UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

TEMA:

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE PAR, POTENCIA Y EMISIÓN DE GASES APLICANDO MEZCLAS DE COMBUSTIBLES GASOLINA/ETANOL EN UN VEHÍCULO NISSAN 1500cc."

AUTORES:

NARANJO SANANGO ÁLVARO PAÚL

SARATE NAULA LUIS RENÉ

DIRECTOR:

ING. PAUL HERNÁN NARVÁEZ VILLA

CUENCA-ECUADOR

2012

CERTIFICO

Que los señores Naranjo Sanango Álvaro Paúl y Sarate Naula Luis René, han culminado con éxito su proyecto de tesis para la obtención del TÍTULO DE INGENIERO MECANICO AUTOMOTRIZ.

Cuenca, 15 de Diciembre de 2011.

Atentamente:

_____

Ing. Paúl Narváez

DECLARATORIA

Nosotros, Álvaro Paúl Naranjo Sanango y Luis René Sarate Naula declaramos que los conceptos, análisis, estudios y conclusiones desarrolladas en la presente tesis, son exclusiva responsabilidad de nuestra autoría.

Atentamente:

_____

Álvaro Naranjo

_____

Luis Sarate

DEDICATORIA

Al finalizar esta tesis quiero dedicar todo mi esfuerzo y sacrificio a Dios y a la Virgen del Cisne por haberme dado conocimiento y sabiduría.

Esta tesis también va dedicada a mis papas "CARLOS Y ANA" por darme su apoyo incondicional en las buenas y las malas, así también a mis hermanos "MARIBEL, CARLOS y DANIEL" y a mi sobrina "JASMINE". A mi novia "ROSITA" por alentarme y darme fuerzas para seguir adelante.

También se la dedico a mis amigos que siempre me acolitan en las buenas y en las malas "PUMA, PEREZ, IDROVO, NIOLA, SARATE y BERMEO"

ÁLVARO NARANJO

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos.

A mi familia que siempre estuvo pendiente de ayudarme y apoyarme en lo necesario con el fin de que esta tesis se culmine exitosamente.

Al director de tesis, el Ing. Paul Narváez que siempre estuvo presto a ayudarnos en nuestros inconvenientes.

Al Ing. Fernando Chica por ayudarnos a solucionar muchos problemas que se nos presentó en la investigación.

A los laboratoristas de automotriz "Nico y Hernán" por su disponibilidad con los materiales necesarios para nuestro proyecto.

A todos mis amigos y compañeros y en general allegados a mi persona que siempre de una u otra manera se han mantenido al pendiente de los avances de esta tesis.

Álvaro Naranjo

DEDICATORIA

Esta tesis va dedico de una manera muy especial a mis padres porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada una meta más, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Luis Sárate

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen quienes me dieron la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A toda mi familia en especial a mis abuelos, hermanos, a mi cuñado, tíos y primos. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Al compañero de tesis Álvaro N. por haber confiado en mí y haberme tenido paciencia durante la realización de este proyecto, al Ing. Fernando Chica, al Ing. Paul Narváez, al Dr. Román Idrovo por avernos ayudado durante la realización de este trabajo, de igual manera a los señores laboratoristas del taller automotriz, y a todos mis amigos sin excluir ninguno pero en especial a: Roberto P., William P., José Luis I., Nicolás V., y Fausto N.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Luis Sarate.

Índice de Contenido

Introducción 1

1 PUESTA A PUNTO DEL MOTOR J15 2

1.1 Consideraciones generales 2

1.2 Comprobaciones previas al desmontaje 2

1.3 Comprobación de los sistemas de alimentación y encendido 4

1.3.1 Comprobaciones del sistema de alimentación 4

1.3.2 Comprobaciones del sistema de encendido 7

1.4 Rectificación de los elementos del motor 12

1.4.1 Rectificación del bloque de cilindros 12

1.4.2 Superficie del bloque de cilindros 15

1.4.3 Rectificación del cigüeñal. 16

1.4.4 Rectificación de la culata y sus elementos 18

1.4.5 Árbol de levas y accionamientos 21

1.4.6 Cuerpo de cojinetes del árbol de levas 22

1.4.7 Cadena de accionamiento del árbol de levas 23

1.5 Proceso de armado 23

1.5.1 Comprobación de la película de aceite entre los apoyos y las muñequillas. 25

1.5.2 Comprobación de la película de aceite para las muñequillas de biela y cigüeñal. 26

1.5.3 Luz de punta del segmento 27

1.5.4 Holgura pistón-cilindro 27

1.5.5 Holgura ring-canal 28

1.5.6 Montaje de los segmentos en el pistón 28

1.5.7 Montaje de los pistones en los cilindros 29

1.5.8 Montaje de los elementos del cabezote 29

1.5.9 Montaje de los elementos de la distribución 30

1.5.10 Montaje de los elementos auxiliares del motor 31

1.6 Pruebas de funcionamiento 32

1.7 Resultados de la cilindrada y la relación de compresión 33

1.7.1 Cilindrada 33

1.7.2 Relación de compresión 34
1.7.3 Variación de los resultados 35
2 CÁLCULO DE PAR Y POTENCIA DEL MOTOR EN DIFERENTES PORCENTAJES DE GASOLINA Y ETANOL 36
2.1 Estudio del combustible y el aire 36
2.1.1 Propiedades de la gasolina 37
2.1.2 Propiedades del aire 42
2.1.3 Propiedades del etanol anhidro 46
2.2 Condiciones de elección de la cantidad proporcional del combustible 50
2.2.1 Análisis de materiales metálicos en contacto con gasolina/etanol 51
2.2.2 Análisis de materiales elastómeros en contacto con gasolina/etanol 51
2.3 Determinación del máximo contenido de agua permisible de la mezcla Gasolina/Etanol. 52
2.4 Ensayos de solubilidad del etanol anhidro en la gasolina extra 58
2.5 Variaciones de los elementos del motor en base a la mezcla gasolina/etanol. 61
2.6 Relación ideal para la mezcla aire-combustible 63
2.6.1 Octano 66
2.6.2 Etanol 67
2.6.3 Determinación de la relación aire-combustible para la mezcla gasolina/etanol 68
2.6.4 Análisis de la relación aire-combustible para la mezcla gasolina/etanol 73
2.7 Variación del oxígeno en la relación ideal aire-combustible 74
2.8 Poder calorífico de las mezclas gasolina/etanol 76
2.8.1 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E0 77
2.8.2 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 100 78
2.8.3 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E5 80
2.8.4 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 10 81
2.8.5 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para concentración E15 81
2.8.6 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 20 82

2.8.7 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 25 83
2.8.8 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 30 83
2.8.9 Resultado de los análisis de poder calorífico obtenidos en laboratorio 84
2.8.10 Análisis de los resultados obtenidos del poder calorífico a diferentes concentraciones 88
2.9 Calculo de Ciclo Otto 89
2.9.1 Evaluación del ciclo Otto ideal 93
2.10 Calculo de la potencia del motor J15 102
2.10.1 Potencia Indicada 102
2.11 Calculo del Par del motor J15 105
2.11.1 Momento de giro del motor J15 108
3 APLICACIÓN DEL COMBUSTIBLE GASOLINA-ETANOL PARA SOMETER EL VEHÍCULO A PRUEBA DE GASES Y ENSAYOS EN EL BANCO DINAMOMÉTRICO 112
3.1 Mezclado del combustible 112
3.1.1 Proceso de mezclado 113
3.1.2 Forma de aplicación del combustible mezclado 114
3.2 Descripción del banco dinamométrico 114
3.2.1 Programas de medición 116
3.2.2 Normas de seguridad para la puesta en servicio 117
3.2.3 Acceder al banco de potencia 119
3.2.4 Fijar el vehículo 119
3.2.5 Conectar el sensor de revoluciones 121
3.2.6 Conectar la sonda de temperatura del aceite 121
3.2.7 Posicionar el ventilador de aire refrigerante 122
3.2.8 Iniciar el programa 122
3.2.9 Medir la potencia del motor 124
3.3 Ensayos de par motor y potencia realizados en el banco dinamométrico 127
3.3.1 Variables medidas por el banco dinamométrico LPS 3000 128
3.3.2 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando combustible E0 130
3.3.3 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E5 ... 132

3.3.4 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E10 . 134
3.3.5 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E15 . 136
3.3.6 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E20 . 138
3.3.7 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E25 . 140
3.3.8 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E30 . 142
3.4 Determinación de los gases escape 144
3.4.1 Descripción del analizador de gases MGT 5 145
3.4.2 Método de ensayo para la determinación de los gases de escape 158
3.4.3 Resultados de los gases medidos 160
3.4.4 Prueba dinámica de gases 163
4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS 166
4.1 Método de análisis 166
4.1.1 Análisis de varianza 166
4.1.2 Análisis de la varianza con Microsoft Excel 172
4.2 Análisis de la potencia 176
4.2.1 Comportamiento de la potencia con diferentes mezclas de combustible 178
4.3 Análisis del par motor 181
4.3.1 Comportamiento del par motor a diferentes mezclas de combustibles 182
4.4 Análisis de gases 185
4.4.1 Monóxido de Carbono 186
4.4.2 Dióxido de Carbono 191
4.4.3 Hidrocarburos 197
4.4.4 Oxigeno 202
4.4.5 Lambda 207
4.5 Análisis dinámico de gases bajo carga 212
4.5.1 Monóxido de carbono 212
4.5.2 Hidrocarburos 213
4.5.3 Óxidos de nitrógeno 213
4.5.4 Dióxido de carbono 214
4.5.5 Oxígeno 215
Anexo 1-1 221

Anexo 1-2. 222
Anexo 1-3. 223
Anexo 1-4. 224
Anexo 1-5. 225
Anexo 1-6. 226
Anexo 1-7 227
Anexo 2-1 229
Anexo 2-2 272
Anexo 2-3 273
Anexo 3-1 288

Introducción

El objetivo de estudio en esta tesis se basa en el análisis del comportamiento funcional del motor J15 cuando se aplique alimentaciones variables de combustible gasolina/etanol.

El motor del vehículo Datsun del año 1976. Al cual, antes de someterle a alimentaciones variables de combustible gasolina/etanol, se tendrá que verificar su estado y realizar las reparaciones necesarias de tal manera que el funcionamiento sea óptimo.

Luego se practicaran ensayos en un banco dinamométrico en donde encontraremos el par, potencia y emisiones de gases. Los resultados, presentados por el banco dinamométrico, servirán en el análisis funcional del motor y en la comparación con los cálculos teóricamente encontrados.

Para todo lo indicado es necesario realizar un estudio de cuáles serán los porcentajes en volumen de la mezcla gasolina/etanol; con los que podrá funcionar el motor J15. Basándonos en las propiedades del etanol y en las características constructivas del motor.

Una vez realizado el análisis funcional y comparativo seremos capaces de recomendar la mejor mezcla de combustible gasolina/etanol, todo ello en función del comportamiento más óptimo que tenga el motor J15 y en la menor contaminación que produzca.

CAPITULO I

1 PUESTA A PUNTO DEL MOTOR J15

1.1 Consideraciones generales

La puesta a punto del motor J15 consiste en la verificar y reparar todos sus sistemas. Ello implica analizar el grado de desgaste que tiene el motor, considerando que ya tiene tres procesos de reparación, por lo tanto realizaremos inspecciones visuales y prácticas que fundamenten la puesta a punto.

Además consideremos que para el estudio comparativo de resultados necesitamos un funcionamiento óptimo del motor, con el objetivo de no errar en los resultados que se presenten. Lo que lograremos únicamente con la reparación de todos sus sistemas.

Solo así comprenderemos cuales son las variaciones reales del par motor, potencia y emisión de gases cuando se le aplique las diferentes mezclas de combustible gasolina/etanol.

1.2 Comprobaciones previas al desmontaje

Antes de desmontar el motor se debe hacer una serie de pruebas necesarias ya que es el proceso lógico a seguir en una reparación de moto, las que consisten inicialmente en un diagnostico visual del motor, luego complementaremos las mismas con pruebas mecánicas ayudándonos de herramientas especiales y finalmente siguen las pruebas de carretera que corroboran los resultados antes encontrados.

Como primer paso se observó la apariencia externa del motor encontrando la presencia de aceite en las paredes del bloque motor, lo que nos indica que existen fugas del sistema de lubricación.

Comprobando la coloración del humo al momento del arranque notando que su matiz es de color azul, especialmente en arranques en frío, esto advierte la posible presencia de aceite en la cámara de combustión.

Seguidamente con la ayuda de un manómetro de presión se midió la compresión en cada uno de los cilindros, esto nos ayudara a conocer la estanqueidad de los cilindros, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 1.1:

# de Cilindro	***Presión [PSI]***
1	95
2	90
3	100
4	90

Tabla 1-1.Compresión medida en cada uno de los cilindros del motor J15. Fuente: Los autores

Estos resultados nos dan una pauta para establecer en el mal estado en que se encuentra el motor.

En cuanto a las pruebas de carretera nos dimos cuenta que la potencia del motor era notablemente baja, para ser un motor de $1500cc$. Lo que puede ser por problemas en la combustión, apuntando directamente a los sistemas de alimentación e ignición del motor.

Todos estos resultados encontrados nos ayudan a cualificar el estado del motor J15, decidiendo entonces que se encuentra en un estado de funcionamiento notablemente imperfecto.

1.3 Comprobación de los sistemas de alimentación y encendido

En el sistema de alimentación y encendido están comprendidos elementos importantes que son necesarios para el correcto funcionamiento del motor, todos éstos en su mayor parte trabajan de forma mecánica en nuestro motor J15.

