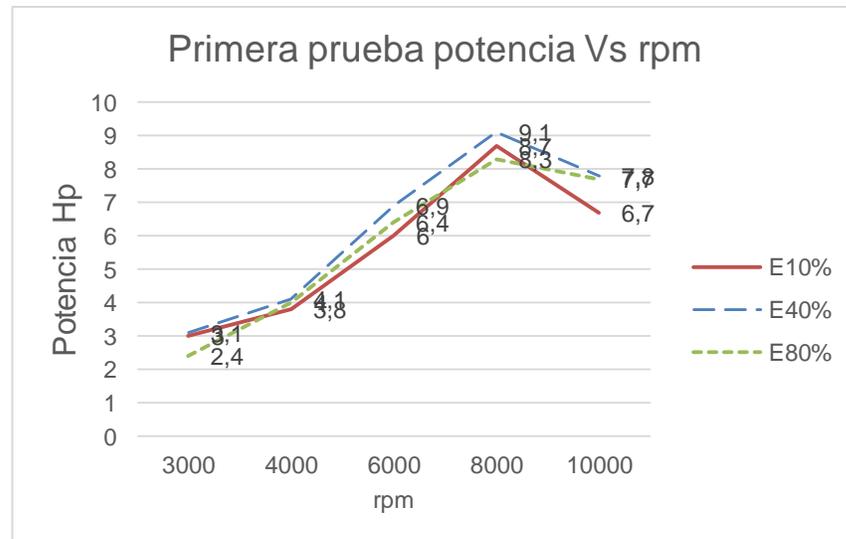
Tabla 7 Datos obtenidos de las pruebas realizadas potencia vs rpm

Mezclas	RPM	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
		Hp	Hp	Hp
E10	3000	3	3.1	3
	4000	3.8	4	4.1
	6000	6	6.5	6.6
	8000	8.7	9	9
	10000	6.7	7	6.8
E40	3000	3.1	3	3
	4000	4.1	4	4
	6000	6.9	6.5	6.9
	8000	9.1	9	9.1
	10000	7.8	7.8	7.2
E80	3000	2.4	2.8	3.1
	4000	4	3.4	3.9
	6000	6.4	6	6.8
	8000	8.3	7.8	9.2
	10000	7.7	7.1	7.8

Fuente: Autores del proyecto

Como se puede observar en la tabla las mezclas que mejor se comportó durante el desarrollo de las pruebas fue la de E40%, esta mezcla presento un mejor comportamiento frente a las mezclas de E80% y E10%.

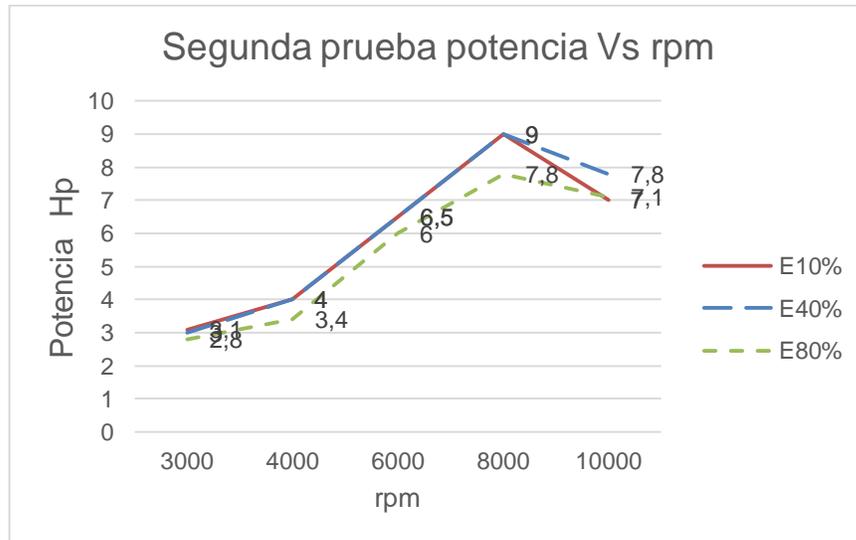
A continuación se presenta la primera grafica donde se representan los datos de potencia en Hp, tomados en la primera prueba con las mezclas de bioetanol y combustible seleccionadas por los autores del proyecto y reflejan el comportamiento de la motocicleta.



Fuente: Autores del proyecto

Como se ve en la gráfica, la mezcla que mejor se comporto es las de E40 seguida de E10, y por último la de E80, tomando como punto de referencia la cresta de la curva que es donde el motor marca la máxima potencia que puede desarrollar, esto puede darse porque bioetanol actúa como oxigenante de la gasolina mostrando que E40 tiene un buen desempeño frente a las otras 2 mezclas teniendo en cuenta que no se realizó ninguna modificación al motor, sin embargo podemos ver que al finalizar la prueba E80 presenta un mejoría frente a E10.

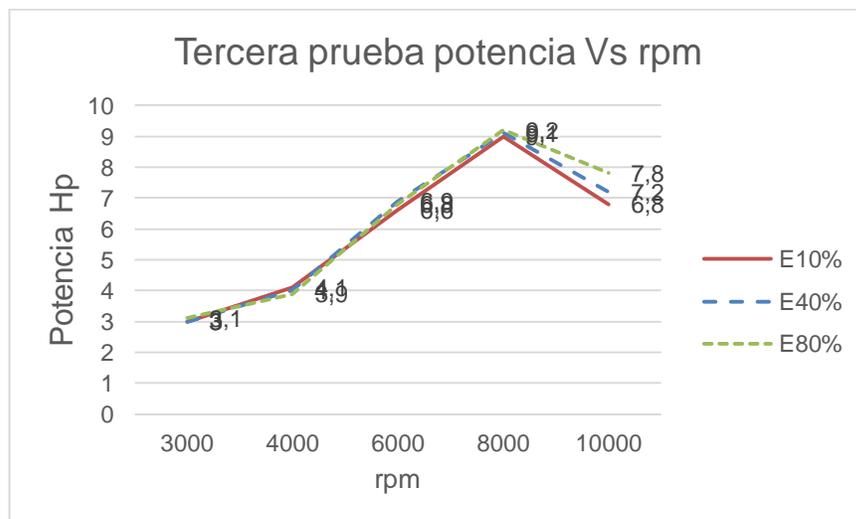
A continuación se presenta la segunda grafica donde se representan representa los datos de potencia en Hp, tomados en la segunda prueba y reflejan el comportamiento de la motocicleta durante el desarrollo de esta, con las diferentes mezclas de bioetanol y gasolina.



Fuente: Autores del proyecto

En esta grafica se puede observar que el comportamiento entre E10 y E40 es muy similar, sin embargo genero un cambio al finalizar las pruebas en las 10000 rpm, y con una potencia muy desfavorable para la mezcla utilizada con E80, esto se puede presentar debido a que la eficiencia del motor decayó con E80. Debido a que se pudo incrementar la temperatura en la cámara de combustión y a problemas con el suministro de mezcla aire/combustible.

A continuación se presenta la tercera grafica donde se representan los datos de potencia en Hp obtenidos de la motocicleta, en la tercera prueba realizada por los autores del proyecto, con las diferentes mezclas de etanol y gasolina seleccionadas.



Fuente: Autores del proyecto

Como se puede visualizar en esta grafica las tres mezclas tienen un comportamiento muy parecido sin tener mayores variaciones, se ve una notable mejoría de la mezcla de E80 debido a que se realizó un ajuste en la cantidad de aire y combustible que llegaba a la cámara de combustión, incrementando la relación aire combustible, y se puede visualizar que la prueba termina con una de diferencia entre E80, E40 y E10 siendo E80 la mejor en esta gráfica.

Como una conclusión general se evidencia en la gráficas anteriormente presentadas, el porcentaje de bioetanol en la mezclas va a permitir que el motor funcione sin tener variaciones notorias en la potencia, acelerando la motocicleta en un metro durante un segundo.

En las rpm finales se determina que las mezclas de E40 y E80 terminan con una potencia superior que E10.

- **Error relativo**

A continuación se muestra el error relativo presentado entre los datos teóricos y los datos arrojados por el dinamómetro a 8000 rpm con la primera prueba realizada.

$$\Sigma = \frac{Vr - Vt}{Vr}$$

- Σ = error relativo
- Vr = Valor real tomado por el dinamómetro
- Vt = valor teórico calculado con las ecuaciones del dinamómetro

$$\varepsilon = \left(\frac{8.7 - 5.57}{8.7} \right) * 100$$

$$\varepsilon = 35.97$$

Cabe tener en cuenta que los datos calculados teóricamente, no contemplan el cilindraje del motor como tampoco la caja de cambios y la fuerza que genera al momento de acelerar el motor, por eso el error relativo es alto.

- Tabla de torque o par motor vs rpm

A continuación se presenta la tabla 8, con los valores obtenidos en las pruebas de torque en Lb-Ft que se realizaron a la motocicleta.

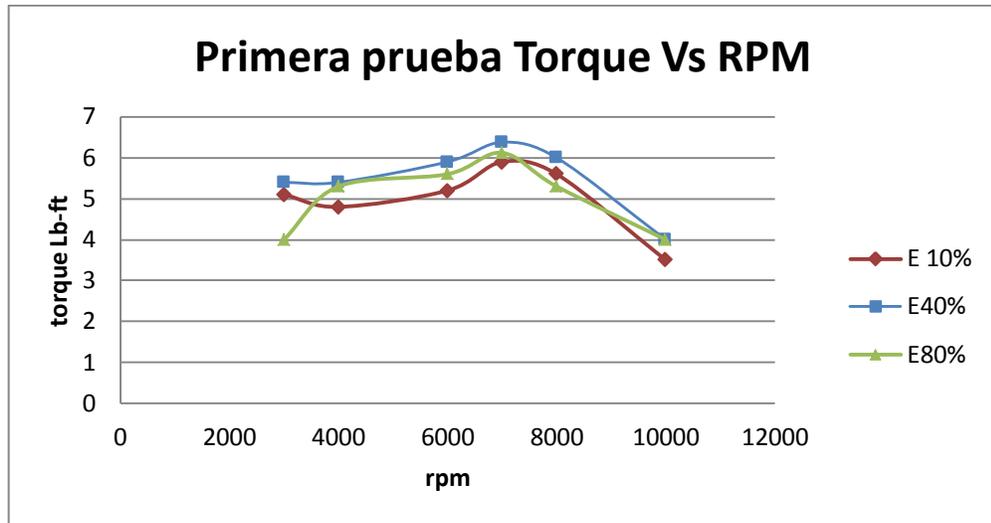
Tabla 8 Datos obtenidos de las pruebas realizadas torque vs rpm

Mezclas	RPM	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
		Lb-ft	Lb-ft	Lb-ft
E10	3000	5.1	5.4	5.2
	4000	4.8	5.1	5.2
	6000	5.2	5.5	5.6
	8000	5.6	5.9	5.9
	10000	3.5	3.5	3.4
E40	3000	5.4	5.4	5.2
	4000	5.4	5.4	5.3
	6000	5.9	5.8	5.9
	8000	6	6	6
	10000	4	4.1	3.8
E80	3000	4	4.3	5.4
	4000	5.3	4.4	4.9
	6000	5.6	5.2	5.8
	8000	5.3	5.7	5.5
	10000	4	3.7	4

Fuente: Autores del proyecto

Como se puede observar en la tabla la mezcla que mejor se comportó durante el desarrollo de las pruebas fue la de E40%, esta mezcla presento un mejor comportamiento frente a las mezclas de E80% y E10%.