Por lo tanto es necesario realizar la verificación de cada uno de ellos, de manera que estén en perfecto estado de funcionamiento. Si no fuera este el caso procederemos a la reparación o sustitución.

1.3.1 Comprobaciones del sistema de alimentación

El sistema de alimentación tiene por objeto extraer el combustible del depósito y conducirlo a los cilindros en las mejores condiciones posibles. El mismo está compuesto de: bomba de alimentación, depósito, carburador, filtros y conductos. Ver figura 1-1.

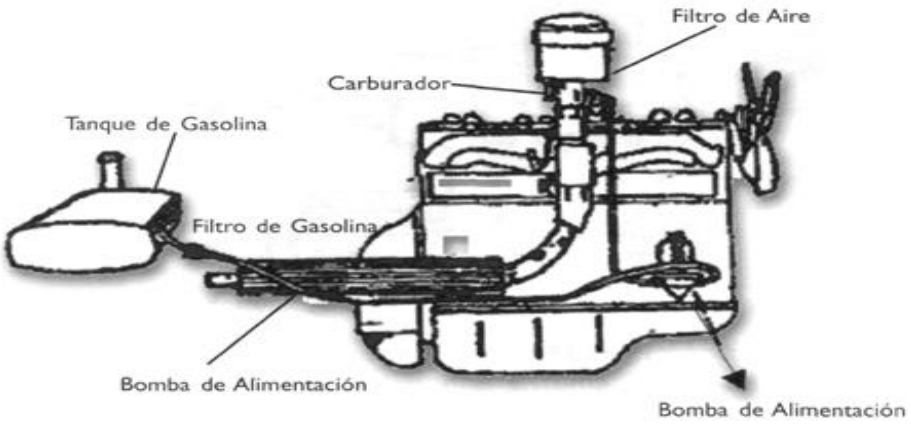


Figura 1-1. Circuito del sistema de alimentación a gasolina. Fuente:

http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/mecanica/gas-preconversion-vehiculos/figuraes/10.jpg

1.3.1.1 Comprobaciones de la bomba de alimentación

Se observó el estado exterior de la bomba mecánica, la misma no presentaba fugas en ninguna de sus conexiones. La presión medida, a la salida de la bomba, con un manómetro específicamente para este sistema es de 0,1 $bares$; la cual no está dentro de los parámetros del fabricante que es de 0,22 a 0,23 $bares$ de presión. Ver figura 1-2. Entonces podemos concluir, en base a los resultados, que es necesario sustituir este elemento.

Figura 1-2. Valor de la presión medida del sistema de alimentación a gasolina, tomada a la salida de la bomba mecánica. Fuente: Los Autores.

1.3.1.2 Comprobaciones del depósito

Las comprobaciones realizadas en el depósito fueron, verificación del correcto estado de las conexiones, en las cuales favorablemente no encontramos perdidas de combustible. Luego verificamos el estado externo del depósito en donde no encontramos ningún problema.

Por lo tanto, con base a las comprobaciones decidimos desmontar el depósito para darle una limpieza tanto interna como externa eliminando concentraciones de lodo.

1.3.1.3 Comprobaciones del carburador

Antes de desmontar el carburador se realizó comprobaciones de funcionamiento que consiste en observar que surja combustible por el surtidor principal, con la mariposa totalmente abierta, esto nos da una pauta del correcto estado del carburador.
Luego se desarmo para dar mantenimiento a todos sus elementos y comprobar que no existan grietas ni deformaciones.

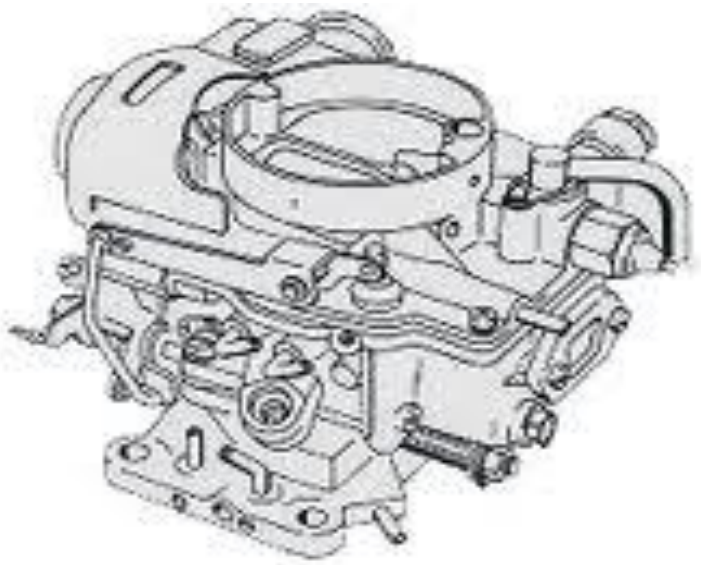


Figura 1-3. Carburador del motor J15. Fuente:

http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSxP3gYH0cNNMT1IvDzAq2Ty2sh8nu755h9GklNizW0AgpSluFfA&t=1

También verificamos la correcta unión de la superficie de contacto del carburador con el múltiple de admisión, esto nos ayudará a que no existan fugas de combustible o entradas de aire.

En cuanto a los elementos internos del carburador, el flotador estaba en buen estado y el cierre de la válvula de aguja es hermético con su asiento. En la mariposa de gases se comprobó que la apertura y cierre sea lo más libre posible.

Además comprobamos que al tirar a fondo del mando mecánico, el que actúa sobre el cierre de la mariposa de arranque en frío, quede totalmente cerrado y con un juego de

movimiento libre en su eje de 3mm. Para el tornillo de riqueza en ralentí la punta cónica presentaba huellas de desgaste por lo que tuvimos que sustituirlo.

Una vez realizadas todas las comprobaciones procedimos al cambio de las juntas y de todo el kit de mantenimiento para luego armar y montar el carburador.

1.3.1.4 Comprobaciones del filtro de combustible y conductos

En cuanto al filtro de combustible estaba sobrepasado el tiempo de funcionamiento, según las especificaciones del fabricante este no debe sobrepasar los $10000\ Km$. Además pudimos observar que presentaba exceso de suciedad en el interior, por lo que era necesario sustituirlo.

Luego revisamos todos los conductos del combustible que comprenden desde la salida del depósito hasta la entrada al carburador, verificando el buen estado de toda la línea de distribución sin presentar fisuras o torceduras.

1.3.2 Comprobaciones del sistema de encendido

El sistema de encendido del motor J15 es de tipo SZ (Figura 1-4). El sistema de encendido es el encargado de hacer saltar la chispa eléctrica en el interior de los cilindros, los elementos necesarios a verificar son: cables de alta tensión, batería, bobina, distribuidor y bujías.

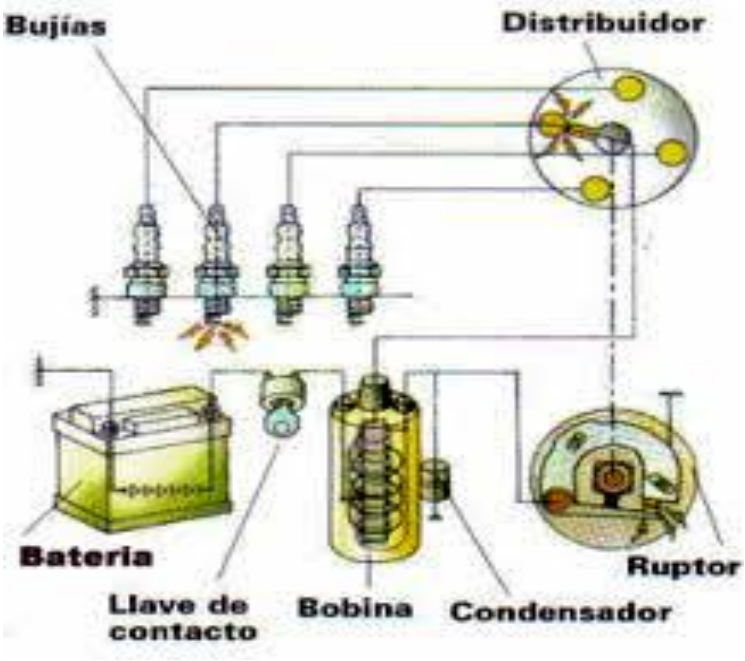


Figura 1-4. Sistema de encendido SZ que usa el motor Datsun J15. Fuente:

http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcStWq8zmiMEaJq6FKuMQjMbKDLl_vJuOE-4I9yjW7bnN9u5R1d8

1.3.2.1 Comprobación de los cables de alta tensión.

De manera visual, analizamos el estado exterior de los cables que conectan la bobina al distribuidor y de éste a las bujías. Notamos la presencia de sulfataciones, desgaste del aislante y de los contactos. El promedio de resistencia medido en estos cables es de 10 $K\Omega$ lo que dificulta la correcta circulación de la corriente.

Con todas estas comprobaciones concluimos que es necesario cambiar todos los cables de alta tensión.

1.3.2.2 Comprobación de la batería

Aquí realizamos una comprobación visual de la parte exterior de la batería, en donde las conexiones estaban en buen estado sin presencia de sulfato o humedad, además de ello la carcasa no presentaba imperfecciones en todo su contorno.

El nivel del electrolito y su densidad (1,24) promedio en todas las celdas es el correcto. Midiendo la tensión en vacío es de 12,6 voltios, corroborando el correcto estado de la batería ya que llevaba 4 meses de funcionamiento.

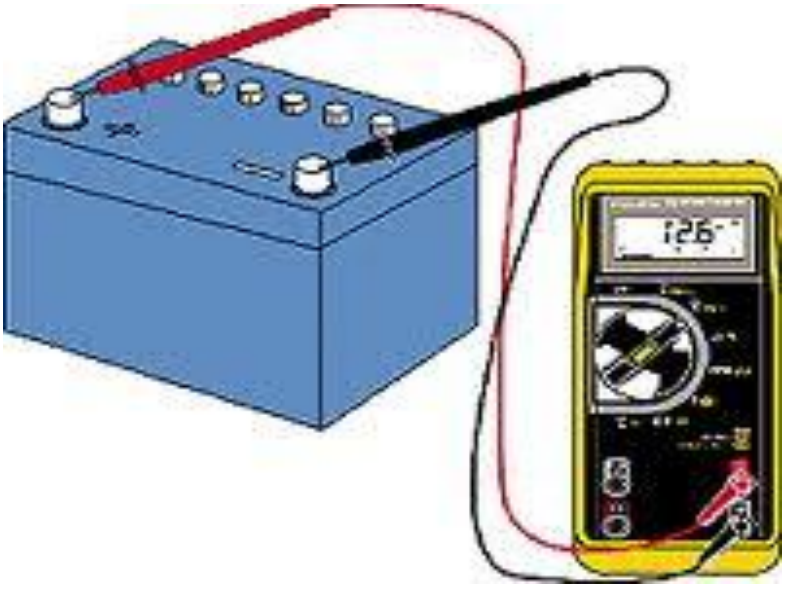


Figura 1-5. Tensión de la batería medida en vacío es de 12,6 voltios. Fuente: http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQr6okgfdJvS2-pMtFuUfNlbAZfUL04Dodm8rz3zxIIOrbeH3cv

1.3.2.3 Comprobación de la bobina

La comprobación principal de la bobina consiste en medir la resistencia eléctrica del circuito primario y secundario debiendo ser estas de $1\ a\ 2\ \Omega$ y de $8\ a\ 12\ K\Omega$ respectivamente. Realizando ésta prueba notamos que el estado de la bobina no es el correcto, por lo tanto, es necesario sustituirla ya que el bobinado primario y secundario presenta mucha más resistencia de la especificada, siendo estas de 4Ω y $15K\Omega$ respectivamente. Ver figura 1-6

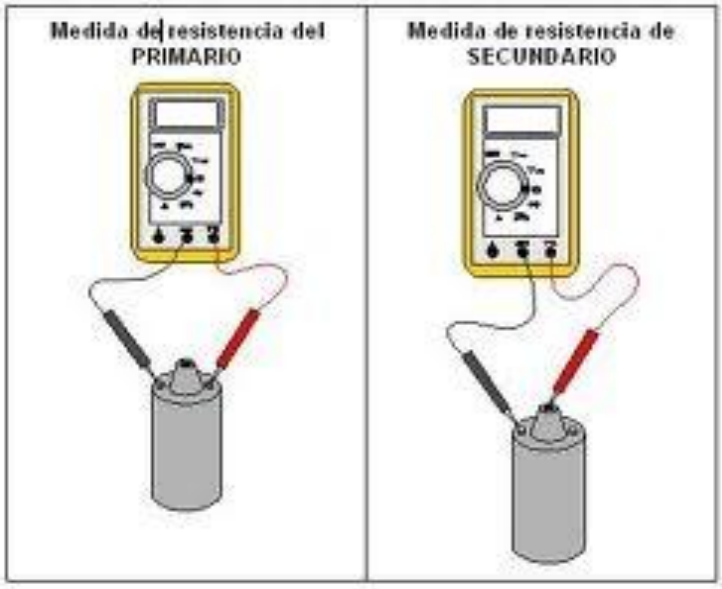


Figura1-6. Contactos de la bobina para medir la resistencia del primario y secundario. Fuente: http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQiDfCRINoAraq40lOk-mETtoOHdoSAaL4MoKd6sfoCxT-kJZlhVA&t=1

1.3.2.4 Comprobación de los elementos del distribuidor

En la tapa del distribuidor comprobamos que no existan roturas ni fisuras que puedan alterar el funcionamiento como pérdidas de corriente, pero sí observamos que presentaba desgaste y sulfataciones en los bornes de contacto con el rotor.

De la misma manera la superficie de la lámina metálica del rotor estaba desgastada y sulfatada. Ver figura 1-7. Por lo tanto es necesario el cambio de estos elementos.

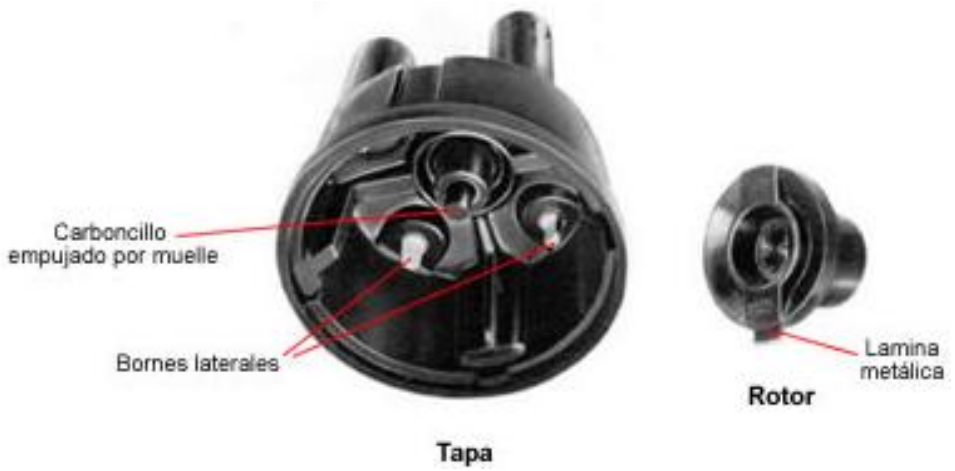


Figura1-7. Tapa del distribuidor y Rotor. Fuente: http://www.mecanicavirtual.org/images-encendido/tapa-distribuidor.jpg

También verificamos el funcionamiento de los muelles del avance centrífugo con el motor funcionando a más de $1500\,rpm$ y la toma de vacío desconectada, comprobamos con una lámpara estroboscópica que el adelanto del encendido incremento a más de 15°, con esto ratificamos el buen estado del avance centrífugo.

El avance de vacío se comprobó aplicando vacío en la toma con una bomba, observando que existía desplazamiento de los mecanismos del distribuidor, lo cual nos indica un correcto funcionamiento de éste avance.

En cuanto al ruptor presentaba desgaste en los contactos y en la fibra de contacto con la leva, por lo fue necesario sustituirlo junto con el condensador ya que el terminal del presentaba deteriorado en el aislante. Ver figura 1-8.

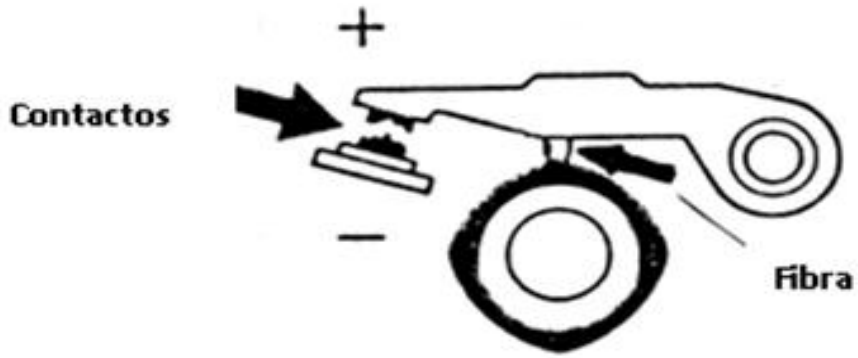


Figura1-8. Ruptor. Fuente:
http://www.mecanicavirtual.org/images-encendido/distancia_platinos.jpg

1.3.2.5 Comprobación de las bujías

De forma visual comprobamos el estado de los electrodos y del aislante cerámico de las bujías los cuales mostraban carbonilla y aceite (Ver figura 1-9). Además medimos la resistencia entre el electrodo y masa dándonos un promedio de 17 $K\Omega$. Por lo cual decidimos cambiar las bujías ya que la máxima resistencia debe ser de $12K\Omega$.

Figura1-9. Bujías con presencia de carbonilla y aceite. Fuente: Los Autores

1.4 Rectificación de los elementos del motor

El proceso de reparación del motor Datsun $1500cc$. implica desbaste de material, es decir, quitar asperezas en aquellos elementos mecánicos fijos y móviles del motor. Los cuales, por la fricción entre ellos, están sometidos a desgaste continuo y que por el coste y su disponibilidad en el mercado son necesarios realizar procesos de rectificación.

Dichos elementos son: bloque de cilindros, cigüeñal y culata. Todos están diseñados para ser sometidos a este proceso.

1.4.1 Rectificación del bloque de cilindros

Este elemento almacena los cilindros que es en donde se desplazan los pistones y bielas, además sujeta al cigüeñal y en él están tallados los agujeros para el paso del agua de refrigeración y del lubricante.

En el proceso de verificación hay que tener en cuenta cual es el desgaste en los cilindros ya que puede ser de forma cónica y/u ovalada. Para determinar estos

desgastes es necesario medir el diámetro del cilindro, con un calibrador telescópico y un micrómetro, de forma longitudinal y transversal como se indica en la figura 1-10.

Las medidas deben ser tomadas en la parte superior, por debajo de la ceja y en la parte inferior del cilindro. Luego restamos las inferiores de las superiores y determinar la conocida, para determinar el ovalamiento restamos las medidas longitudinales de las transversales.

Figura1-10. Determinación del diámetro de los cilindros con un calibrador telescópico. Fuente: Los autores.

En la práctica, para mayor exactitud se tomaron las medidas en cuatro partes diferentes en el interior del cilindro, ver la figura 1-11. En la primera medida, por arriba de la ceja se constató que no existía desgaste, por lo tanto, la diferencia de las medidas entre la primera y las restantes nos sirve para verificar el grado de desgaste de los cilindros. Este paso se realiza en todos los cilindros para encontrar el mayor desgaste y proceder al desbasto del material.

Una vez encontrado el desgaste máximo se puede conocer la siguiente medida de los cilindros del bloque para la rectificación.

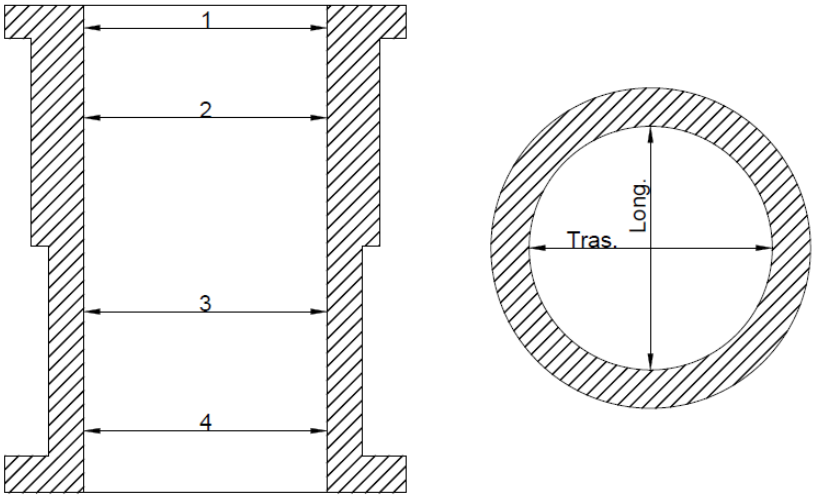


Figura1-11. Posición de las medidas tomadas en el cilindro. Fuente: Los autores.

En la siguiente tabla, presentamos las medidas obtenidas en forma longitudinal de cada cilindro:

# de Cilindro	Zona 2	Zona 3	Zona 4
1	79,44	79,37	79,33
2	79,44	79,38	79,32
3	79,44	79,35	79,30
4	79,42	79,33	79,32

Tabla 1-2. Medidas obtenidas de forma longitudinal en las tres posiciones en cada cilindro. Fuente: Los autores

En dirección transversal del motor (lado de empuje del pistón), las medidas obtenidas fueron las siguientes:

# de Cilindro	Zona 2	Zona 3	Zona 4
1	79,43	79,37	79,38
2	79,40	79,37	79,38
3	79,42	79,36	79,36

4	79,42	79,35	79,35

Tabla 1-3. Medidas obtenidas de forma transversal en las tres posiciones en cada cilindro. Fuente: Los autores.

Según las medidas tomadas, se puede constatar la existencia de conicidad en todos los cilindros ya sea en dirección longitudinal como en la transversal. En cuanto al ovalamiento, éste existe, ya que la máxima diferencia entre las medidas en dirección longitudinal y transversal del motor es de $0{,}06mm$.

El diámetro tomado por encima de las zonas de desgaste, es decir, en la zona 1 fue de $78{,}83mm$ en todos los cilindros. El máximo desgaste en cada cilindro se puede observar en la siguiente tabla:

# de cilindro	***Desgaste máximo (mm)***
1	0,61
2	0,61
3	0,61
4	0,59

Tabla 1-4. Desgaste máximo en cada cilindro. Fuente: Los autores

Pudimos constatar el diámetro estándar del cilindro, según el fabricante, es de $78\ mm$ y medido se encontraba en $78{,}83\ mm$. Por lo que, optamos el cambio de camisas en el bloque motor a la medida estándar, lo que nos indica que deberíamos realizar el cambio de pistones a dicha medida.

1.4.2 Superficie del bloque de cilindros

En la unión del bloque de cilindros con el cabezote pueden existir deformaciones que dificulten su unión, estas se dan cuando el motor trabaja en altas temperaturas. Dichas deformaciones según el fabricante no deben sobrepasar $0{,}1\ mm$.

La comprobación fue realizada con la ayuda de una regla y gauges de calibración, la medida obtenida entre la regla y la superficie del bloque es de $0{,}01\ mm$, lo que nos indica, que en el bloque de cilindros no es necesario la rectificación en la superficie.

1.4.3 Rectificación del cigüeñal.

Las principales comprobaciones que se realizan en el cigüeñal son en los apoyos y muñequillas. La tolerancia máxima al desgaste según el fabricante, no debe sobrepasar de $0{,}03\ mm$.

Las medidas de las muñequillas y muñones de apoyo son independientes y deben ser tomadas en sentido paralelo (A) y perpendicular (B) al eje longitudinal del cigüeñal, ver la figura 1-12.

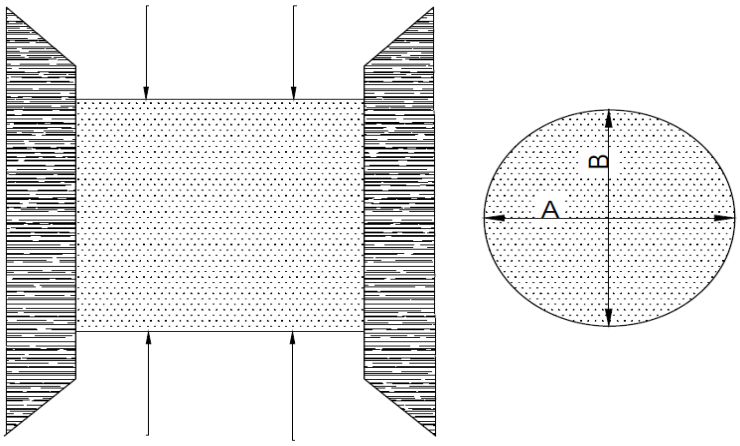


Figura1-12. Posición de las medidas tomadas en las muñequillas del cigüeñal. Fuente: Los autores.

La diferencia de las dos medidas dan la deformación, si esta es mayor a la indicada procederemos a la rectificación, ver figura 1-13.

Figura1-13. Medidas tomadas con un micrómetro en las muñequillas del cigüeñal. Fuente: Los autores

En resumen, las medidas tomadas en los muñones de apoyo se presentan en la siguiente tabla:

Numero de muñón	*Medida A en mm*	*Medida B en mm*
1	50,33	50,33
2	50,32	50,31
3	50,32	50,32

Tabla 1-5. Medidas tomadas en los tres muñones de apoyo del cigüeñal. Fuente: Los autores

Las medidas tomadas en las muñequillas se expresan en la siguiente tabla:

Numero de muñequilla	*Medida A en mm*	*Medida B en mm*
1	47,15	47,15
2	47,15	47,16
3	47,16	47,15
4	47,15	47,15

Tabla 1-6. Medidas tomadas en las cuatro muñequillas del cigüeñal. Fuente: Los autores

Con los resultados obtenidos se puede observar que el máximo desgaste en las muñequillas es de 0,01 mm y en los muñones es de 0,01 mm. Según los datos del fabricante nos indican que estos valores se encuentran dentro del parámetro establecido, por lo procedimos a realizar la pulida de los muñones y muñequillas con la ayuda de una lija de agua fina # 600.

Otras comprobaciones que realizamos en el cigüeñal era observar el perfecto estado de los agujeros de lubricación. Luego verificamos que no existan deformaciones ni partes sobrecalentadas, ver figura 1-14.