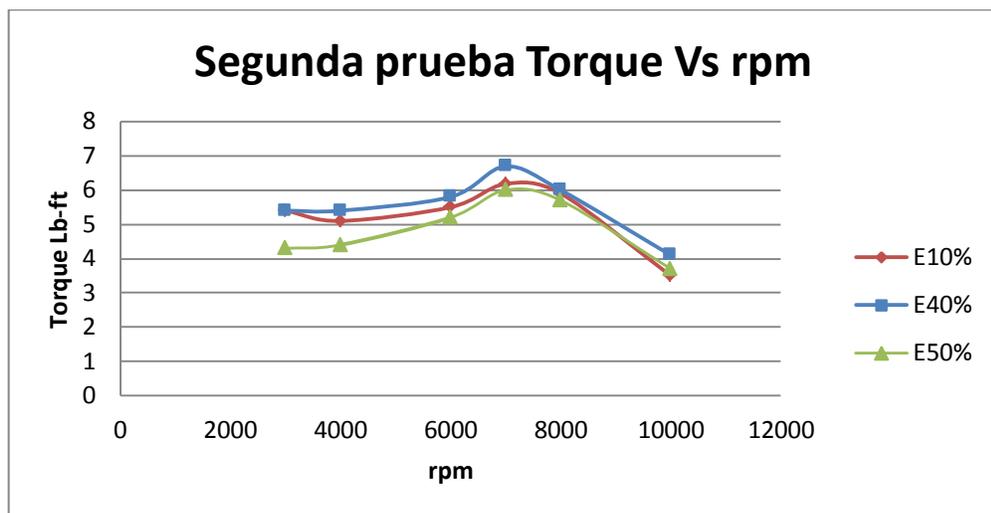
A continuación se presenta la primera grafica donde se muestran los datos de torque en Lb-Ft, tomados en la primera prueba con las mezclas de etanol y gasolina, seleccionadas por los autores del proyecto y reflejan el comportamiento de la motocicleta.



Fuente: Autores del proyecto

Como se ve en la gráfica, la mezcla que mejor se comporto es la de E40 seguida de E80, y por último la de E10, tomando como punto de referencia la cresta de la curva que es donde el motor marca la máxima potencia que puede desarrollar, esto puede darse porque bioetanol actúa como oxigenante de la gasolina mostrando que E40 tiene un buen torque frente a las otras 2 mezclas teniendo en cuenta que no se realizó ninguna modificación al motor, sin embargo podemos ver que al finalizar la prueba E80 presenta un mejoría frente a E10, sin embargo se puede ver que la mezcla de E80 alcanza su torque máximo entre las 6000 y 8000 rpm luego comienza a descender.

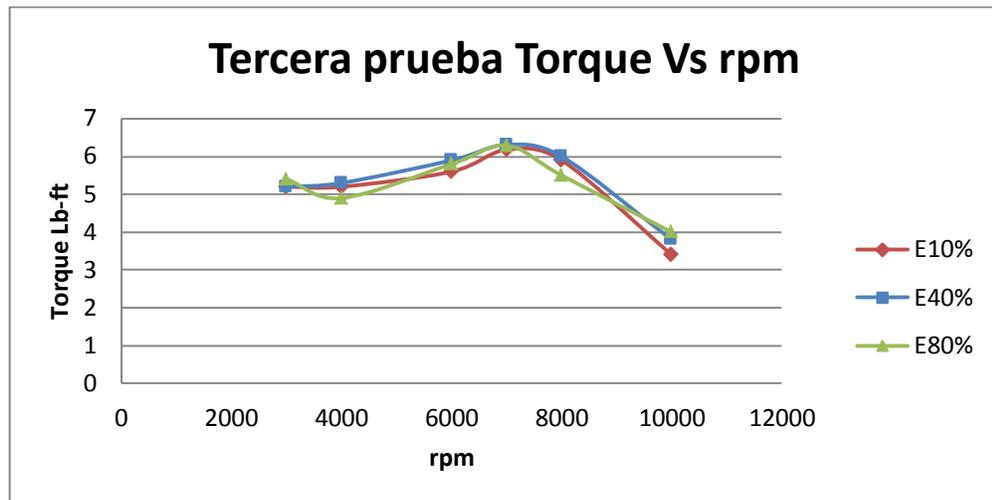
En la segunda grafica se representa los datos de torque en Lb-Ft, tomados en la segunda prueba y reflejan el comportamiento de la motocicleta durante el desarrollo de las pruebas, con las diferentes mezclas de bioetanol y gasolina.



Fuente: Autores del proyecto

En esta grafica se puede observar que el comportamiento entre E10 y E40 es muy similar, con un torque muy desfavorable para la mezcla utilizada con E80, esto se puede presentar debido a que la eficiencia del motor decayó con E80. Debido a que se pudo incrementar la temperatura en la cámara de combustión y a problemas con el suministro de mezcla aire/combustible.

En la tercera grafica se representa los datos de torque en Lb-Ft, obtenidos de la motocicleta, en la tercera prueba realizada, con las diferentes mezclas de etanol y gasolina seleccionadas.



Fuente: Autores del proyecto

Como se puede visualizar en esta grafica las tres mezclas tienen un comportamiento muy parecido sin tener mayores variaciones, se ve una notable mejoría de la mezcla de E80 debido a que se realizó un ajuste en la cantidad de aire y combustible que llegaba a la cámara de combustión, incrementando esta relación aire combustible, y se puede visualizar que la prueba termina con una diferencia entre E80, E40 y E10 siendo E80 la mejor en esta gráfica.

Como un análisis general se evidencia en las gráficas anterior mente presentadas, el porcentaje de bioetanol en la mezclas va a permitir que el motor funcione sin tener variaciones notorias del torque.

En las rpm finales se determina que las mezclas de E40 y E80 terminan con un torque superior que E10.

- Error relativo

A continuación se muestra el error relativo presentado entre los datos teóricos y los datos arrojados por el dinamómetro a 8000 rpm con la primera prueba realizada en torque.

$$\Sigma = \frac{Vr - Vt}{Vr}$$

- Σ = error relativo
- Vr = Valor real tomado por el dinamómetro
- Vt = valor teórico calculado con las ecuaciones del dinamómetro

$$\varepsilon = \left(\frac{5.6 - 3.66}{5.6} \right) * 100$$

$$\varepsilon = 34.64$$

Cabe tener en cuenta que los datos calculados teóricamente, no contemplan el cilindraje del motor como tampoco la caja de cambios y la fuerza que genera al momento de acelerar el motor, por eso el error relativo es alto.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Al observar las pruebas desarrolladas en el banco de pruebas, se observa que la mezcla que mejor funcionó y la cual dio mejores resultados fue la del E40%, esto es debido a que el etanol actúa como oxigenante en la gasolina mejorando su octanaje, y viendo sus resultados en potencia y torque del motor de 125 cc, teniendo en cuenta que no se realizó ninguna modificación o ajuste en el motor.
- Durante el desarrollo de la prueba con la mezcla de E80%, se hizo ajustes en el paso de combustible, porque presentaba problemas en ralentí, es decir cuando la moto se encendía no se mantenía en las rpm mínimas de operación, en vez de esto se apagaba, esto es debido a que la moto no se encontraba calibrada o ajustada para el uso de la mezcla de E80%, presentando un mal funcionamiento, teniendo en cuenta que debería mejorar debido a que se tiene una mayor concentración de etanol en la gasolina.

Al observar en la tercera grafica tanto de potencia como de torque se evidencia mejores resultados, comparados con los de la gráfica 2 y 1, esto se dio por los ajustes que se realizaron en el motor, incrementando la cantidad de mezcla que entraba al carburador.

- Las mezclas empleadas en el desarrollo de este proyecto, arrojan resultados positivos mirando la parte de potencia y torque del motor, ya que a medida que se incremente el etanol este no se aleja mucho del valor E10, como se puede apreciar en las gráficas.

Las mezclas de E40% y E80%, muestran resultados positivos referente a la mezcla de E10%, esto es debido a que el etanol utilizado incrementa el octanaje de la gasolina generando un buen comportamiento.

- Cuando se desarrolló la prueba en la cual se utilizaba E80% la motocicleta trabaja con menos cantidad de aire debido a que se hizo un ajuste en la cantidad de combustible y aire que entra a la cámara de combustión incrementando la cantidad de combustible, con lo cual se incrementa el consumo de etanol en la detonación, esto se da porque se necesita más cantidad de la mezcla para llevar a cabo el ciclo y suprimir un poco la cantidad de aire presente, previniendo que se realice la explosión anticipada y genere una mayor compresión del líquido, y en el momento de la ignición los gases en expansión generen una mayor presión cuando este se quema.

- En la prueba de torque y potencia con E80 se modificó el conjunto campana-aguja, el cual forma parte del sistema de aceleración que controla al carburador permitiéndole que pase aire más rápido, y a su vez tome más combustible, se realizó este ajuste debido a que se presentaron problemas de operación en el motor cuando se incrementaban las rpm en la prueba y cuando esta se encendía, por lo tanto al realizar esta modificación la mezcla resulta rica y se normaliza la operación con E80.
- El torque máximo registrado se encuentra registrado entre las 7000 y 7500 rpm, según el dinamómetro.
- La potencia máxima registrada por el dinamómetro se encuentra ubicada entre las 8000 y 8500 rpm.

7. CONCLUSIONES.

- El etanol se está usando en la actualidad como aditivo de la gasolina a nivel global, teniendo en cuenta que los estudios realizados se enfocan principalmente en el área automovilística dejando de lado el estudio del sector de las motocicletas. Por esta razón se realizó la caracterización del bioetanol al 10% en un motor de 4T y 125 cc de motocicleta, para tener un punto comparativo frente a las demás pruebas que se piensan elaborar en este proyecto.
- Se implementaron las mezclas de gasolina y etanol en el motor de 4T y 125 cc, se tomó como referencia el comportamiento que tuvo con la mezcla de E10%, mostrando un funcionamiento normal en el motor con la mezcla de E40%, y se realizó una modificación en la prueba con E80%, por problemas en el funcionamiento al momento de implementar este tipo de mezcla, en las pruebas de torque, potencia en el motor.
- Según los resultados la mejor mezcla para usar es la de E40%, esto es debido a que tiene un buen resultado de torque y potencia, sin tener que realizar mayores modificaciones al motor o al sistema de inyección de carburación, sin embargo no es malo sugerir una mezcla 50% bioetanol y 50% gasolina.
- Se sugiere para un buen funcionamiento del motor, realizar algunos cambios o mejoras en el sistema de inyección, cambiando el sistema de carburación por un sistema de inyección electrónica el cual mejorara la mezcla aire combustible que entra a la cámara de combustión, permitiendo que este se quemara de manera más completa y se aproveche mejor, al momento de la detonación.
- Se sugiere mejorar el sistema de refrigeración de convección, cambiándolo por un sistema de refrigeración con ventilador y radiador de agua o de aceite, con el fin de que la potencia y el torque del motor no decaiga por las temperaturas que se puedan generar, con las mezclas de E40 y E80.
- Al tomar los datos de potencia y torque obtenidos en las pruebas y al compararlos con los datos suministrados en los catálogos de los fabricantes de motos se puede notar una diferencia en estos valores, debido suministrados por los fabricantes, son tomados directamente del eje de salida cigüeñal y no de la rueda de tracción del vehículo, sin tener en cuenta las condiciones climáticas propias de cada país y las pérdidas de transmisión, como cadenas y caja de cambios.

8. REFERENCIAS.

- ASHER, markus. (2010). *América latina y el Caribe Mapeo Político-institucional y análisis de la competencia entre producción de alimentos y bioenergía*. San José, Costa Rica.
- BNDES y CGEE. (2008). Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible (Río de Janeiro). En *Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible (Río de Janeiro)* (pág. 43).
- CHALÁ PÉREZ, franklin santiago y ÑACATO SALAZAR, jaimé andrés. (2008). ESTUDIO COMPARATIVO EN EL USO DE BIOCOMBUSTIBLE Y GASOLINA EN MOTORES DE CICLO OTTO.
- CONTRERAS CASAS, c.h. (2010). *Evaluación del desempeño de un motor de combustión interna alimentado con etanol y mezclas de etanol-gasolina*. Campus Irapuato-Salamanca.
- Dyonjet . (2008). dynamometer and diagnostic test equipment.
- ENRIQUE LOPEZ, luz. (2009). *Biocombustibles en Colombia*. Bogotá.
- FERNÁNDEZ JESÚS, Hugo Lucas y BALLESTEROS, Mercedes. (s.f.). Energías renovables para todos Biocarburantes.
- FERNANDO GONZALES, Andrés.; et al. (2008). Biocombustibles de segunda generación y Biodiesel: Una mirada a la contribución de la Universidad de los Andes. Bogotá .
- FRIEDMANN, Alexandra y PENNER, Reinaldo. . (2009). Biocombustibles alternativa de negocios verdes.
- GARCIA ROMERO, helena y CALDERON ETTER, laura . (2012). Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia. Bogotá.
- GARZÓN GERRERO, Israel Sebastián. (2012). Biocombustibles: Conversión de sistema de alimentación de un motor de gasolina a Etanol. Quito.
- GONZÁLES BARRETO, diego Alejandro. (2012). Biocombustibles: Conversión de sistema de alimentación de un motor de. Bogotá, Colombia .
- GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. y DE LA VARA SALAZAR, Román. (2006). Análisis y diseño de experimentos .
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). preguntas y respuestas más frecuentes sobre Biocombustibles. Costa Rica.

- JESÚS ANTONIO, c. m. (2011). Estudio de la combustión de un motor monocilindrico de ignicion alimentado con mezclas gasolina-etanol anhidro e hidratado a distintas concentraciones.
- Maschinenbau Haldenwang. (1969). analizador de gases para motores a diéseñ, gasolina y gas .
- MecánicaMotor . (21 de diciembre de 2012). *Mecánica y motores* . Recuperado el 12 de agosto de 2014, de <http://www.mecanicaymotores.com/el-ciclo-otto.html>
- MERCHÁN RAMOS, carlos eduardo. (2004). determinación de la potencia y torque en motores de combustion interna mediante la tecnica de la aceleracion libre. Bucaramanga - Colombia.
- Ministerio de minas y energía Articulo 1 Decreto 4892 de 2011. (s.f.).
- SERRANO JUAN,antonio,et.al. (2008). *Estudio comparativo del uso de Biocombustibles y gasolina en motores de ciclo Otto*. Quito.
- TORRES, jaime, et al. (2002). ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS. Bogotá - Colombia.
- Yunus A. Cengel y Michael A. Boles. (2014). *TERMODINAMICA*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- (Ministerio de minas y energía Articulo 1 Decreto 4892 de 2011.)

ANEXOS.

Anexo 1 Ficha técnica del etanol



Certificate of Analysis

1.00983.2500 Ethanol absolute for analysis EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur
Batch K45611583

	Batch Values	
Purity (GC)	≥ 99.9	%
Identity (IR)	conforms	
Appearance	conforms	
Colour	≤ 10	Hazen
Solubility in water	conforms	
Acidity or alkalinity	≤ 30	ppm
Titration acid	≤ 0.0002	meq/g
Titration base	≤ 0.0002	meq/g
Density (d 20 °C/20 °C)	0.790 - 0.793	
UV absorption	conforms	
Aldehydes (as Acetaldehyd)	≤ 0.001	%
Fusel oils	conforms	
Substances reducing potassium permanganate (as O)	≤ 0.0002	%
Carbonyl compounds (as CO)	≤ 0.003	%
Readily carbonizable substances	conforms	
Acetone (GC)	≤ 0.001	%
Ethylmethylketone (GC)	≤ 0.02	%
Isoamyl alcohol (GC)	≤ 0.05	%
2-Propanol (GC)	≤ 0.003	%
Higher alcohols (GC)	≤ 0.01	%
Volatile impurities (GC) (Acetaldehyde and Acetal)	≤ 10	ppm
Volatile impurities (GC) (Benzene)	≤ 2	ppm
Volatile impurities (GC) (Methanol)	≤ 100	ppm
Volatile impurities (GC) (Total of other impurities)	≤ 300	ppm
Volatile impurities (GC) (disregard limit)	≤ 9	ppm
Chloride (Cl)	≤ 0.3	ppm
Nitrate (NO ₃)	≤ 0.3	ppm
Phosphate (PO ₄)	≤ 0.3	ppm
Sulphate (SO ₄)	≤ 0.3	ppm
Ag (Silver)	≤ 0.000002	%
Al (Aluminium)	≤ 0.00005	%
As (Arsenic)	≤ 0.000002	%
Au (Gold)	≤ 0.000002	%
Ba (Barium)	≤ 0.00001	%
Be (Beryllium)	≤ 0.000002	%
Bi (Bismuth)	≤ 0.000002	%
Ca (Calcium)	≤ 0.00005	%
Cd (Cadmium)	≤ 0.000005	%
Co (Cobalt)	≤ 0.000002	%

Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt (Germany): +49 6151 72-0
EMD Millipore Corporation - A division of Merck KGaA, Darmstadt, Germany
290 Concord Road, Billerica, MA 01821, USA, Phone: (978) 715-4321

Page 1 of 2

Certificate of Analysis

1.00983.2500 Ethanol absolute for analysis EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur
Batch K45611583

Cr (Chromium)	≤ 0.000002	%
Cu (Copper)	≤ 0.000002	%
Fe (Iron)	≤ 0.00001	%
Ga (Gallium)	≤ 0.000002	%
In (Indium)	≤ 0.000002	%
Li (Lithium)	≤ 0.000002	%
Mg (Magnesium)	≤ 0.00001	%
Mn (Manganese)	≤ 0.000002	%
Mo (Molybdenum)	≤ 0.000002	%
Ni (Nickel)	≤ 0.000002	%
Pb (Lead)	≤ 0.00001	%
Pt (Platinum)	≤ 0.000002	%
Sb (Antimony)	≤ 0.000002	%
Sn (Tin)	≤ 0.00001	%
Ti (Titanium)	≤ 0.000002	%
Tl (Thallium)	≤ 0.000002	%
V (Vanadium)	≤ 0.000002	%
Zn (Zinc)	≤ 0.00001	%
Zr (Zirconium)	≤ 0.000002	%
Evaporation residue	≤ 0.0005	%
Water	≤ 0,1	%

Date of release (DD.MM.YYYY) 19.05.2014
Minimum shelf life (DD.MM.YYYY) 31.05.2019

Dr. Michael Savelsberg
Responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature.

Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt (Germany): +49 6151 72-0
EMD Millipore Corporation - A division of Merck KGaA, Darmstadt, Germany
290 Concord Road, Billerica, MA 01821, USA, Phone: (978) 715-4321
SALSA 99000121107// V. 197503 Date: 19.05.2014

Page 2 of 2

Anexo 2 factura de compra del etanol



NIT. 800.053.310-8
 Carrera 57A No 5B-53
 PBX: 2612013 Fax: 4137848
 www.artilab.com.co
 E-mail: artilab@artilab.com.co
 Bogotá D.C. - Colombia



FACTURA DE VENTA No. **36116**

SEÑOR(ES): PEREZ CAICEDO ANDRES FELIPE
 NIT/C.C.: 1019030144
 DIRECCIÓN: CR 50 134 D 37
 TELÉFONO:
 CIUDAD: BOGOTA
 VENDEDOR: OFICINA DE VENTAS
 PEDIDO CLIENTE No 09-03-2015-3

FECHA FACTURA			FECHA VENCIMIENTO		
9	3	2015	9	3	2015
FORMA DE PAGO					
Contado					

CODIGO	DESCRIPCIÓN	IVA.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1009832500	ETANOL ABSOLUTO PARA ANALISIS EMSURE ACS,ISO,REAG. PH EUR EN PRESENTACIÓN 2,5 L	16 %	2	\$ 76.000,00	\$ 152.000,00

REMISION No.: 10.553

Somos Autorretenedores de Renta según Resolución DIAN 09437/Agosto 14 de 2007, NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES. Somos responsables de Industria y Comercio de Bogotá D.C., Actividad ICA CIIU 4690, Tarifa: 11.04x1000.
Condiciones de pago: Las partes acuerdan que el presente documento en su Original prestan mérito ejecutivo y para todos los efectos legales, el cliente reconoce como válida la firma de quien recibe la mercancía.
 Después de 10 días de recibida la mercancía, no aceptamos reclamos ni devoluciones.
 Esta factura de Venta se asimila para todos sus efectos legales a la letra de cambio. Art 774 del C. de Co. Su cancelación debe hacerse dentro del tiempo fijado y en caso de mora el cliente pagará intereses mensuales de acuerdo a las tasas oficiales.
 Para efectos de lo establecido en los Arts. 23 Núm. 5 del C.P.C y 28 Núm. 3 del C. G. del P, se acuerda que el lugar del cumplimiento de la obligación es la Ciudad de Bogotá D.C.

TOTAL CANTIDAD 2	SUBTOTAL	\$ 152.000
	IVA	\$ 24.320
	TOTAL ANTES RET RETE-FUENTE	\$ 176.320
	RETE.CREE	Autorretenedor
	RETE-IVA RETE-ICA	\$ \$
TOTAL		\$ 176.320

SON: CIENTO SETENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS VEINTE PESOS M.CTE.

Facturación por Computador
 Resolución DIAN No. 320001189193 con fecha del 2014/09/26
 Num. Autorizada del 33367 al 50000
 IVA Régimen Común
 Actividad Económica 4669
 ICA Tarifa 11.04 x 1000

FACTURADO POR:

 Nancy Esperán

NIT. O C.C. FIRMA Y SELLO

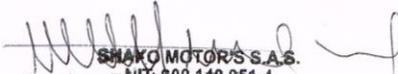
Anexo 3 Certificado de calibración del dinamómetro



Bogotá, Marzo 9 de 2015

CERTIFICACION

Por medio de la presente nos permitimos certificar que el dinamómetro DYNOJET 250i con el cual contamos en nuestras instalaciones se encuentra actualizado y calibrado. Adicionalmente certificamos que la información emitida por el dinamómetro tal como caballos de fuerza y libras pie torque son medidas a la rueda de las motocicletas y son ajustadas a la altura y condiciones de Bogotá.

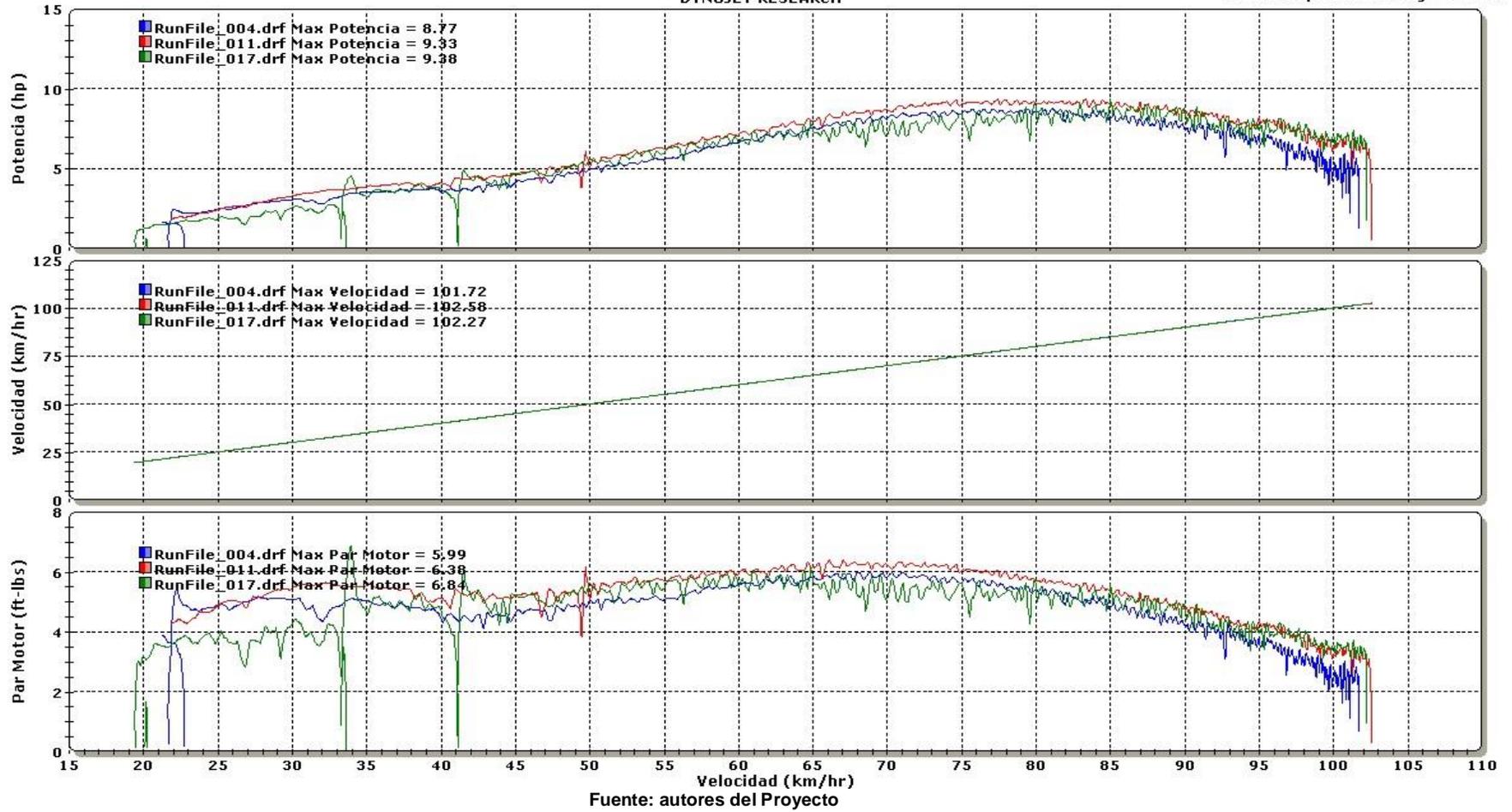

SHAKO MOTORS S.A.S.
Esteban Espinosa
Gerente General
NIT: 900.140.951-4
TEL: 2502632