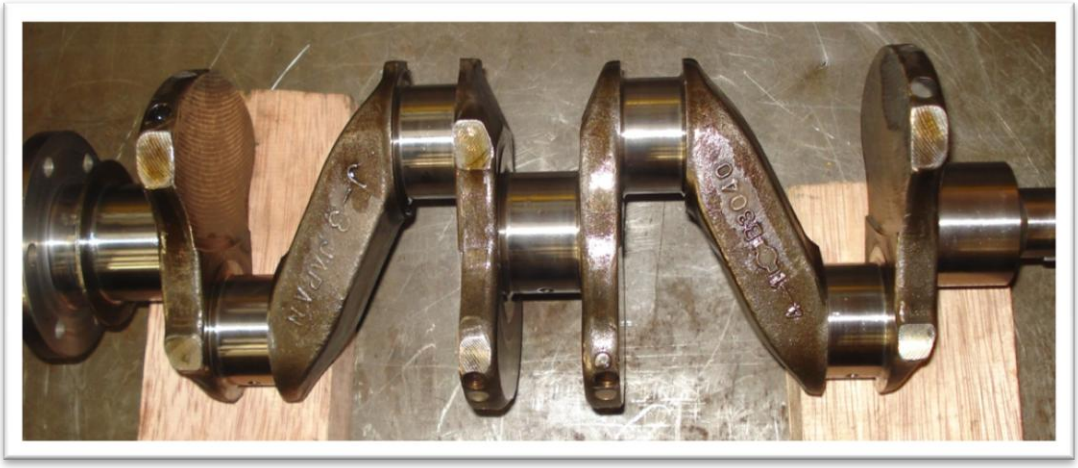


Figura1-14. Cigüeñal del motor J15. Fuente: Los autores.

1.4.4 Rectificación de la culata y sus elementos

La culata, cierra al bloque de cilindros por su parte superior y forma la cámara de combustión en la que se coloca las válvulas y las bujías. De ahí la necesidad que la superficie de su base sea perfecta para tener un cierre hermético con el bloque de cilindros.

Para tener una certeza de cuáles son los elementos de la culata a rectificar o sustituir, según sea el caso, tenemos que realizar una comprobación de cada uno de ellos.

Se realizó la revisión de todos los contornos de la culata, con el objetivo de verificar que no existan deformaciones o grietas que ocasionen perdidas del refrigerante, en lo cual constatamos que la culata se encontraba en buenas condiciones.

En la comprobación de la superficie de la base, tomada en varias posiciones con la ayuda de una regla y gauges, pudimos determinar la máxima holgura de $0{,}01\ mm$. Según datos del fabricante la tolerancia máxima es de $0{,}15\ mm$, ver figura 1-15, por lo tanto dicha medida se encuentra dentro de la tolerancia. Entonces, no es necesaria la rectificación de la culata.

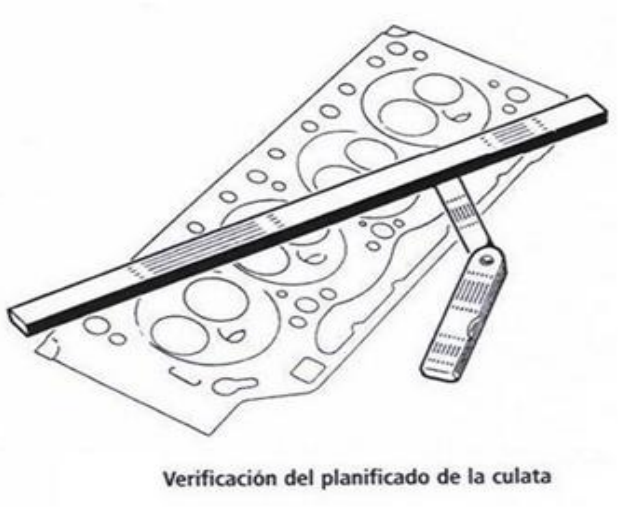


Figura1-15. Determinación de la deformación de la culata. Fuente: http://mundomotordiesel.blogspot.com/2008/08/culata.html

1.4.4.1 Válvulas

En cuanto al estado de las válvulas presentaban desgaste en los vástagos, hendiduras, principalmente las válvulas de admisión, lo cual, vendría a dificultar la correcta calibración de las válvulas.

Con el reloj comparador verificamos la holgura entre la guía y la válvula, previamente lubricada e instalada en la guía. La holgura máxima mostrada por el reloj es de $0{,}19\ mm$, debiendo tener una holgura máxima admisible durante el desgaste de $0{,}15 mm$. Todos estos problemas indican que es necesario el cambio de válvulas, conjuntamente con las guías y sellos de válvulas. Ver figura 1-16.

Además los sellos se encontraban en buenas condiciones, pero como sabemos, al momento de desmontar siempre se altera su forma original, por lo que serán necesarios nuevos sellos al momento de armar.

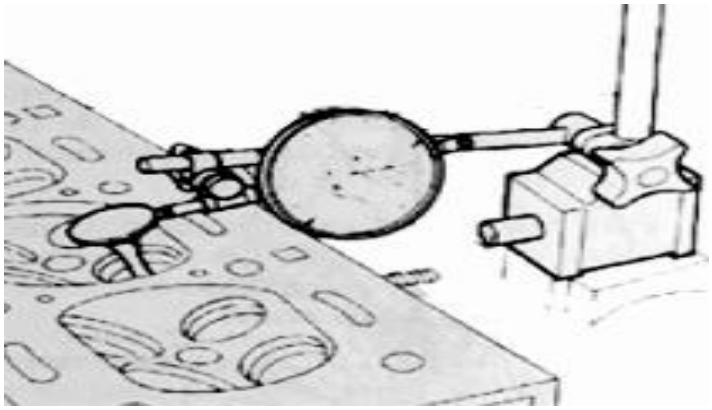


Figura1-16.Determinación de la holgura entre la válvula y la guía. Fuente: http://www.mecanicafacil.info/images/RectificandoLaValvula.jpg

1.4.4.2 Balancines

Todos los balancines no presentaban ralladuras ni imperfecciones, de igual manera en los puntos de apoyo no existían deformaciones. Por lo tanto se encuentran libres de cualquier rectificación o sustitución.

Figura1-17. Balancines del motor J15. Fuente: http://www.rodalmecanizados.com/fotos/balancines.JPG

1.4.4.3 Muelles

El muelle utilizado en este motor es de tipo helicoidal, la comprobación principal que se hace es medir la altura sin carga. Según el fabricante debería ser de 50 mm, verificando dicha medida todos los muelles cumplen teniendo una tolerancia máxima de 0,2 mm. Ver figura 1-18.

Figura1-18. Muelles de válvulas. Fuente: Los autores.

1.4.5 Árbol de levas y accionamientos

Se pueden observar que existen ralladuras en la superficie de las levas, por lo tanto procedimos a medir la altura, tomando en cuenta que el desgaste máximo es de 0,05 mm. La altura nominal de las levas según el fabricante debe ser de 37,60 mm. La siguiente tabla indica la altura de las levas medidas con un micrómetro:

# de Cilindro	Altura de levas	
	Admisión (mm)	Escape (mm)
1	37,58	37,56
2	37,57	37,57
3	37,57	37,55
4	37,56	37,57

Tabla 1-7. Medida de la altura de las levas. Fuente: Los autores.

Como podemos observar no existe desgaste excesivo en este elemento ya que el máximo encontrado es de $0{,}04\ mm$, por lo que no es necesario sustituirlo.

1.4.6 Cuerpo de cojinetes del árbol de levas

Inicialmente realizamos el cambio de los bujes del árbol de levas. Para la comprobación de su estado procedimos a medir el diámetro del cuerpo y el diámetro de los apoyos, verificando que su holgura no sea mayor $0{,}2\ mm$. Ver figura 1-19.

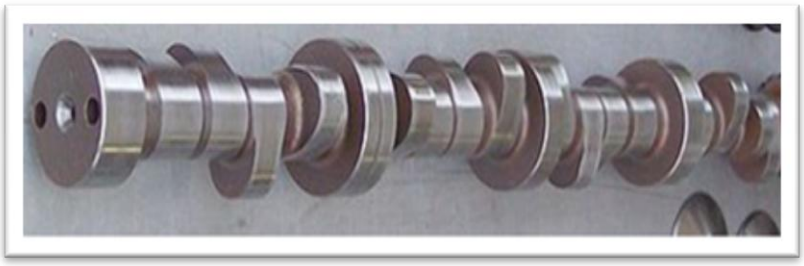


Figura 1-19. Árbol de levas. Fuente: Los autores.

La tabla 1-8 muestra las medidas de cada uno de los apoyos tomadas con un micrómetro de interiores y de exteriores.

Apoyo	Diámetro del cuerpo (mm)	Diámetro del árbol (mm)	Holgura (mm)
1	38,50	38,48	0,2
2	38,50	38,49	0,1
3	38,50	38,49	0,1

Tabla 1-8. Holgura entre el apoyo y el cuerpo del árbol de levas.

De acuerdo con las holguras tomadas pudimos verificar que se encontraban dentro del rango de tolerancia especificada, por lo tanto no es necesario el cambio del árbol de levas.

1.4.7 Cadena de accionamiento del árbol de levas

Durante el trabajo del motor, la cadena tiende a extenderse. Por lo tanto comprobamos el estado de los eslabones, grietas y otros deterioros en los rodillos y placas.

Además debemos verificar que no exista más de 4mm de alargamiento en la cadena, lo cual, en nuestro caso sobrepasaba dicha medida haciendo necesario la sustitución junto con los piñones y el tensor. Ver figura 1-20.

Figura 1-20. Cadena de distribución, piñones y tensor. Fuente: http://www.allproducts.com/traffic/jiuhmen/13-timing_chain_system-l.jpg

1.5 Proceso de armado

En este paso haremos énfasis en los proceso principales de armado de nuestro motor, pero antes de iniciar vamos a denotar las nuevas características con las que cuenta nuestro motor luego del proceso de reparación, las cuales servirán para guiar el proceso de armado. Ver tabla 1-9

Diámetro del pistón (estándar)	$\mathbf{77,94\ mm}$
Diámetro del cilindro (estándar)	$78\ mm$
Cigüeñal: Apoyos	0,040 pulgadas
Cigüeñal: Muñequillas	0,050 pulgadas
Árbol de levas	Estándar
Válvulas de admisión y escape	Nuevas

Juego de rines	Nueva
Cadena de la distribución	Nueva
Bomba de aceite	Nueva
Bomba de agua	Nueva
Bomba de gasolina	Nueva
Empaques	Nuevos

Tabla 1-9. Características de los nuevos elementos del motor. Fuente: Los autores

Luego debemos tener en claro cuáles son los torques que corresponden aplicar al motor, así también, hay que saber los datos básicos de calibración y tolerancia como son película de aceite, luz de punta de los segmentos, holgura pistón-cilindro, etc. Ver tabla 1-10.

Elementos a calibrar	**Calibración (mm)**
Luz de ruptor	0,35 a 0,45
Válvula de admisión	0,25
Válvula de escape	0,30
Película de aceite en los apoyos del cigüeñal	0,050 a 0,095
Película de aceite en las muñequillas de biela	0,036 a 0,086
Luz de punta del segmento	0,25 a 0,45
Holgura pistón-cilindro	0,06 a 0,08
Holgura ring de fuego-canal	0,045 a 0,077
Holgura ring de compresión- canal	0,025 a 0,057

Tabla 1-10. Medidas de calibración y tolerancia para el proceso de armado de los elementos del motor.

En la tabla 1-11 presentamos en valor de torques especificado por el fabricante.

CULATA	
Etapa 1	Apretar 20 N.m
Etapa 2	Apretar 40 N.m

Etapa 3	Apretar 49-59 N.m
OTROS PARES DE APRIETE.	
Cojinetes del cigüeñal	Fase 1: 49-54 N.m
Cojinetes del cigüeñal	Fase 2: 98-108 N.m
Cojinetes de la cabeza de biela	Fase 1: 13-18 N.m
Cojinetes de la cabeza de biela	Fase 2: 27-37 N.m
Volante/Disco de transmisión	49-59 N.m
Tornillo central de polea	118-157 N.m
Bujías de encendido	15-20 N.m

Tabla 1-11. Torque especificado por el fabricante para el motor J15.

1.5.1 Comprobación de la película de aceite entre los apoyos y las muñequillas del cigüeñal.

Lo primero que realizamos es la limpieza completa del cigüeñal para luego efectuar la pulida de los apoyos y muñequillas, esto con una lija fina número 600, de manera uniforme sobre todo el contorno.

Seguidamente limpiamos y pulverizamos asegurándonos de no dejar ninguna partícula en los canales de lubricación.

Una vez limpiado, pulido, y pulverizado ubicamos al cigüeñal en el bloque motor; luego colocamos hilo plástico (platigage) en cada apoyo en sentido longitudinal y montamos las bancadas con el torque especificado y en el orden correcto.

A continuación aflojamos todas las bancadas de la forma correcta y verificamos la holgura marcada por el hilo plástico, dicha medida es la holgura existente de la película de aceite, esta medida fue de $0{,}051\ mm$, figura 1-21, misma que está dentro de los parámetros establecidos en la tabla 1-10.

Figura1-21. Medida obtenida de la película de aceita con el hilo plástico. Fuente: Los autores.

1.5.2 Comprobación de la película de aceite para las muñequillas de biela y cigüeñal.

Igual que la comprobación anterior observamos el aplastamiento del hilo plástico, tomando la medida notamos que es de 0,051 *mm,* figura 1-22, cumpliendo así con la tolerancia establecida en la tabla 1-10.

Figura1-22. Medida del hilo plástico para la comprobación de la película de aceite. Fuente: Los autores.

Una vez comprobada las películas de aceite se procedió a retirar las marcar del hilo platico y limpiar perfectamente el cigüeñal para instalarlo definitivamente en el bloque, es decir con todas las partes bien lubricadas y con el torque de ajuste especificado. De tal manera que el cigüeñal debe girar suave sin ofrecer resistencia.

1.5.3 Luz de punta del segmento

Para esta comprobación fue necesario introducir uno de los segmentos nuevos en el cilindro y proceder a medir la holgura en sus respectivas puntas con la ayuda del calibrador de láminas, figura 1-23. Sus medidas fueron para todos los rines y en todos los cilindros de 0,30 mm. Dicha medida está dentro de los parámetros de tolerancia indicada en la tabla 1-10.

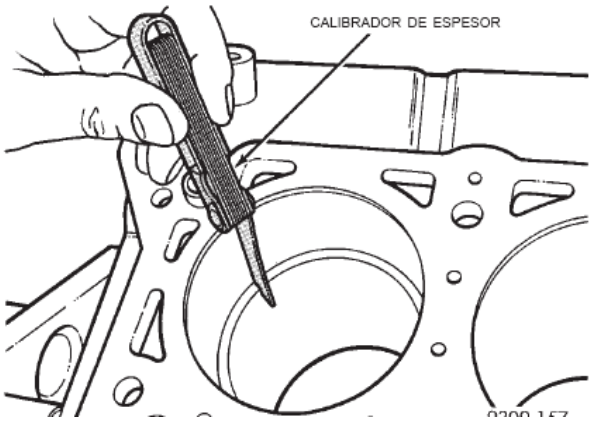


Figura1-23. Luz de punta de los segmentos. Fuente:
http://www.netvisa.com.mx/lecciones/stratus/luz-de-aros.gif

1.5.4 Holgura pistón-cilindro

En esta prueba fue necesario introducir parcialmente uno de los pistones en el cilindro y con un calibrador de láminas determinamos el espesor existente entre estos elementos, esta medida fue de 0,07 mm la cual está dentro de los parámetros establecidos y nos permite seguir con el armado de nuestro motor.

1.5.5 Holgura ring-canal

Para encontrar la holgura existente entre el ring y su cavidad en el pistón, procedimos a colocar parte del ring en su respectiva ranura, como se muestra en la figura 1-24, y mediante un calibrador de láminas observamos que la holgura existente es de 0,05 *mm* para los rines de fuego y de compresión, dicha medida está dentro de los parámetros establecidos en la tabla 1-10.

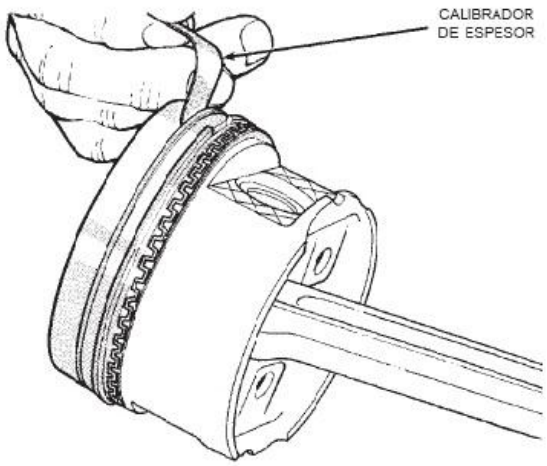


Figura1-24. Holgura ring-canal del pistón. Fuente:
http://www.netvisa.com.mx/lecciones/stratus/luz-de-aros.gif

1.5.6 Montaje de los segmentos en el pistón

Con la ayuda de un expansor de rines se coloca en orden los segmentos, comenzando desde el de aceite, luego el de compresión y por último el segmento de fuego. En cada uno de los segmentos se verificó que las señales se encuentren hacia arriba y que la posición sea como se muestra en la figura 1-25. Luego del montaje procedimos a lubricar en abundancia todos los segmentos con el mismo aceite que va utilizar el motor.

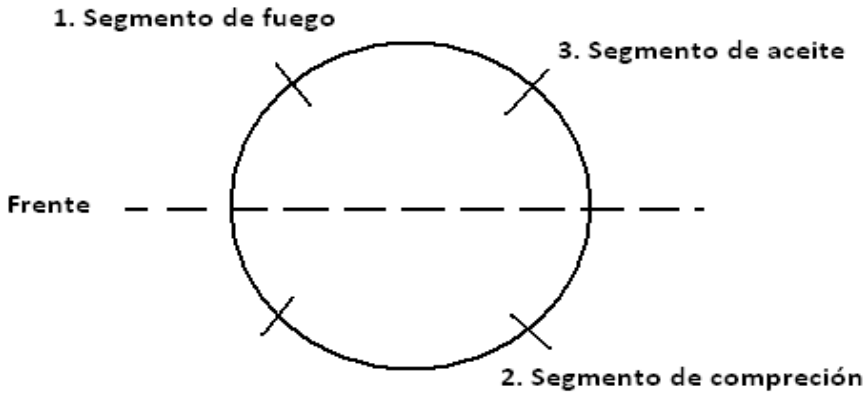


Figura1-25. Posición de los segmentos en el pistón. Fuente: Los autores.

1.5.7 Montaje de los pistones en los cilindros

El primer paso antes del montaje de los pistones fue lubricar en abundancia la superficie del cilindro, luego con la ayuda de una faja de rines se comprimieron los mismos sin alterar la posición de los segmentos.

Teniendo en cuenta el frente del motor pudimos introducir el pistón en el cilindro, en seguida colocamos el sombrerete de la biela con la señal de montaje en posición correcta y procedimos asentar inicialmente los pernos de sujeción. De igual manera se repitió el proceso en el pistón cuatro ya que trabaja a la par con el pistón uno.

Luego giramos al cigüeñal media vuelta y montamos los pistones dos y tres respectivamente, repitiendo el mismo proceso del pistón uno. Con todos los pistones montados pudimos darles el torque especificado empezando desde el centro y en forma de espiral. En este punto se debe observar que el cigüeñal gire con una mínima resistencia y de manera uniforme.

1.5.8 Montaje de los elementos del cabezote

Como ya se indicó, en el cabezote procedimos a cambiar las guías y sellos ya que presentaban mucho desgaste con respecto a la holgura de la válvula.

También realizamos la rectificación de los asientos de válvulas, pues como montamos válvulas nuevas tuvimos que realizar el asentamiento respectivo en cada una.

Luego de esto procedimos con los siguientes pasos:

- Limpieza del cabezote, pulverizándole con gasolina y aire comprimido.
- Montaje de las arandelas de asentamiento de los muelles.
- Montaje de los nuevos sellos de válvulas.
- Colocación de las válvulas lubricadas, con sus muelles y cazoletas.
- Armado del juego de balancines conjuntamente con sus muelles de recuperación.
- Lubricación de los apoyos del árbol de levas para poder montarlo en la posición correcta.

Luego de estos pasos se procedió montar la culata en el bloque motor, para ello colocamos la junta respectiva sobre el bloque y con las señales hacia arriba. En seguida asentamos la culata ubicándola correctamente con la ayuda de sus pernos, a los cuales les damos el torque de ajuste y el orden especificado por el fabricante.

1.5.9 Montaje de los elementos de la distribución

Primero instalamos los piñones de la distribución, tanto del cigüeñal como del árbol de levas junto con su medio de enlace que es la cadena, aquí nos fijamos la sincronía de las señales entre piñones y que el cilindro número uno esté en fase de explosión.

Luego colocamos el tensor de la cadena y damos el torque de ajuste especificado al tornillo del piñón del árbol de levas. Para verificar si las señales del piñón del cigüeñal y del árbol de levas coinciden con las señales fijas en el bloque giramos varias veces el eje del cigüeñal y comprobamos el alineamiento, ver figura 1-26.

Figura1-26. Sincronía de las señales de los piñones de distribución. Fuente: Los autores.

Para completar este trabajo se procedió a la calibración del jugo de válvulas entre accionamientos y vástagos de válvulas. La medida especificada por el fabricante es de 0,25 y 0,30 *mm* para admisión y escape, respectivamente. Ver figura 1-27.

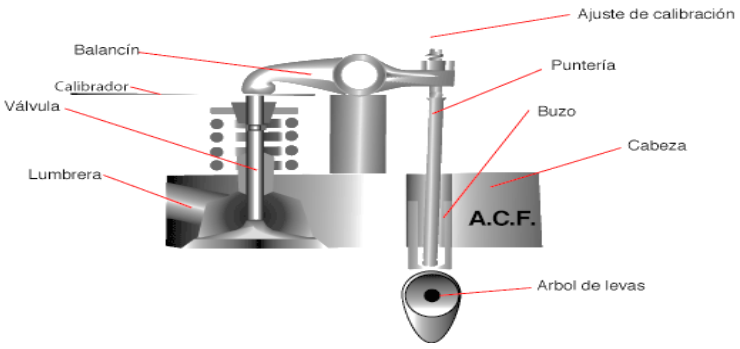


Figura 1-27. Calibración de válvulas. Fuente:

http://img341.imageshack.us/img341/5662/levaskb8.png

1.5.10 Montaje de los elementos auxiliares del motor

Una vez que colocamos el motor en su habitáculo y asegurarlo con todos sus pernos, procedimos a instalar los elementos anexos como el motor de arranque, el radiador con toda su protección, el alternador, la tapa de válvulas, carburador colector de admisión y escape.

Seguidamente instalamos los acoples auxiliares, como son los siguientes:

- Mangueras del radiador
- Cables del acelerador y estrangulador
- Cables de masa
- Cables del alternador
- Cables del motor de arranque
- Cables del distribuidor
- Cañerías de la bomba de gasolina

1.6 Pruebas de funcionamiento

Antes de encender el vehículo ajustamos el nivel del aceite, agua y gasolina, observando que no existan fugas. Luego por una hora le mantuvimos al motor en ralentí, hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento que es dé 80℃ aproximadamente, todo con el objetivo de que los elementos internos se acoplen.

Luego recalibramos las válvulas a la medida especificada por el fabricante. También se calibro el tiempo dinámico de encendido del motor el cual lo dejamos en $12° \ APMS$.

La comprobación final fue medir la compresión, los valores presentamos en la tabla 1-12:

# de Cilindro	Presión [PSI]
1	120
2	120
3	120
4	120

Tabla 1-12. Compresión medida en cada uno de los cilindros. Fuente: Los autores

1.7 Resultados de la cilindrada y la relación de compresión

Una de las características principales que resulta luego de una rectificación de los elementos del motor, es sus nuevas medidas, las cuales intervienen directamente en el funcionamiento del motor. En esta parte calcularemos la nueva cilindrada con que va trabajar el motor Datsun J15 y su relación de compresión.

En la tabla 1-13 presentamos los valores iníciales de cilindrada, carrera, volumen unitario y relación de compresión. Estas medidas nos ayudaran a comprender la variación del motor luego de la rectificación.

Valores iníciales del motor.	
Diámetro del cilindro	7,88 [cm]
Carrera del pistón	7,759 [cm].
Volumen unitario	378,3 [c.c.]
Cilindrada total	1513,5 [c.c.]
Relación de compresión	9,04: 1

Tabla 1-13. Valores iníciales del motor. Fuente: Los autores.

1.7.1 Cilindrada

Es la suma del volumen útil de todos los cilindros, para lo cual tendremos que calcular el nuevo volumen de cada cilindro y multiplicar por el número total de cilindros.

$$V_u = \frac{\pi \times d^2}{4} \times s$$

Ecuación 1

$V_u = volumen\ unitario\ [cc]$

$V_T = cilindrada\ tota\ [cc]$

$d = diámetro\ del\ cilindro\ [cm]$

$s = carrera\ del\ pistón\ [cm]$

$$\boldsymbol{V_T = V_u \times 4}$$

Ecuación 2

Datos:

$$d = 78{,}40\ [mm] \therefore 7{,}84[cm]$$

$$s = 77{,}59[mm] \therefore 7{,}759[cm]$$

Cálculos:

$$V_u = \frac{\pi \times (7{,}84)^2}{4} \times 7{,}759$$

$$V_u = 374{,}56\ [cc]$$

$$V_T = 374{,}56 \times 4$$

$$V_T = 1498{,}26[cc]$$

1.7.2 Relación de compresión

Nos va ayudar a medir la proporción que se ha comprimido la mezcla, definiendo la relación entre el volumen total del cilindro y el volumen de la cámara de combustión.

$$R_c = \frac{V_u + V_c}{V_c}$$

Ecuación 3

$$R_c = Relacion\ de\ compresion$$

$$V_c = Volumen\ de\ la\ camara\ de\ combustion\ [cc]$$

Datos:

$$V_u = 374{,}56\ [cc]$$

$$V_c = 47[cc]$$

Cálculos:

$$R_c = \frac{374{,}56 + 47}{47}$$

$$R_c = 8{,}9{:}\ 1$$

1.7.3 Variación de los resultados

Tomando como referencia los valores iníciales presentados en la tabla 1-13, podemos decir que la cilindrada del motor J15 disminuyo con una variación teóricamente de $14{,}9\ cc$. Esto es justificable ya que los cilindros estaban en su punto máximo de desgaste.

En cuanto a la relación de compresión, también existe variación con respecto al valor teórico calculado, ya que inicialmente existía un desgaste al límite de los cilindros. Lo que ayuda a tener más relación de compresión en comparación a la nueva medida estándar.

En la tabla 1-14 mostramos la cilindrada y la relación de compresión anterior en comparación con las nuevas obtenidas.

	Antes de la reparación	**Posterior a la reparación**
Cilindrada [cc]	1513,5	1498,26
Relación de compresión	9,04: 1	8,9: 1

Tabla 1-14. Cilindrada y relación de compresión. Fuente: Los autores.

CAPITULO II

2 CÁLCULO DE PAR Y POTENCIA DEL MOTOR EN DIFERENTES PORCENTAJES DE GASOLINA Y ETANOL

2.1 Estudio del combustible y el aire

Antes de calcular lo establecido en el capítulo, es necesario analizar los elementos que intervienen en el proceso de combustión. Definiendo así las propiedades, ideales y reales, del aire y de los combustibles a ser utilizados. Lo cual nos llevara a cálculos de par y potencia lo más cercano posible a la realidad.