Calle 75 No. 27-20 Tel. + (571) 250 2632 - 660 0351 Cel. 3203448586 Fax: + (571) 225 1656 www.shakomotors.com
Bogotá, D.C. Colombia

Anexo 4 comparación de primera prueba con E10%, E40% y E80%

DYNOJET RESEARCH

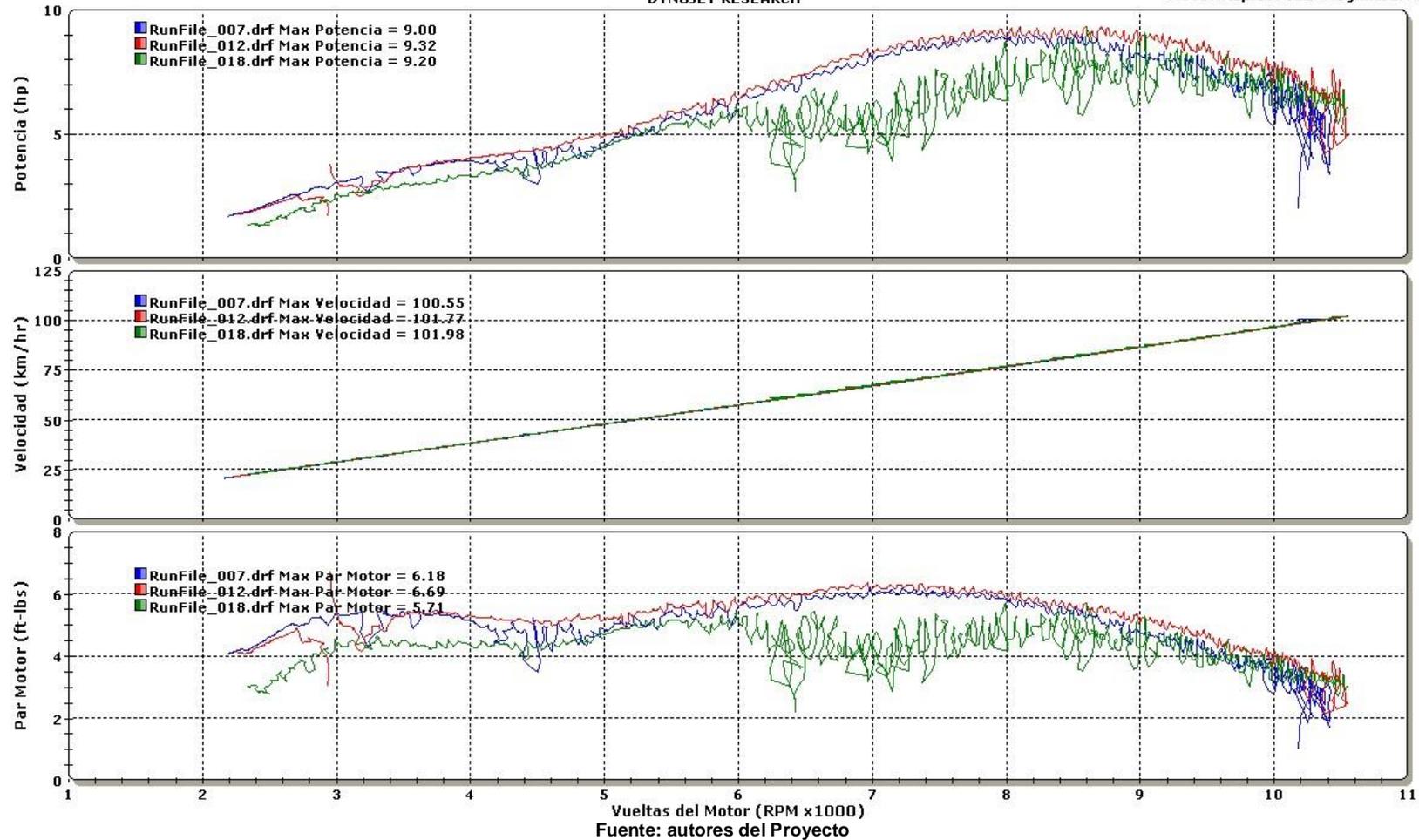
Mover Rapido: CEE Magnificar: 0



Anexo 5 comparación de segunda prueba con E10%, E40% y E80%

DYNOJET RESEARCH

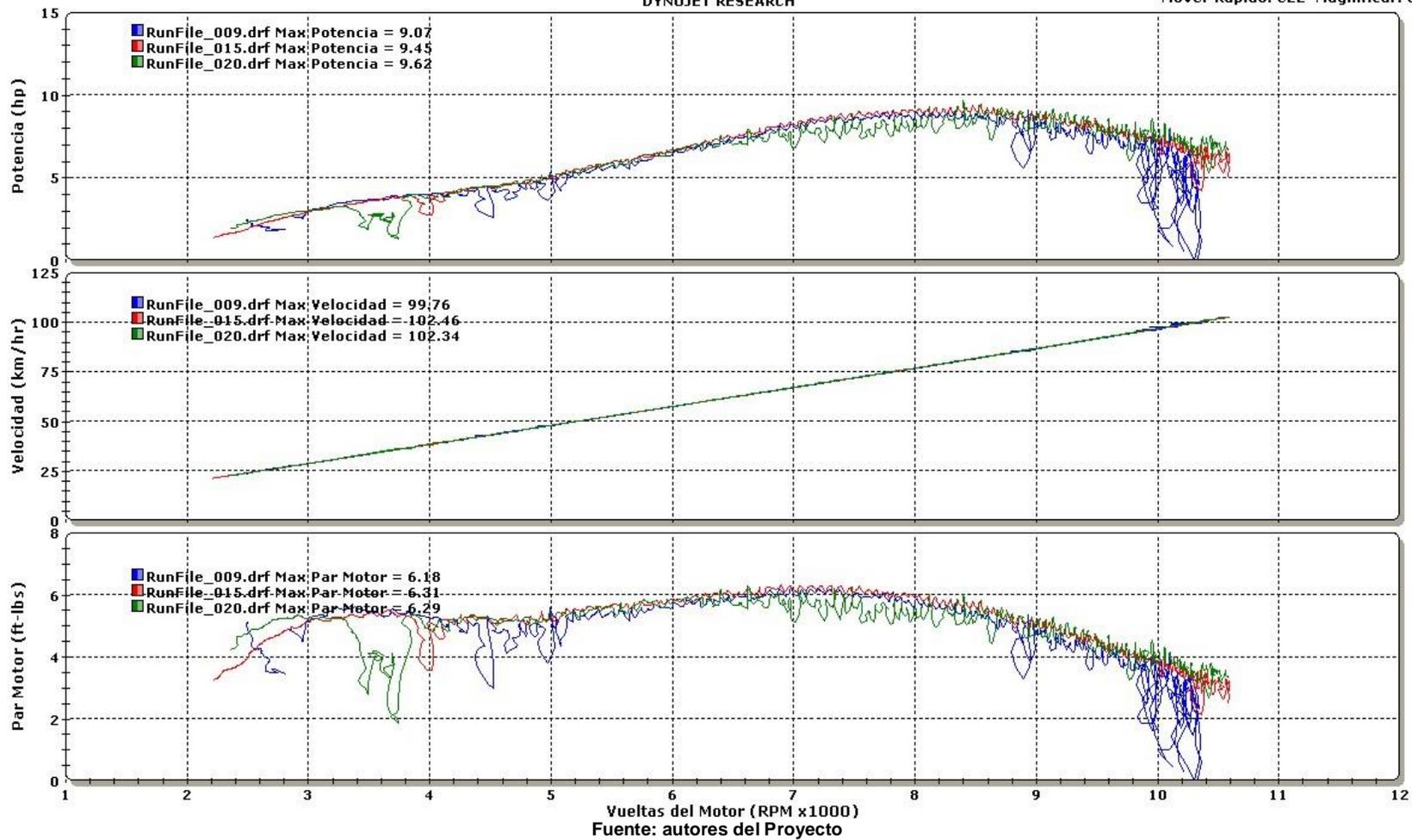
Mover Rapido: CEE Magnificar: 0



Anexo 6 comparación de tercera prueba con E10%, E40% y E80%

DYNOJET RESEARCH

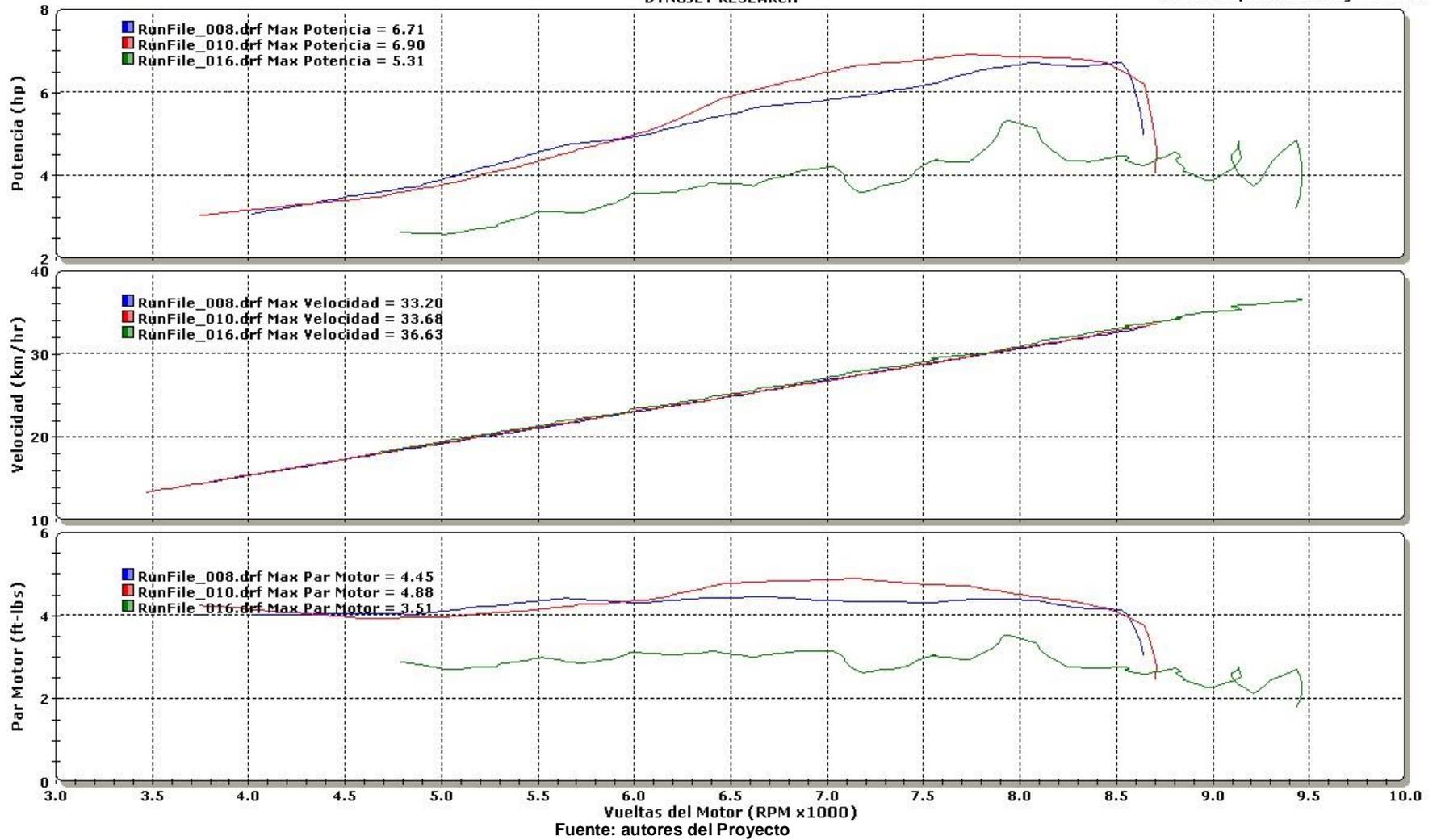
Mover Rapido: CEE Magnificar: 0