La gasolina, mezcla de hidrocarburos procedentes de la destilación fraccionada del petróleo, es el combustible principal de los vehículos.

El etanol se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro, volátil, inflamable, soluble en el agua y de alto octanaje. Además de ser compuesto orgánico en diferencia a los hidrocarburos ya que se obtiene de la biomasa de la caña de azúcar.

El Gasohol es la mezcla en porcentaje (%) de volumen de la gasolina con alcohol carburante, es decir, la combinación de la gasolina y etanol en distintas proporciones, para uso como combustible en motores de explosión diseñados para quemar derivados del petróleo.

2.1.1 Propiedades de la gasolina

La gasolina también recibe el nombre de combustibles hidrocarburos y se denotan por la formula general C_nH_m. En química se trata como un octano que es un hidrocarburo y un alcano con la fórmula química C_8H_{18}.

Las gasolinas empleadas en los motores de combustión interna requieren determinadas características en cuanto a volatilidad, tensión de vapor, poder calorífico, resistencia al picado, que son cualidades que establece la calidad del combustible.

La *volatilidad* de una gasolina es el rango de temperaturas desde que comienza a hervir la mezcla hasta que se evapora todo el líquido normalmente hasta los $200℃$.

El *Calor de vaporización* es la cantidad de energía necesaria para transformar un líquido en vapor a temperatura y presión constante.

*Fluidez y punto de congelación***,** esta propiedad se valora según el poder de filtración, el cual representa la temperatura más baja mediante pruebas, en donde el combustible pueda fluir por su propio peso. Es un factor importante dado que es necesario que el combustible fluya libremente a la temperatura más baja posible. La resistencia al frío de la gasolina se caracteriza por el punto de cristalización, en las gasolinas comunes este punto generalmente se presenta por debajo de $-20℃$.

*Pureza y residuos de contaminación***,** los combustibles deben estar libres de impurezas de tal manera que no dificulten el funcionamiento del motor. Con este propósito se limita la cantidad de azufre, la acidez y el porcentaje de sustancias resinosas. Los dos primeros originan compuestos corrosivos que afectan distintos

componentes del motor. Las sustancias resinosas, conocidos como gomas tienden a formar depósitos en los conductos de aspiración, segmentos y otras partes que dificultan su funcionamiento.

Consumo del aire, es la cantidad de aire necesaria para la combustión completa de un carburante.

Dicha cantidad debe resistir determinada compresión sin auto inflamarse o de lo contrario la combustión será descontrolada e ineficiente y el rendimiento del motor muy bajo, el *Número de Octanos* mide esa capacidad y se conoce como Octanaje de la gasolina, de manera que mientras mayor sea el número de Octano más alta es la capacidad de comprimirse sin auto inflamación.

Peso específico, esta propiedad es utilizada para designar los diferentes tipos de combustibles, permitiendo calcular los datos de volumen y peso.

Cenizas residuales, cuando se quema un combustible queda un residuo sólido que conocemos como "cenizas", son fuertemente abrasivas y desgastan el motor rápidamente por eso se limita la cantidad residual de ellas en las gasolinas.

2.1.1.1 Análisis ideal de la gasolina

Según, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935:2010 Séptima Revisión[1], presenta los siguientes requisitos para la gasolina:

- **Objeto**

  Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la gasolina destinada al uso en motores de ciclo Otto.

- **Alcance**

[1] Anexo 1-.1. NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 935:2010, Séptima revisión, GASOLINA. REQUISITOS.

Esta norma se aplica a las gasolinas que se comercializan al país, sean de producción nacional o importada, exceptuando la de aviación.

- **Definiciones:**

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2 341 y la que a continuación se detallan.

Gasolina: mezcla de hidrocarburos relativamente volátiles, libres de agua, sedimento y material sólido en suspensión.

Gasolina oxigenada: mezcla de carburantes constituida por una fracción de derivado de petróleo de carácter volátil con un compuesto líquido que en su molécula contiene oxígeno y en proporciones específicas; destinada a utilizarse como combustible para motores de ciclo Otto.

Número de octano: es una medida de las características antidetonantes de las gasolinas.

RON: siglas de idioma inglés (Research Octane Number) que identifica al método para cuantificar el número de octano de una gasolina mediante el procedimiento normalizado, conocido como “Research”.

MON: siglas del idioma ingles (Motor Octane Number) que identifica el método para cuantificar el número de octano de una gasolina, mediante el procedimiento normalizado, conocido como “Motor”.

Índice antidetonante (IAD): Conocido también como índice de octano. Es la semisuma del número de octano obtenido por el método Research (RON) y el número de octano obtenido por el método Motor (MON).

$$\text{IAD} = \frac{\text{MON} + \text{RON}}{2}$$

- **Clasificación**

Las gasolinas de acuerdo con su octanaje se clasifican en dos tipos:

- Gasolina extra
- Gasolina súper

- **Disposiciones generales**

El producto observado a simple vista debe ser limpio, exento de agua y de materiales en suspensión.

A las gasolinas no se deben agregar aditivos mejoradores de octanaje órgano metálicos que contengan hierro, manganeso y plomo.

- **Requisitos específicos:**

La gasolina extra debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 2-1.

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research	RON *	81,0	--	NTE INEN 2 102
Destilación : 10%	℃	--	70	NTE INEN 926
50%	℃	77	121	
90%	℃	--	189	
Punto final	℃	--	215	
residuo de destilación φ_r	%	--	2	
Relación vapor – líquido, a 60℃ , V/L	--	--	20	NTE INEN 932 ASTM D 5188
Presión de vapor	kPa[A]	--	56[B]	NTE INEN 928[C] ASTM D 4953 ASTM D 5191[D]
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50℃)	--	--	1	NTE INEN 927
Contenido de gomas	mg/100 cm^3	--	3,0	NTE INEN 933
Contenido de azufre, W_s	%	--	0,075	NTE INEN 929 ASTM D 4294[D]
Contenido de aromáticos, φ_a	%	--	30,0	NTE INEN 2 252[D] ASTM D 6730
Contenido de benceno, φ_b	%	--	1,0	ASTM D 3606[C] ASTM D 5580[D] ASTM D 6277
Contenido de olefinas, φ_o	%	--	18,0	NTE INEN 2 252[D] ASTM D 6730
Estabilidad a la oxidación	mín	240	--	NTE INEN 934
Contenido de oxígeno, w_{o2}	%	--	2,7[E]	ASTM D 4815[D] ASTM D 5845
Contenido de plomo	mg/l	--	Ver notas F y G	ASTM D 3237 ASTM D 5185
Contenido de manganeso	mg/l	--	Ver notas F y H	ASTM D 3831 ASTM D 5185
Contenido de hierro	mg/l	--	Ver notas F y I	ASTM D 5185

A 1 kPa = 0,01 kgf/cm^2 = 0,10 N/cm^2 = 0,145 kgf/pul^2.
B En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor puede llegar hasta 62 kPa.
C Método de ensayo utilizado para combustible gasolina sin etanol.
D Este método es considerado el método dirimente para los casos de arbitraje o peritación.
E El equivalente en masa de etanol anhidro agregado a la mezcla.
F Sin adición intencional.
G No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3237.
H No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3831.
I No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 5185.
* No existe unidad del SI

(Continúa)

Tabla 2-1 Requisitos de la gasolina extra. Fuente: NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 935:2010, Séptima Revisión, GASOLINA. REQUISITOS, p.2.

2.1.1.2 Análisis real de la gasolina

Gasolina Extra. La gasolina automotriz es una mezcla compleja compuesta de naftas de todos los grupos como: butano, nafta ligera, nafta pesada, nafta debutanizada, nafta tratada y nafta reformada, productos obtenidos en procesos de destilación atmosférica, craqueo catalítico y reformación catalítica. Estas fracciones están combinadas de acuerdo a las normas técnicas del INEN, especialmente en lo referente al contenido de hidrocarburos aromáticos por ser considerados altamente cancerígenos. La combinación de estas proporciones de hidrocarburos se evapora con facilidad y se combinan con el aire atmosférico conformando las denominadas mezclas carburantes.

Esta gasolina ha sido diseñada para ser utilizada en motores de combustión interna de encendido por chispa y de compresión moderada, debido a que, a mayor compresión en el pistón se eleva la temperatura de la mezcla carburante y se produce el rompimiento de moléculas de los hidrocarburos parafínicos lineales, de

esta manera dan origen a la aparición de radicales libres que producen el fenómeno de la detonancia, en base a este resultado se establece el índice de antidetonancia. (Petroecuador, 2008)[2]

Características

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Número de Octano Research	RON	80	--	*
Ensayo de destilación				INEN 926
10%	°C	--	70	INEN 926
50%	°C	77	121	INEN 926
90%	°C	--	190	INEN 926
Punto Final	°C	--	220	INEN 926
Residuo	% en V	--	2	INEN 926
Relación vapor líquido a 60°C	--	--	20	INEN 932
Corrosión lámina de Cobre	--	--	Nº1	INEN 927
Presión de Vapor REID	kPa**	--	62	INEN 928
Contenido de Gomas	mg/100 cm	--	35	INEN 933
Contenido de Azufre	% en peso	--	0.20	INEN 929
Estabilidad de la Oxidación	Min	240	--	INEN 934
* Hasta que se emita la NTE INEN, usar las normas ASTM D-2699 ** 1 kPa = 0.01 kgf/cm2 = 0.10 N/cm2 = 0.145 ibf/pilg2				

Tabla 2-2. Características de la gasolina extra. Fuente: PETROECUADOR, Gasolina Extra 2008.

2.1.2 Propiedades del aire

El aire es una mezcla de gases incolora, inodora e insípida que rodea a la tierra. En una base molar o de volumen, el aire seco está compuesto por 20,9% de oxígeno, 78.1% de nitrógeno, 0.9% de argón y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, helio, neón e hidrogeno. En el análisis de los procesos de combustión, el

[2]PETROECUADOR, Gasolina Extra 2008.
http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os_jQAN9AQzcPIwMDdwtzA08DLy9jYxN3QwtvU6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-_DrB8kb4ACOBhB5HDa4h5nhlbdwNtT388jPTdUvyI0wyPTUdQQA1jFWDg!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUTFGSDIwOEcxNzBJODlQNjZVSDJHMjU!/

argón en el aire se trata como nitrógeno, en tanto que los gases que existen en cantidades muy pequeñas se descartan. De modo que el aire seco puede considerarse aproximadamente como 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno en números molares.

Por consiguiente cada mol de oxígeno que entra a una cámara de combustión será acompañada por $0.79/0.21 = 3.76$ mol de nitrógeno. Es decir:

$$1kmol\ O_2 + 3.76\ kmol\ N_2 = 4.76\ kmol\ de\ aire$$

Durante la combustión el nitrógeno se comporta como un gas inerte y no reacciona con otros elementos químicos más que para formar una muy pequeña cantidad óxidos nítricos. (Yanus Cengel, 2003).[3]

Cada uno de estos gases que componen el aire, se comportan de acuerdo a la ley de Dalton. Brevemente, esta ley nos dice que una mezcla de dos o más gases, pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo y que cada uno actúa independientemente de los otros, como si no estuvieran allí. En donde, cada uno tiene su propia densidad, su propia presión, respondiendo a los cambios de volumen y temperatura.

En cuanto a las propiedades físicas del aire, tenemos; La *Expansión*, es el aumento de volumen de una masa de aire al verse reducida la presión ejercida por una fuerza o debido a la incorporación de calor. La *Contracción*, es la reducción de volumen del aire al verse presionado por una fuerza, pero este llega a un límite y el aire tiende a expandirse. La *Fluidez*, es el flujo de aire de un lugar de mayor a menor concentración sin gasto de energía. La *Presión atmosférica*, es la fuerza que ejerce el aire a todos los cuerpos.

2.1.2.1 Análisis ideal del aire

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2378:2004 primera edición[4]. Presenta los requisitos del aire Requisitos.

[3] GENGEL, Yanus, Termodinámica, México 2003, 4ta Edición, p.683.

- **Objeto**

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aire con fines medicinales e industriales.

- **Alcance**

Esta norma se aplica al aire, obtenido del aire atmosférico o del aire sintético producido por la mezcla de oxígeno y nitrógeno en proporciones adecuadas que se utiliza con fines medicinales e industriales o en equipos de respiración y aplicaciones analíticas.

- **Definición**

Aire. Mezcla química constituida por 78,09 % de Nitrógeno, 20,94 % de Oxígeno, 0,93 % de Argón y pequeñas trazas de otros gases raros y vapor de agua. Es incoloro, no corrosivo, no toxico ni inflamable, de densidad 1,20 kg/m^3, punto de ebullición -194,3 °C, punto de congelación -216,2 °C en condiciones normalizadas.

- **Clasificación**

El aire de acuerdo a sus usos se clasifica en los tipos:

- A= aire industrial
- L= Aire para equipos de respiración de auto contenido
- D= Aire respirable para situaciones de emergencia
- E=Aire para equipos de respiración bajo el agua
- J= Aire para aplicaciones analíticas
- N=Aire medicinal

[4] Anexo 1-2. NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2378:2004. Aire requisitos. Primera revisión.

- **Requisitos específicos:**

Requisitos químicos ver tabla 2-3.

Requisitos	Unidad	Tipos de Aire y valores máximos						Método de ensayo
		A	L	D	E	J	N	
Oxígeno*	%V/V	21,4	21,4	21,4	22,0	21,4	21,4	numeral 8.1
Humedad **	ml/m³	-	24	-	-	1	67	numeral 8.2
Monóxido de carbono ***	ml/m³	-	-	10	10	1	10	numeral 8.3
Dióxido de carbono	ml/m³	-	-	1000	1000	0,5	500	numeral 8.4
Dióxido de Azufre	ml/m³	-	-	-	-	0,1	5	numeral 8.5
Óxido nitroso	ml/m³	-	-	-	-	0,1	-	numeral 8.6
Óxido Nítrico	ml/m³	-	-	-	-	-	2.5	numeral 8.7
Dióxido de nitrógeno	ml/m³	-	-	-	-	0,1	2,5	numeral 8.8
Solventes Halogenado	ml/m³	-	-	-	-	0,1	-	numeral 8.9
Hidrocarburos Totales	ml/m³	-	-	-	25	0,5	-	numeral 8.10
Aceite	mg/m³	-	-	5	5	-	0,1 (1)	numeral 8.11
Olor (2)	-	-	-	-	-	-	No perceptible	numeral 8.12

* La concentración máxima de oxígeno para todos los tipos de aire es de 21,4 % V/V a excepción del tipo E que es de 20,0% V/V.
** Para el Aire sintético solo es necesario analizar la impureza de humedad.
*** 1 ppm (V/V) = 1 ml/m³
(1) Si se aplica el método descrito en el numeral 8.11.1 la especificación en: No perceptible.
(2) La medida específica de olor en aire no es práctica. El aire puede tener un ligero olor pero la presencia de un olor pronunciado no es aceptable.

Tabla 2-3. Requisitos químicos del aire. Fuente: NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 378: 2004, AIRE REQUISITOS. Primera edición, p.3.

2.1.2.2 Análisis real del aire

El equipo analizador de gases que utilizaremos proporciona en tiempo real, los niveles en que se encuentra los elementos que componen el aire.

Los elementos medidos son: oxigeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Los resultados obtenidos, previa la medición de gases de escape, se muestran en la figura 2-1.

Figura2-1. Elementos del aire medidos por el equipo de gases. Fuente: Los autores.

Comparando los resultados obtenidos por el equipo de medición y lo establecido en la norma INEN 2378:2004 en cuanto a los requisitos específicos para aire industrial, establecemos que el aire aspirado por nuestro motor está dentro de los parámetros establecidos.

2.1.3 Propiedades del etanol anhidro

El etanol anhidro es incoloro e inflamable con punto de ebullición de 78°C. Se caracteriza por ser compatible con la gasolina y contener como máximo 0.5% agua. Como combustible representa una opción muy atrayente debido a las bajas emisiones ya que puede ser obtenido de fuentes renovables. Tradicionalmente el etanol se obtiene por la destilación del producto de la fermentación de caña de azúcar.

Su fórmula química es C_2H_5OH. El etanol proporciona mejores características a la gasolina, en cuanto al octanaje el etanol tiene un número medio de 116 comparado con 82 que tiene la gasolina extra, además tiene una presión de vapor inferior a la gasolina, resultando menores emisiones de evaporación.

Las razones de utilizar combustibles alternativos es de evitar la contaminación del medio ambiente ya que el etanol usado como carburante tiene un excelente resultado para reducir las peligrosas emisiones vehiculares protegiendo por consiguiente el medio ambiente y la salud pública. El etanol tiene un contenido de 35% más de oxígeno en peso. Mediante el incremento de oxígeno en el combustible, el etanol mejora la combustión de la máquina y reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y otros contaminantes precursores de formación de ozono.

2.1.3.1 Análisis ideal del etanol anhidro

Según, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2478:2000, ETANOL ANHIDRO, Primera Edición[5], presenta los requisitos.

- **OBJETO**

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el etanol anhidro.

- **ALCANSE**

Esta norma se aplica para el etanol anhidro grado carburante y etanol anhidro grado carburante desnaturalizado que se obtenga de procesos de fermentación utilizado en mezclas con combustibles líquidos.

- **DEFINICIONES**

Para efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

Etanol. Es un alcohol primario que contiene dos átomos de carbono, la formula química C_2H_5OH.

[5] Anexo 1-3. NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2478:2009. Etanol anhidro, requisitos. Primera Edición.

Etanol anhidro. Es el obtenido mediante un proceso de destilación.

Etanol anhidro grado carburante. Es el etanol anhidro utilizado en mezclas con combustibles líquidos.

Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado. Es el etanol anhidro grado carburante al que se agrega una sustancia desnaturalizante.

Sustancia desnaturalizante. Es la que se agrega al etanol anhidro grado carburante que lo hace inapropiado para la ingesta humana.

- **CLASIFICACIÓN**

El etanol anhidro se clasifica en:

- Etanol anhidro grado carburante.
- Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado.

- **DISPOSCIONES GENERALES**

El etanol anhidro grado carburante y etanol anhidro grado carburante desnaturalizado deben ser incoloros, transparentes, y estar libres de impurezas y de materiales en suspensión.

- **REQUISITOS ESPECÍFICOS**

El etanol anhidro grado carburante debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 2-4.

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Φ Contenido de etanol	%	99,6	--	NTE INEN 340
Acidez total (Como acido acético)	mg/100ml	--	3,0	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	µS/m	--	500	ASTM D 1125
Densidad a 20°C	kg/m^3	--	791,5	ASTM D 4052
Contenido de cloruros	mg/l	--	32	ASTM D 512
Φ Contenido de agua	%	--	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	--	0,1	ASTM D 1688**
Residuo por evaporación	mg/100ml	--	5,0	ASTM D 381
* Utilizar el método C modificado ** Utilizar el método A modificado				

Tabla 2-4. Requisitos específicos del etanol anhidro grado carburante. Fuente: NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 478: 2009, ETANOL ANHIDRO. REQUISITOS, Primera edición, p.2.

2.1.3.2 Análisis real del etanol anhidro

PRODUCARGO S.A. Es una empresa productora de alcoholes. El método de obtención es mediante la destilación de mostos frescos de melaza de caña y posterior deshidratación.

En la figura 2-2 se presenta los diferentes tipos de alcoholes y sus usos.

TIPOS Y USOS DEL ALCOHOL

PRODUCTO / MERCADO	EXTRA NEUTRO	ALCOHOL CRUDO	ALCOHOL INDUSTRIAL ANHIDRO	TAFIAS PESADAS DE RON	TAFIAS LIVIANAS DE RON
Bebidas alcohólicas finas	X				
Licores finos	X				
Bebidas alcohólicas	X	X		X	X
Cosméticos	X				
Industrial	X				
Tinta flexo gráfica	X	X	X		
Solventes			X		
Carburantes			X		
Oxigenantes comb.			X		
Biogasolina			X		
Biodiesel			X		

Figura2-2. Tipos y usos de alcohol producidos por *PRODUCARGO S.A.* Fuente: http://www.producargo.com/es/productos/division-alcohol/tipos-y-usos-de-alcohol.html

La ficha técnica del alcohol etílico anhidro, se presenta en la tabla 2-5.

	TIPO DE ANÁLISIS	RESULTADOS	
Grado alcohólico	Analítico	99,8	*°GL a 20℃*
Densidad	Analítico	0,7892	*g/ml*
Acidez	Volumétrico	14	*mg/1000ml*
Masa especifica	Analítico	0,791	*Kg/L a 20℃*
% de Humedad	Volumétrico	0,2	*w/w a 20℃*
Residuo fijo	Volumétrico	10	*mg/L*
Metanol	Cromatografico	10	*mg/1000ml*

Tabla 2-5. Ficha técnica del alcohol etílico anhidro. Fuente: PRODUCARGO S.A.[6]

2.2 Condiciones de elección de la cantidad proporcional del combustible

Es necesario estudiar los combustibles a mezclar (gasolina/etanol) con la finalidad de que nuestro motor no sufra alteraciones en el funcionamiento cuando utilicemos las combinaciones.

El análisis nos servirá para obtener resultados lo más cerca a la realidad en lo que se refiere a la utilización de combustibles alternativos.

Los elementos que van a estar en contacto directo con los combustibles mezclados son:

- Depósito
- Cañerías
- Bomba
- Filtro
- Carburador

[6] Anexo 1-4. Ficha técnica y certificado de control de calidad. PRODUCARGO S.A.

Todos estos componentes están formados de elementos metálicos y elastómeros. Por lo tanto el análisis se centrara en estos materiales

2.2.1 Análisis de materiales metálicos en contacto con gasolina/etanol

Lo más importante de la adición de etanol a la gasolina, es que acelera la corrosión del acero, principalmente debido a la eventual presencia de agua en la mezcla y la presencia de ácidos orgánicos. Los problemas pueden agravarse si se da una separación de fases del Gasohol, produciendo una fase acuosa con algún contenido alcohólico, que tiende a ser más corrosiva que el propio Gasohol. Por otra parte la corrosividad de mezclas de etanol y gasolina es directamente proporcional a la concentración alcohólica.

Para mezclas con hasta el 10% de etanol, el impacto del Gasohol sobre el desgaste de componentes metálicos fue bastante estudiado y es considerado irrelevante, comparada con la gasolina normal. De hecho, la mayoría de fabricantes no ponen restricciones al uso de Gasohol con este porcentaje de etanol. Para mezclas con mayor contenido de etanol no se dispone de muchos estudios, por lo que hay preocupación por problemas de compatibilidad y corrosividad. Estos temores son confirmados por el hecho de que en Brasil, país de más larga experiencia en el uso de mezclas Gasohol, con amplia adopción de mezclas de entre 14% y 24% de etanol a partir de los años setenta, se prevé introducir paulatinamente numerosas modificaciones en los sistemas de combustibles de los vehículos. Actualmente, procesos de recubrimiento metálico y protección, como niquelados, son comunes en tanques de combustibles de todos los coches brasileños.(Horta Luis, 2004)[7]

2.2.2 Análisis de materiales elastómeros en contacto con gasolina/etanol

El efecto del etanol presente en la mezcla sobre los elastómeros depende también de la calidad de la gasolina base. Productos como el benceno contribuyen para degradar más aceleradamente muchos tipos de plásticos y algunos estudios han demostrado

[7]HORTA, Luis, *Aspectos Complementarios para la Definición de un Programa de Bioetanol en América Central*, CEPAL México 2004, p.22. Disponible en: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/14850/r857.pdf

que el contenido de etanol es algunas veces menos importante que el contenido de aromáticos en la composición de la gasolina. En contacto con el Gasohol, materiales como el caucho natural y sintético pueden dar problemas a lo largo del tiempo.

En la tabla 2-6 se presenta el comportamiento de las principales familias de plásticos modernos frente al etanol puro, donde destacan los denominados fluorelastómeros, como el Teflón. Es por esta razón que desde mediados de los años ochenta todos los vehículos emplean este material, absolutamente compatible con mezclas de etanol y gasolina en cualquier contenido.[8]

Plásticos	Durabilidad
Polietileno convencional	Aceptable
Polipropileno	Aceptable
Polimetilpenteno (PMP)	Aceptable
Policarbonato	Aceptable
Cloruro de polivinil (PVC)	Aceptable
Polietileno de alta densidad	Excelente
Poli-tetrafluoretileno (Teflón y Tefzel)	Excelente

Tabla 2-6. Durabilidad de materiales plásticos en el etanol. Fuente: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/14850/r857.pdf

Aceptable: No ocurren daños después de 30 días de exposición.
Excelente: Tolera años de exposición sin problemas

2.3 Determinación del máximo contenido de agua permisible de la mezcla Gasolina/Etanol.

Las mezclas alcohol gasolina en presencia del agua tienden a separarse cuando la cantidad de estas alcanza el valor límite admisible, este fenómeno se debe a la hidratación del alcohol en solución y posterior separación, y sedimentación. Este sedimento hidratado, en el caso de ocurrir en el tanque de combustible del vehículo, implica graves inconvenientes para el funcionamiento del motor Otto, pues al ser

[8] Idem., p.24.

aspirado del fondo del depósito de combustible provoca fallos graves hasta la parada total del motor.

Los principales problemas que se presentan cuando se alcanza el valor límite del agua en la mezcla son los siguientes:

*Separación de fases***,** este problema con la separación de una capa de agua debajo de la gasolina constituye uno de los inconvenientes más graves para la utilización de la mezcla alcohol/gasolina, esto puede ocurrir cuando se introduce agua o ésta se condensa en el tanque del vehículo o en otros tanques de los sistemas de almacenamiento. La gasolina pura prácticamente no absorbe agua, pero el alcohol presenta una total afinidad con el agua; así, mezclas de gasolina etanol presentan la capacidad de absorber agua sin separación de fases, en función directa del contenido alcohólico. (Zeas Pedro, 2006)[9]

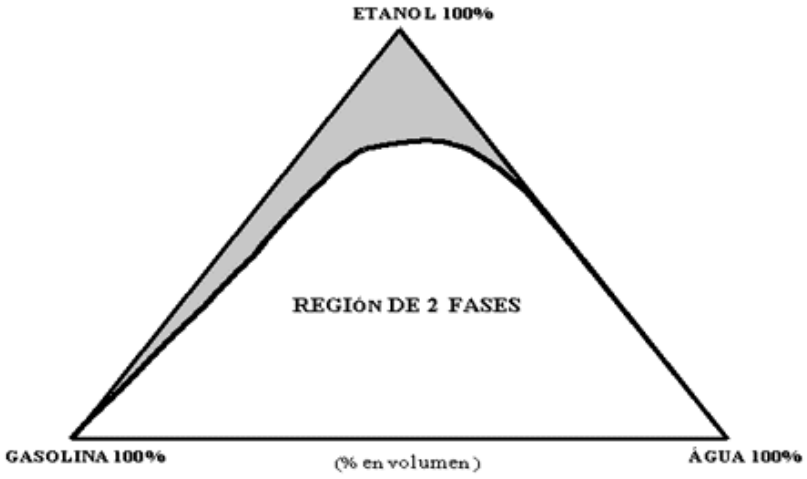


Figura2-3: Solubilidad de agua en mezclas gasolina etanol. Fuente: http://www.todomonografias.com/images/2007/03/102540.gif

Su *elevado calor latente* (206 Kcal/kg) determina que su utilización en un motor de gasolina provoque la denominada "combustión fría". Esto conduce a tener dificultades en el arranque en frio, cuando menor sea la temperatura ambiental, por lo tanto la operación del motor en el arranque será a menor temperatura.