Anexo 7 Comparación de pruebas en situación normal E10%, E40% y E80%

DYNOJET RESEARCH

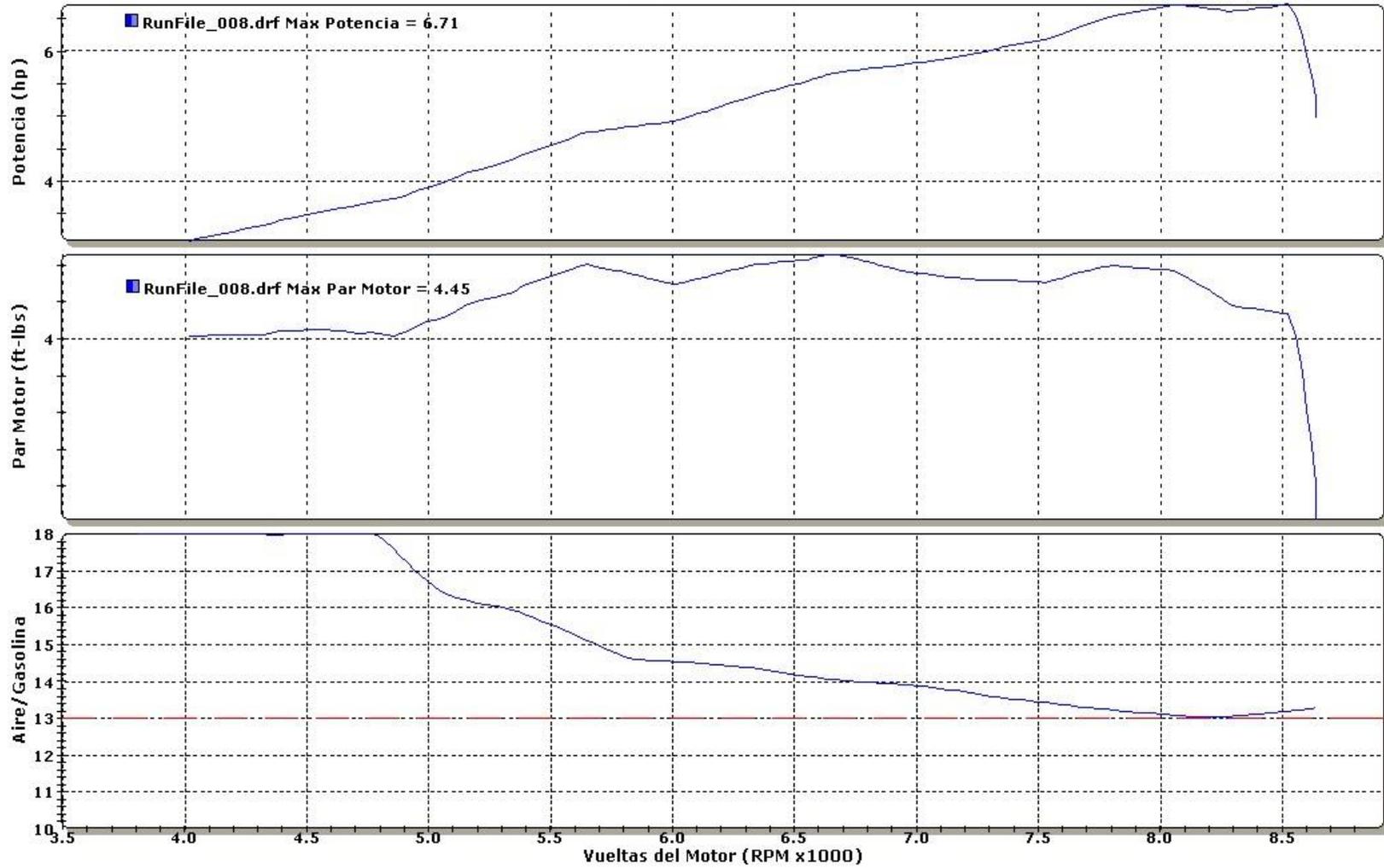
Mover Rapido: CEE Magnificar: 0



Anexo 8 prueba con todos los cambios con E10%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

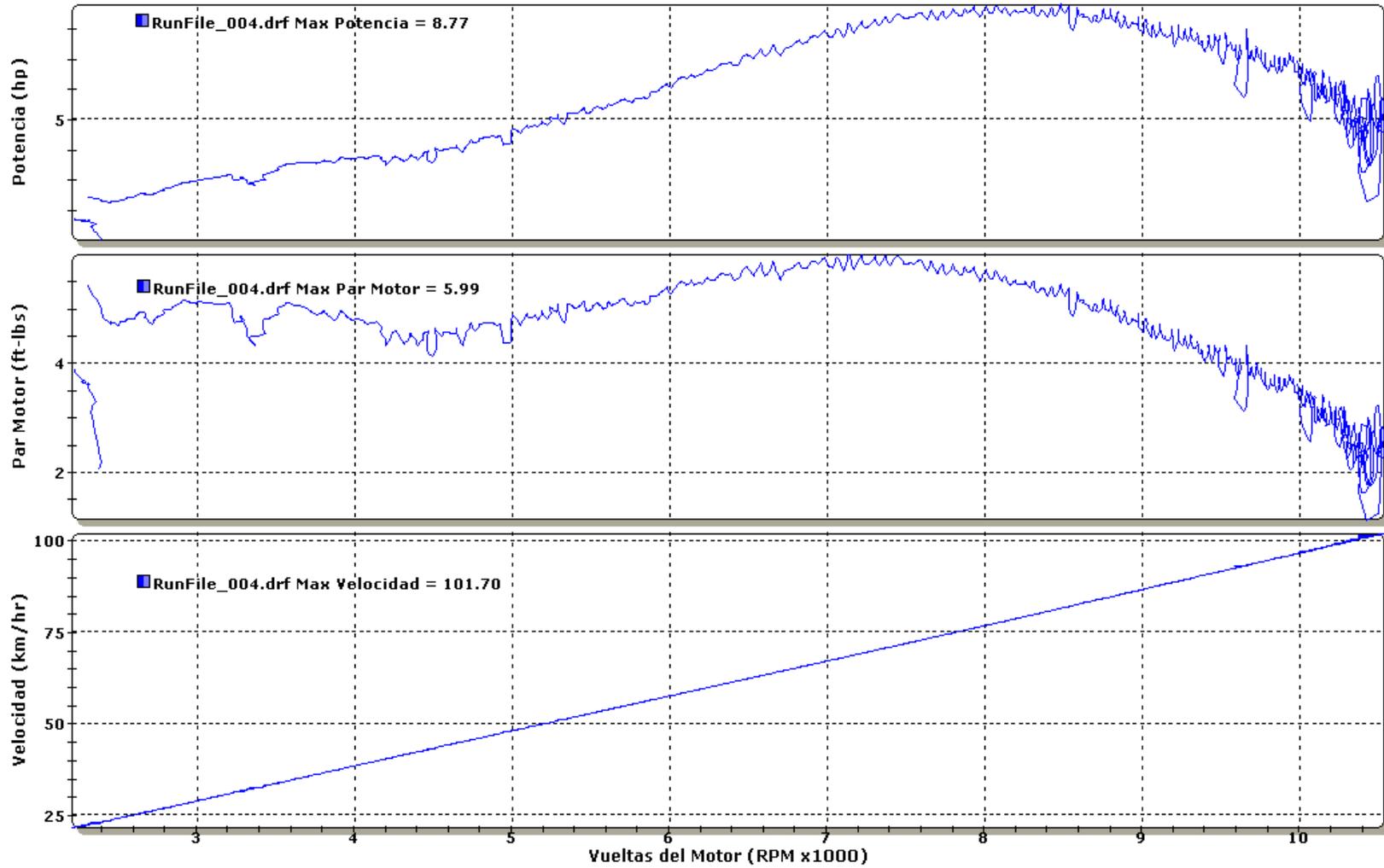


Fuente: autores del proyecto

Anexo 9 primera prueba con E10%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

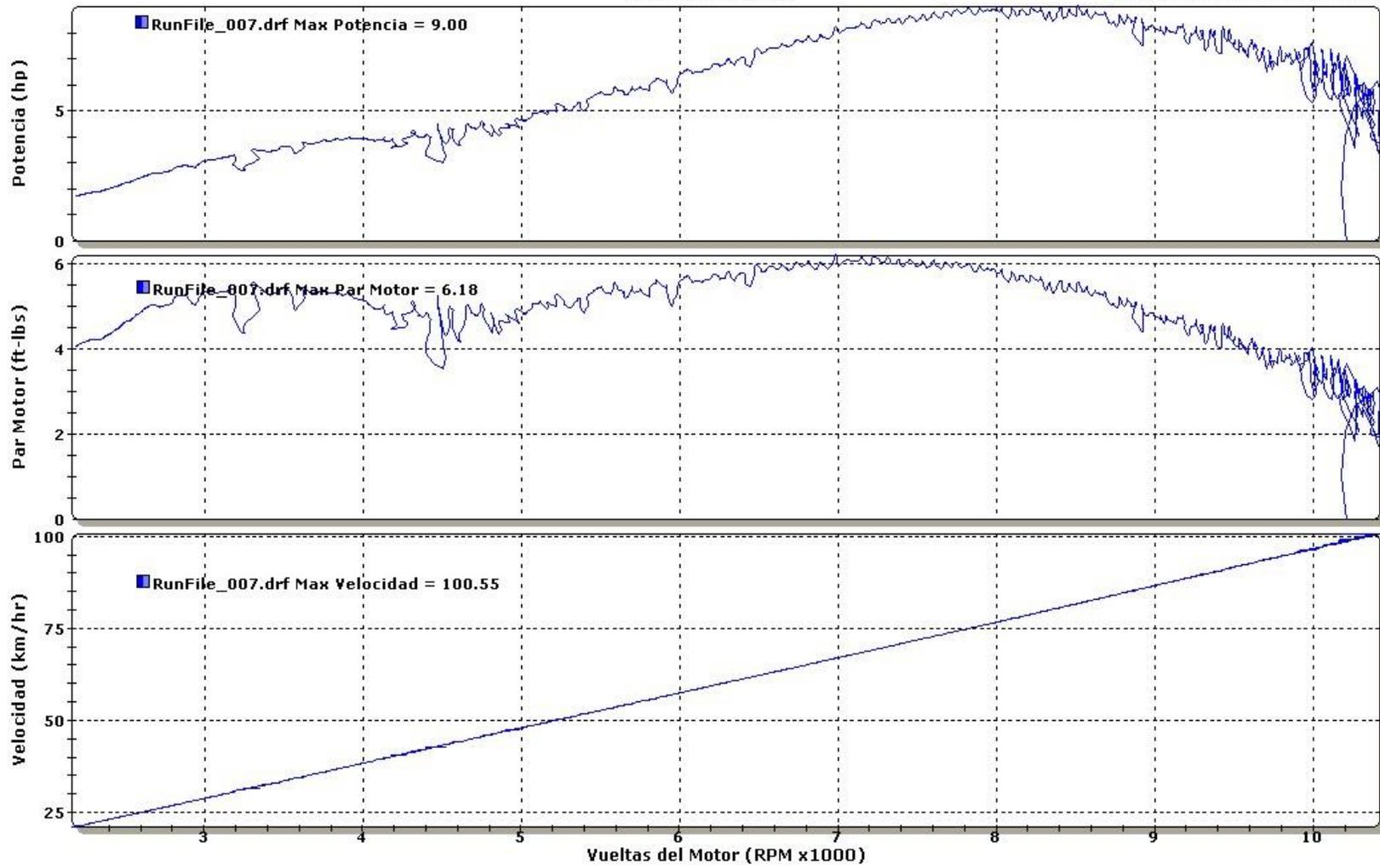


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 10 Segunda prueba con E10%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

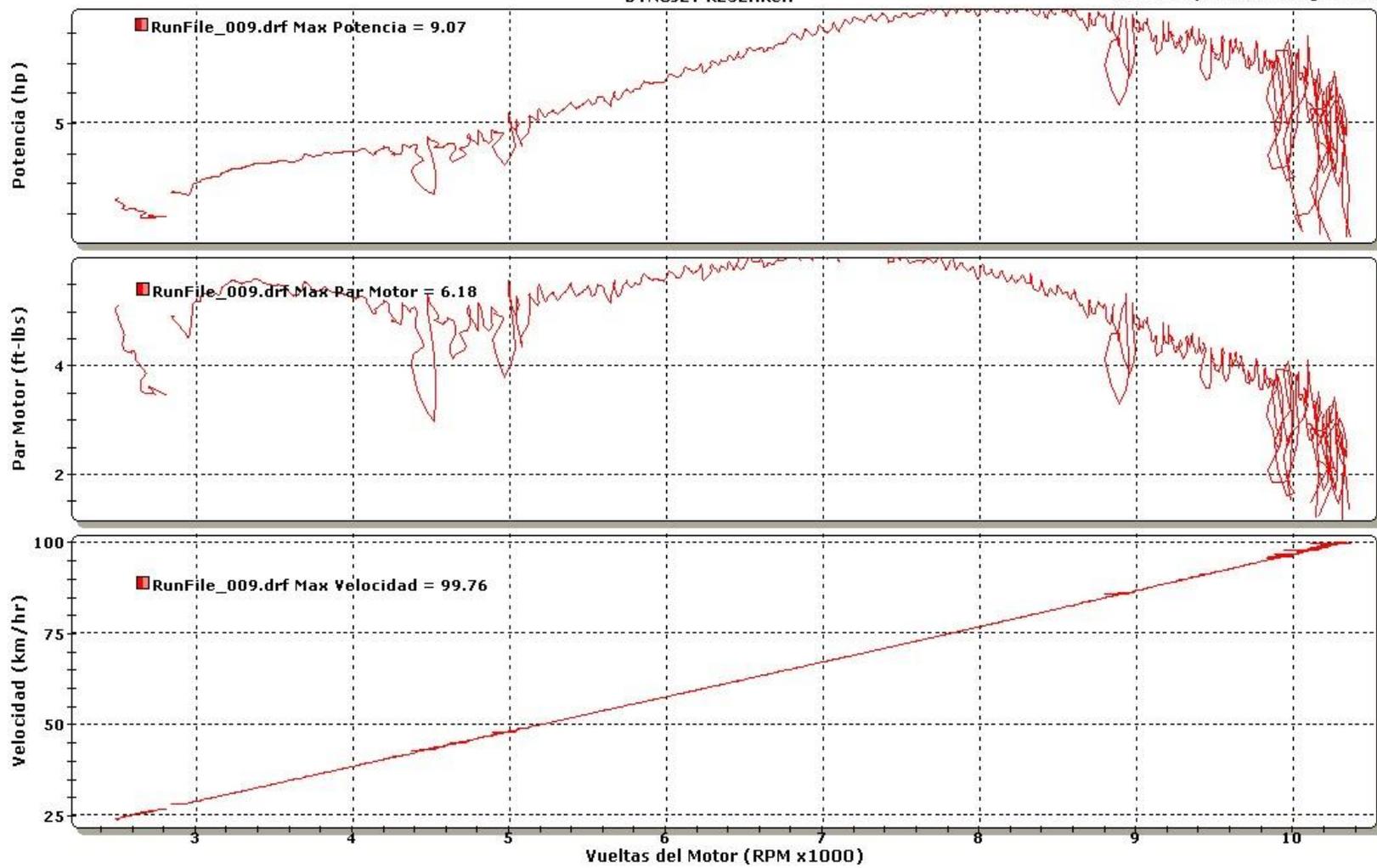


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 11 tercera prueba con E10%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

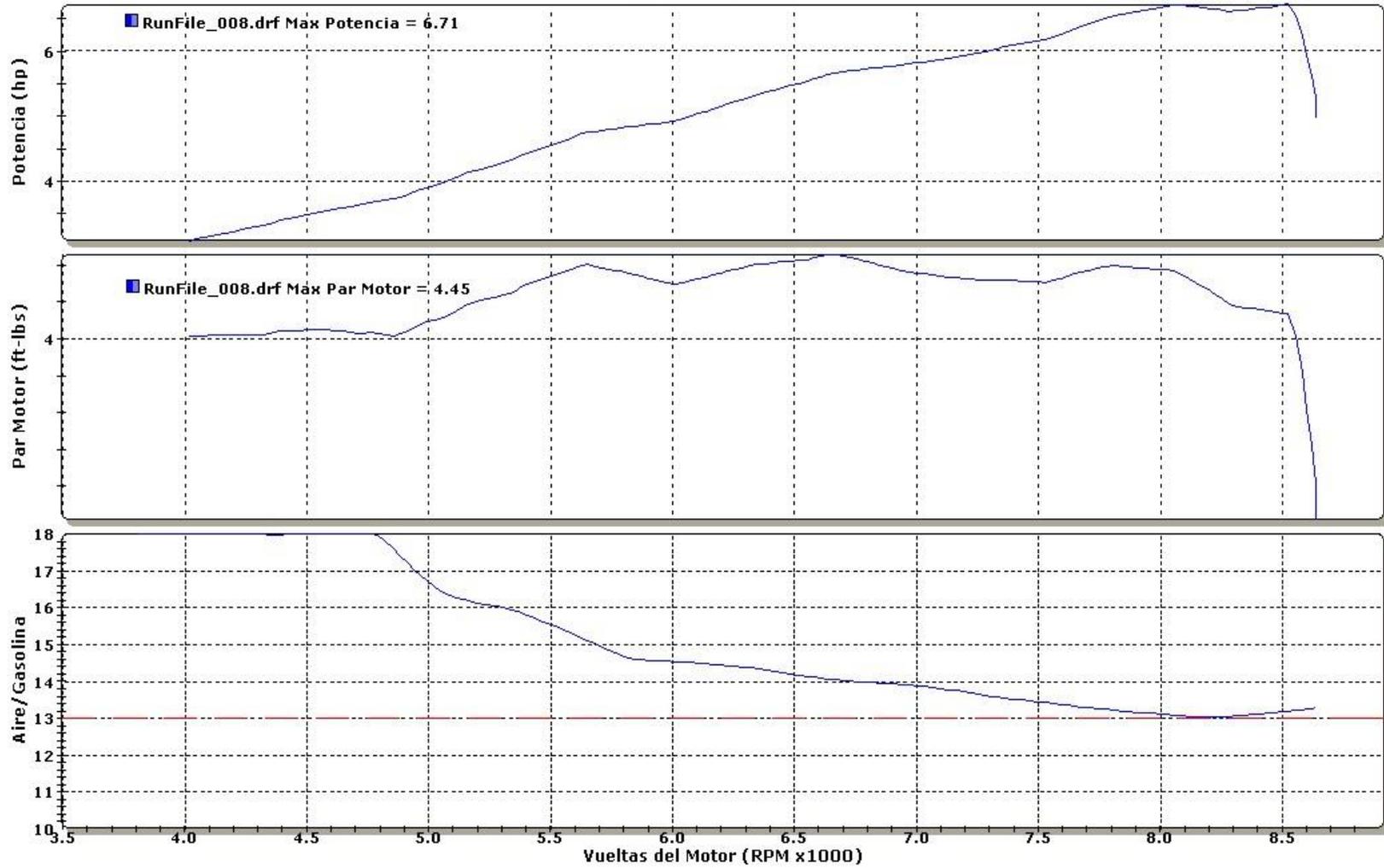


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 12 prueba con todos los cambios con E40%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

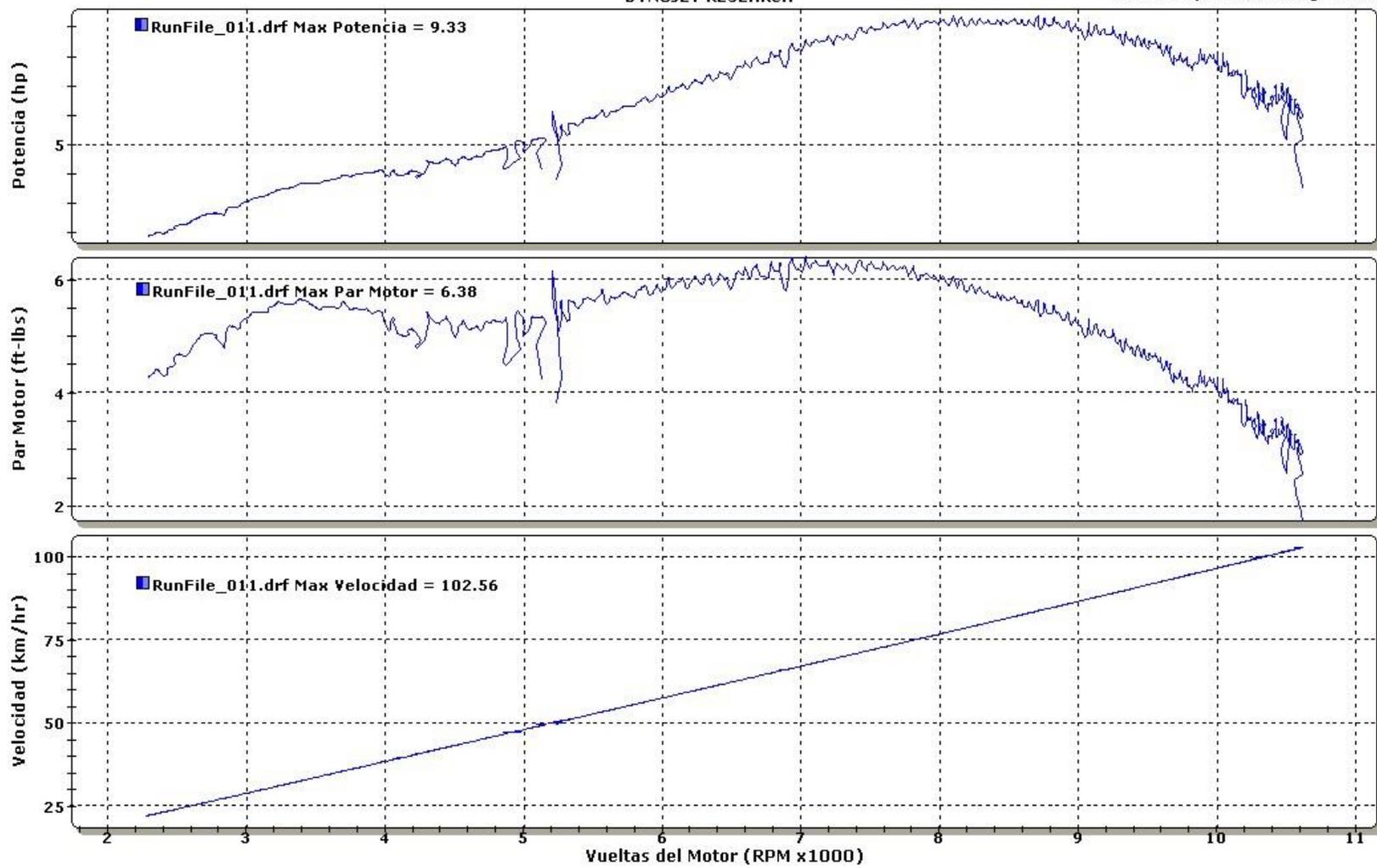


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 13 primera prueba con E40%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