[9] Zeas Pedro. *Elaboración de combustible alterno a partir de la mezcla alcohol gasolina, para reducir el índice de contaminación de un motor OTTO a carburador.* UPS. Cuenca 2006.

La utilización de las mezclas de elevado contenido de alcohol está limitada por la imposibilidad práctica de poder poner en marcha el motor luego de una prolongada parada.

Es conocido que el etanol es un excelente componente antidetonante y mejora sensiblemente el octanaje de la gasolina base. Como se puede observar en los valores de la tabla 2-7, el etanol afecta más el RON de la gasolina base, comparativamente al MON, lo que se debe tener en cuenta al especificar la mezcla, pues es conveniente que la diferencia (RON-MON) no sea muy grande. En la tabla muestra también la influencia de la composición de la gasolina base y por lo tanto de su octanaje, sobre el incremento del octanaje MON y RON, en función del contenido de etanol en la mezcla.

Composición de la gasolina base			Incremento del octanaje con							
			5% etanol		10% etanol		15% etanol		20% etanol	
Aromáticos	Olefínicos	Saturados	MON	RON	MON	RON	MON	RON	MON	RON
50	15	35	0.1	0.7	0.3	1.4	0.5	2.2	0.6	2.9
25	25	50	0.4	1.0	0.9	2.1	1.3	3.1	1.8	4.1
15	12	73	1.8	2.3	3.5	4.4	5.1	6.6	6.6	8.6
11	7	82	2.4	2.8	4.6	5.5	6.8	8.1	8.8	10.6

Tabla 2-7. Efecto del etanol en el octanaje de la gasolina base. Fuente:

http://www.todomonografias.com/images/2007/03/102539.gif

La adición de etanol tiende a bajar la curva de destilación, particularmente en la mitad inicial, afectando la T50, temperatura correspondiente al 50% de la masa evaporada; sin embargo, la temperatura inicial y final de destilación casi no cambian y generalmente no hay ningún problema desde este punto de vista.

Otra propiedad importante relacionada con la volatilidad es la *presión de vapor*, la cual influye en las emisiones evaporativas y en la tendencia de ocurrir el vapor-lock en las líneas de alimentación de combustible. Conviene observar que debido al uso de sistemas de bombeo de combustible ubicados en el tanque, las líneas de suministro al motor trabajan típicamente a presiones más altas y el vapor-lock no ocurre. Como se puede observar en la tabla 2-8, la presión de vapor del etanol es inferior al de la gasolina; sin embargo, al añadir este biocombustible a la gasolina se produce una elevación en la presión de vapor, comparativamente a la gasolina sin

etanol. Este incremento presenta un máximo cuando el contenido de etanol es del 5 %, reduciéndose lentamente en la medida en que crece el contenido de etanol.

Así típicamente, para el cinco por ciento de etanol la presión de vapor sube 7 kPa (1.015 psi) y para 10% sube 6.5 kPa (0.943 psi). Este efecto puede ser corregido en la gasolina base, para garantizar que la presión de vapor de la mezcla sea la especificada.

Parámetro	Gasolina	Etanol
Poder calorífico (kJ/kg)	43,000	26,700
RON (Research Octane Number)	90 – 100	102 – 130
MON (Motor Octane Number)	80 – 92	89 – 96
Calor latente de vaporización (kJ/kg)	330 – 400	842 – 930
Relación estequiométrica aire/combustible	14.5	9.0
Presión de vapor (kPa) <psi>	(40 – 69) , <5.8 – 10>	(15 – 17) , <2.2 – 2.5>
Temperatura de ignición (°C)	220	420
Solubilidad en agua (% en volumen)	0	100

Tabla 2-8. Propiedades gasolina y etanol. Fuente: http://www.bioetanoldecana.org/es/download/cap2.pdf

Como las mezclas gasolina/etanol pueden ser ajustadas para atender las especificaciones típicas de una gasolina pura, no hay problemas de *desempeño y maniobrabilidad*, siempre que se cumplan los requisitos de calidad especificados para los combustibles. Sin embargo, comparado con la gasolina pura, un Gasohol con 10 por ciento de etanol necesita 16.5 por ciento más calor para vaporizarse totalmente, lo que puede representar una dificultad en temperaturas extremadamente bajas. Por otra parte, el mayor calor de vaporización del Gasohol es una de las razones principales para que la eficiencia de un motor que emplea Gasohol sea entre el uno y el dos por ciento más elevada que el mismo motor trabajando con gasolina pura. Asimismo, el hecho que el Gasohol con 10 por ciento de etanol contenga 3.3 por ciento menos de energía por unidad de volumen, es poco relevante sobre el consumo final de combustible.[10]

La gasolina y el agua son generalmente considerados inmiscibles, sin embargo la composición de las gasolinas es bastante variable y pueden contener de grandes a

[10] BIOETANOL, Etanol como combustible vehicula. Disponible en: http://www.bioetanoldecana.org/es/download/cap2.pdf

pequeñas concentraciones de aromáticos, olefinas y especies de heteroatómicas que facilitan que se solubilice una pequeña cantidad de agua.

El etanol tiene una menor solubilidad en hidrocarburos parafínicos que en hidrocarburos aromáticos, es decir que las concentraciones de hidrocarburos parafínicos e hidrocarburos aromáticos en las gasolinas son por consiguiente factores importantes en la tolerancia de agua de las mezclas gasolina/etanol.

La solubilidad del etanol en la gasolina está limitada por la presencia de agua. Cuando se adicionan pequeñas cantidades de agua a la mezcla gasolina/etanol, a una determinada temperatura, los puentes de hidrogeno formados entre el agua y las moléculas de etanol separan la mezcla en dos fases. Los hidrocarburos parafínicos predominan en la parte superior mientras la fase inferior más densa, consiste principalmente en etanol, agua y pequeñas cantidades de hidrocarburos aromáticos, sin embargo el etanol puede distribuirse entre la gasolina y la fase acuosa. Este efecto de separación es mucho menos pronunciado para alcoholes con alto número de carbonos, aumentando su afinidad con la fase parafínica.

Como se observa en la figura 2-4 y 25 la tolerancia de agua para una determinada concentración de etanol en la mezcla, se incrementa con la temperatura, puesto que la energía de interacción entre las moléculas de la gasolina, el etanol y el agua aumenta, produciendo mayor contacto entre estas y por ende elevado el grado de solubilidad.

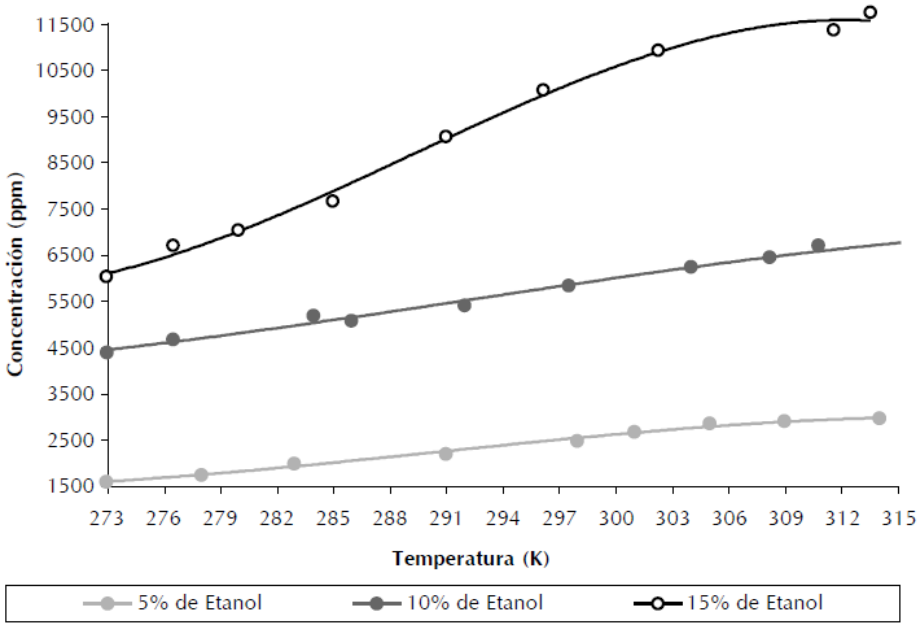


Figura2-4. Solubilidad del agua en la mezcla etanol/gasolina súper con la temperatura. Fuente: http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE04_200612.pdf

La tolerancia del agua en la mezcla etanol/gasolina a una temperatura determinada, aumenta la concentración del etanol, ya que este actúa como un cosolvente envolviendo y reteniendo las moléculas del agua, incrementando la solubilidad del agua en la mezcla. (Torres Jaime, 2002)

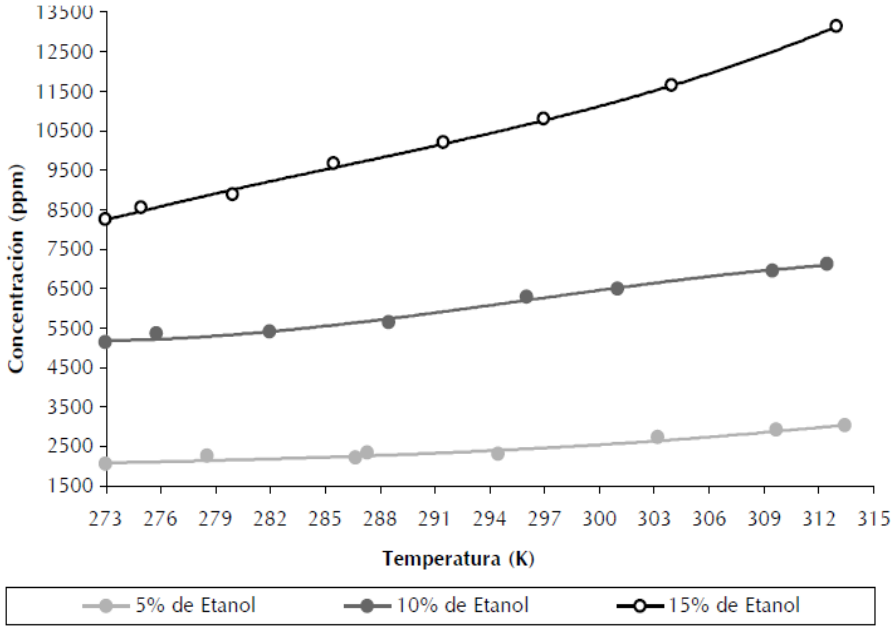


Figura2-5. Solubilidad del agua en la mezcla etanol/gasolina extra con la temperatura. Fuente: http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE04_200612.pdf

Otro factor que incrementa la solubilidad del agua es el aumento de la concentración de aromáticos en la mezcla de gasolina/etanol; es por esto que la gasolina extra con mayor concentración de estos compuestos, tolera más el agua que la gasolina súper para una determinada temperatura y porcentaje de etanol; esto se debe a la afinidad de estos compuestos con el agua. (Torres Jaime, 2002)[11]

2.4 Ensayos de solubilidad del etanol anhidro en la gasolina extra

Saber cuál es la cantidad de solubilidad del etanol en la gasolina es importante, ya que de esto dependerá realizar modificaciones en el sistema de alimentación de nuestro motor. Es por esto que hemos decidido tomar varias muestras de gasolina y adicionarles gradualmente etanol hasta determinar el porcentaje exacto de las mezclas en donde se separan.

Se inició mezclando 25 ml de etanol en 75 ml de gasolina que significaba el 25% de etanol y 75% de gasolina, a esta mezcla se la dejo reposar durante 24 $horas$, ver figura 2-6. Obteniendo una concentración perfecta entre la gasolina y etanol durante dicho tiempo.

[11] TORRES Jaime. *Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades fisicoquímicas*. Colombia 2002. Disponible en: http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE04_200612.pdf

Figura2-6. Mezcla 25% etanol y 75% gasolina. Fuente: Los autores

Luego mezclamos 50 ml de gasolina con 50 ml de etanol y dejamos repasar por más de 24 $horas$. Obteniendo una mezcla homogénea con una baja percepción del color característico de la gasolina extra, es decir, que el etanol está disperso en la gasolina. Ver figura 2-7.

Figura2-7. Mezcla 50% etanol y 50% gasolina. Fuente: Los autores

La siguiente mezcla realizada fue de 75% de etanol y 25% de gasolina, es decir, en una probeta de 200 ml se convino 50 ml de gasolina con 150 ml de etanol. Se dejó reposar por más de 24 $horas$, provocando una separación de los combustibles en dos capas perfectamente visibles. Figura 2-8.

Figura2-8. Mezcla del 75% etanol y 25% gasolina

En la parte superior de la probeta se notaba la gasolina extra, mientras que en la parte inferior por ser más densa se encontraba el etanol,

En la tabla 2-9 mostramos; el porcentaje en que se va a mezclar la gasolina extra con el etanol, y los resultados obtenidos luego de observar la solubilidad de estos combustibles.

Gasolina extra	Etanol anhidro	Soluble	Insoluble
95%	5%	Soluble	
90%	10%	Soluble	
85%	15%	Soluble	
80%	20%	Soluble	
75%	25%	Soluble	
70%	30%	