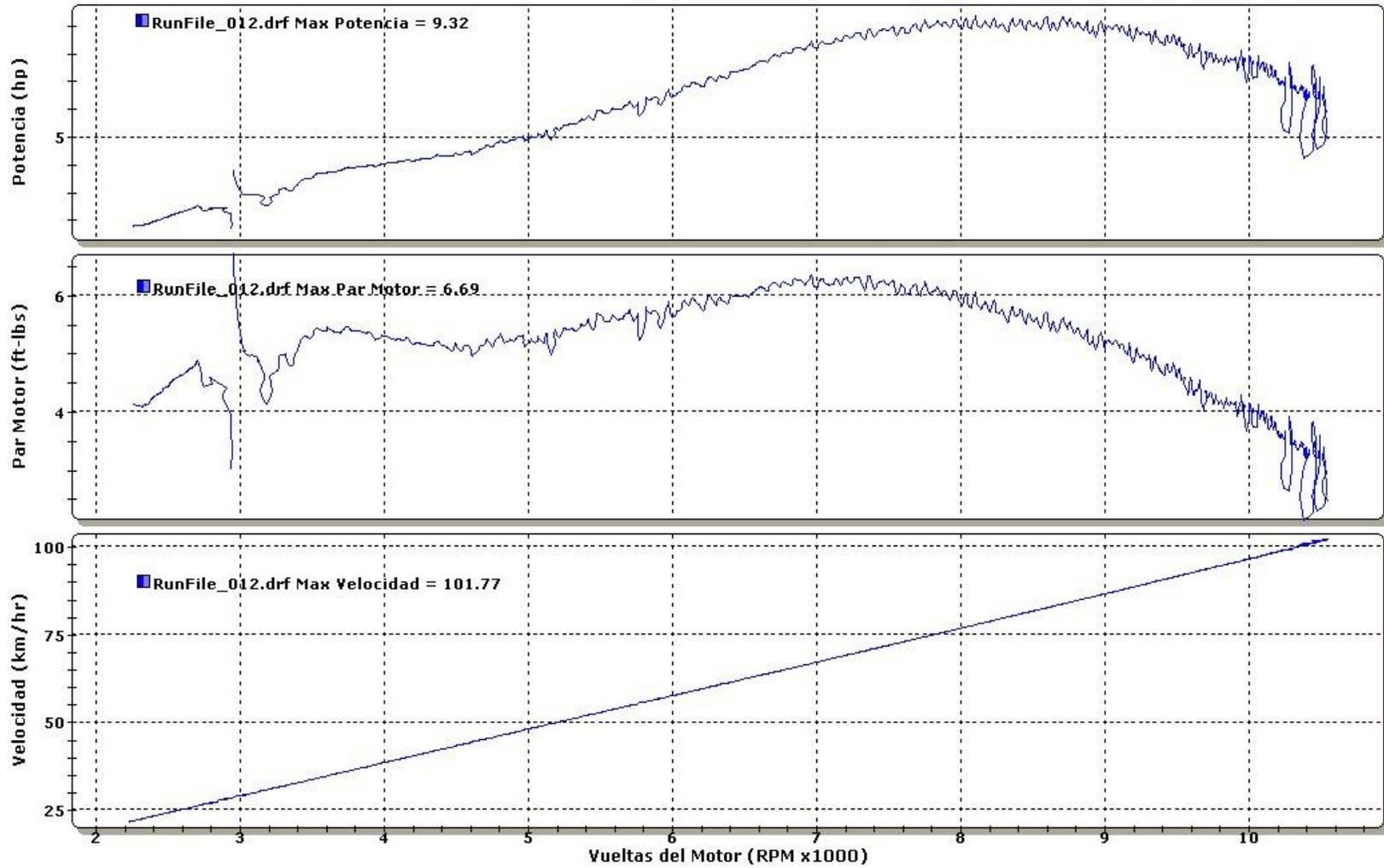


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 14 segunda prueba con E40%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

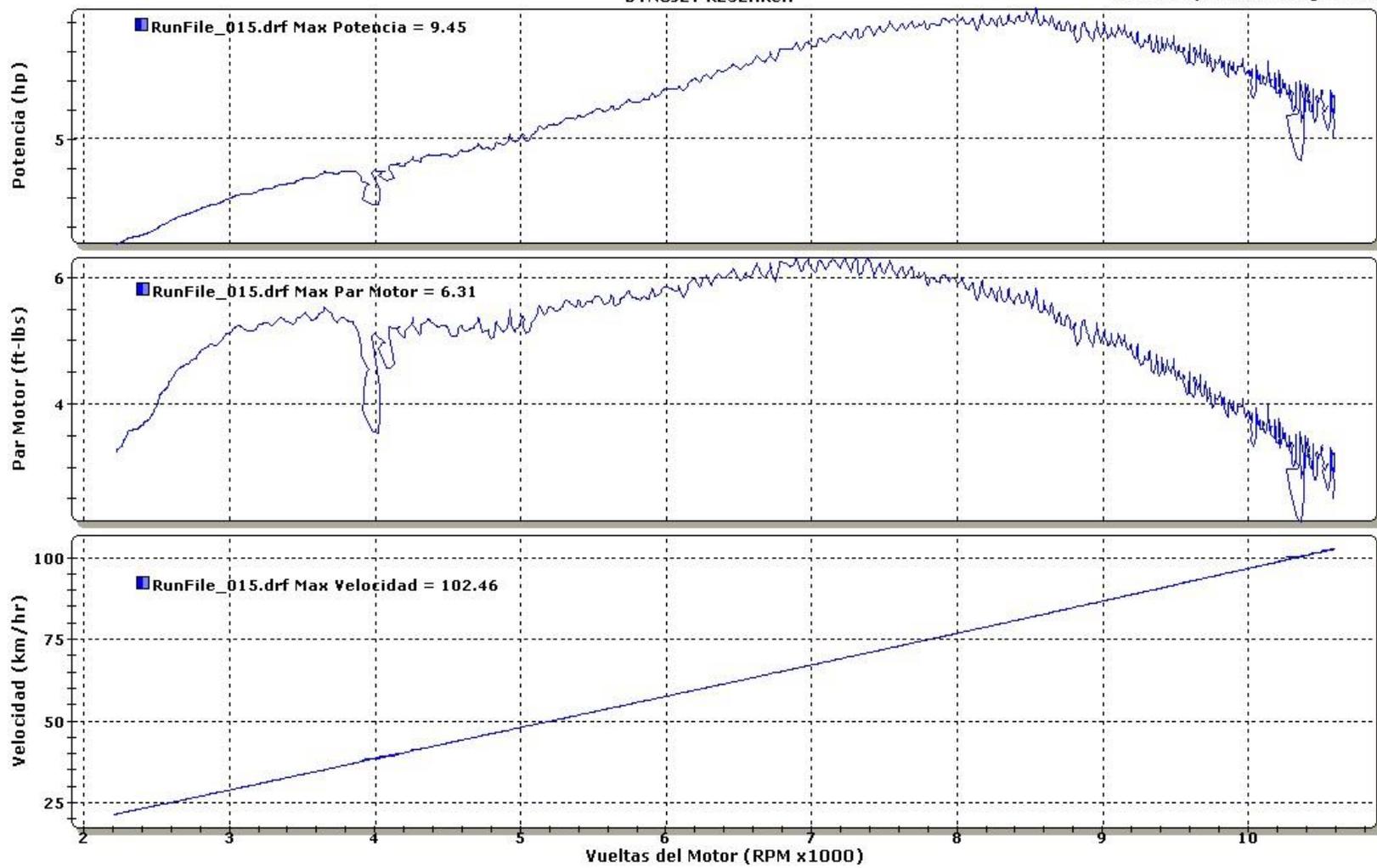


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 15 tercera prueba con E40%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

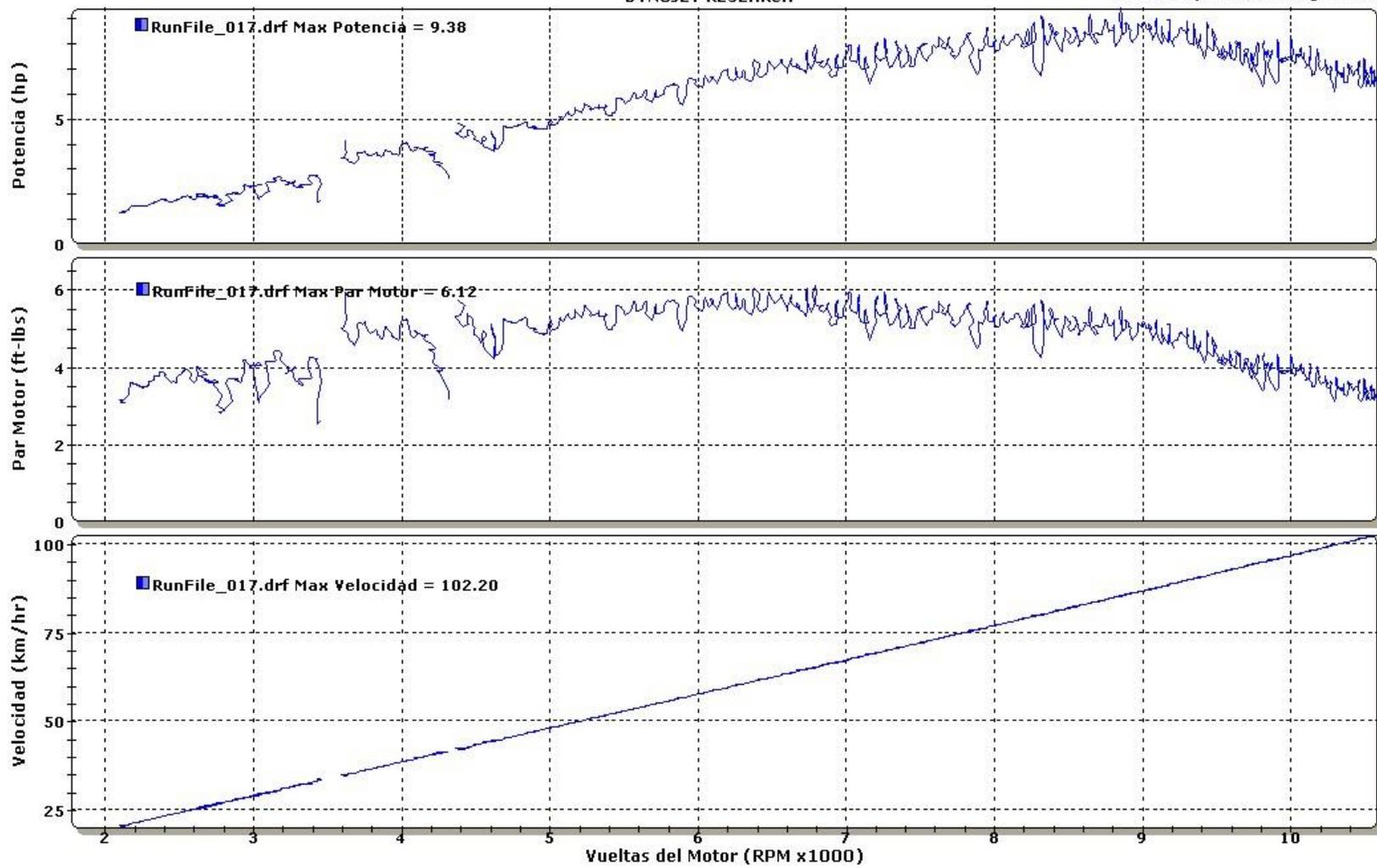


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 16 primera prueba con E80%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

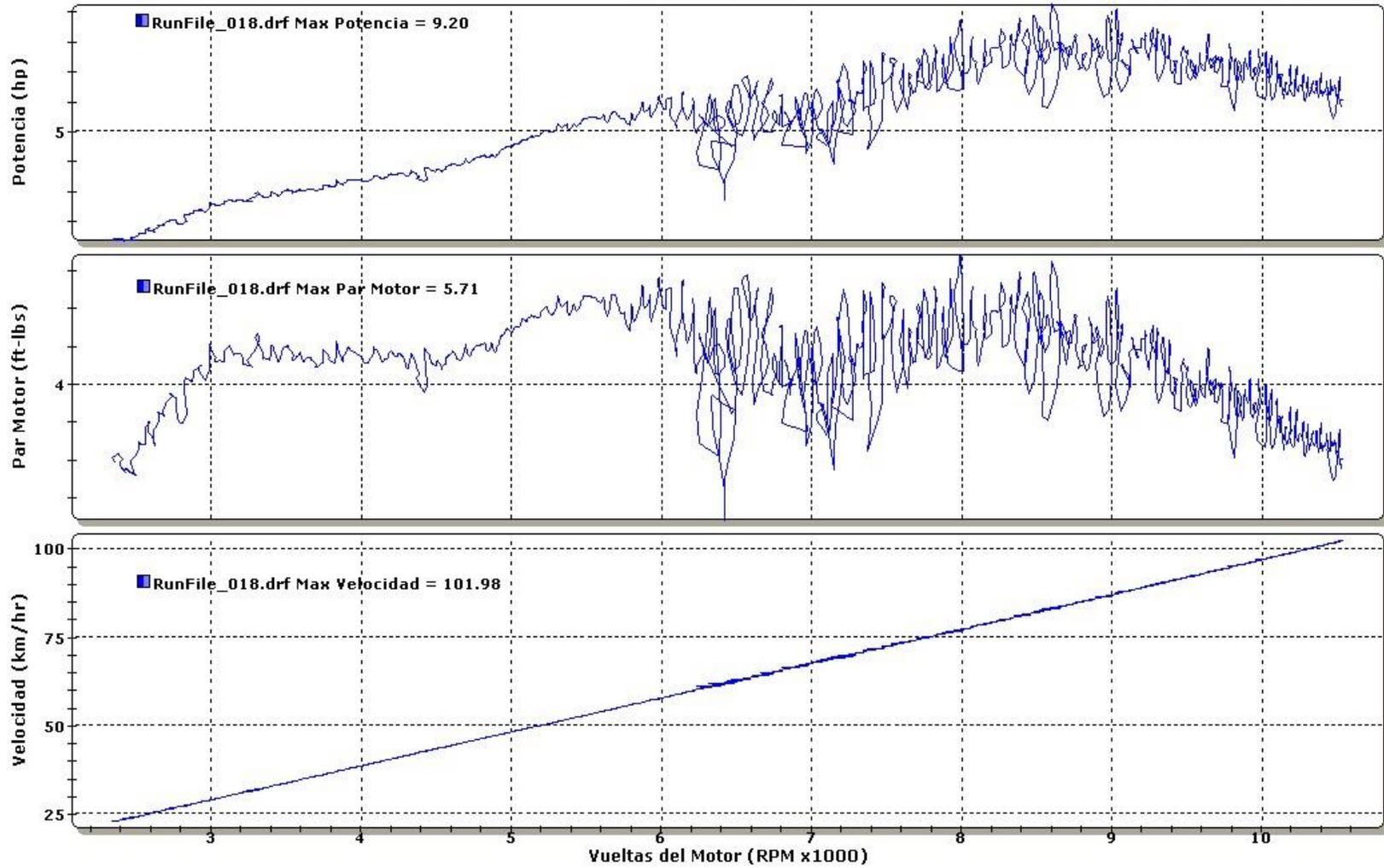


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 17 segunda prueba con E80%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

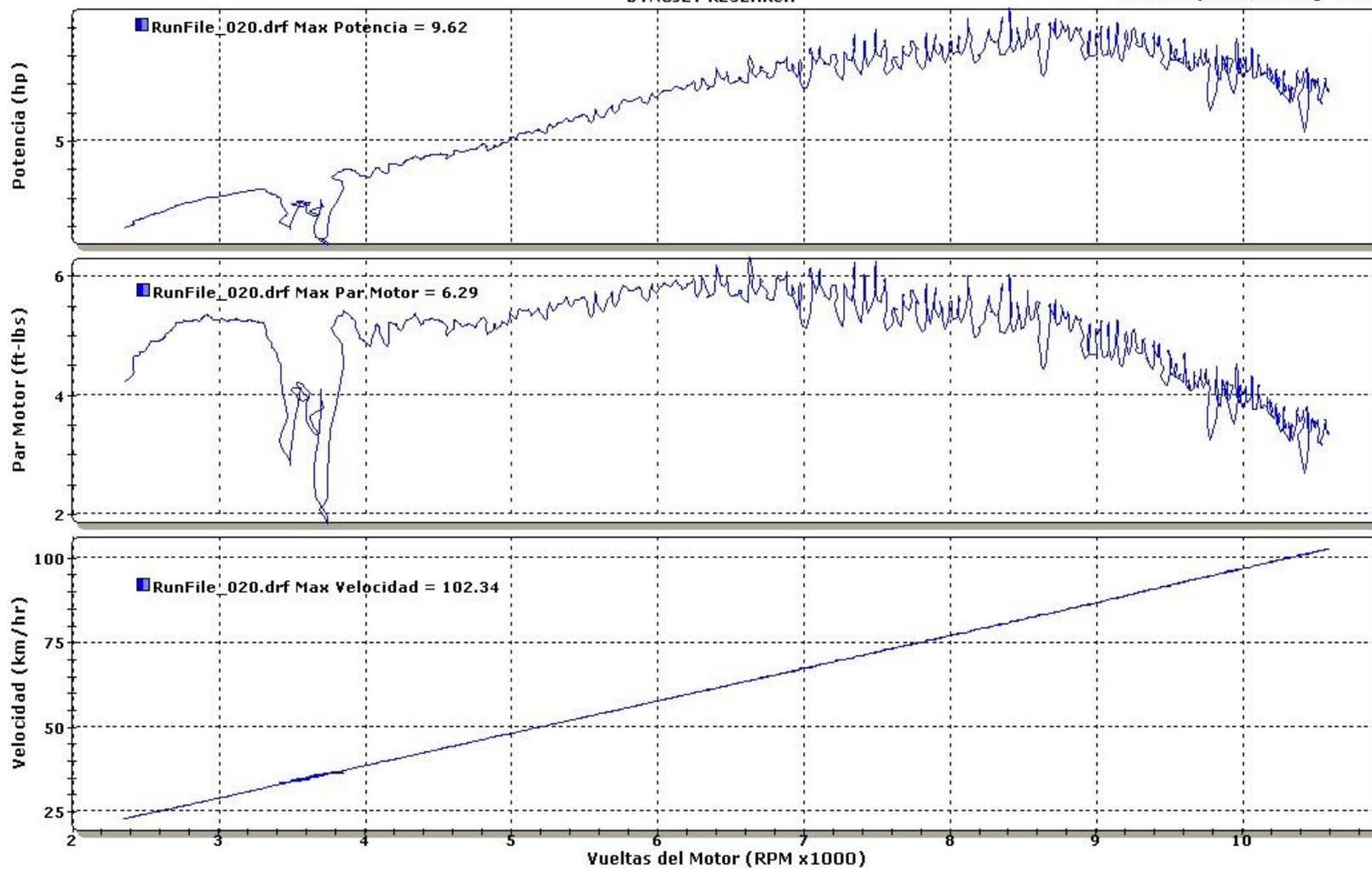


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 18 tercera prueba con E80%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0

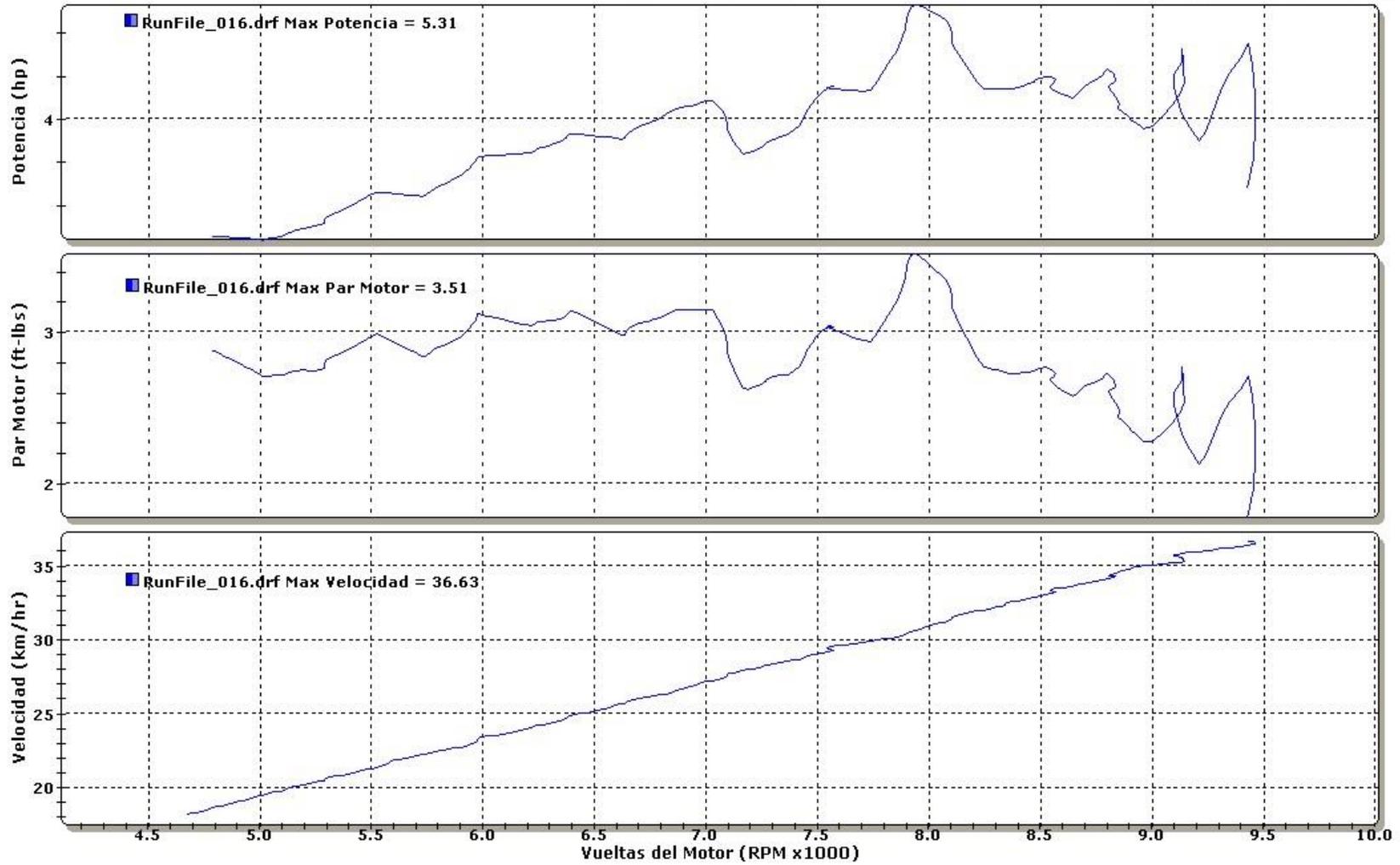


Fuente: autores del Proyecto

Anexo 19 prueba con todos los cambios con E80%

DYNOJET RESEARCH

Mover Rapido: CEE Magnificar: 0



Fuente: autores del Proyecto

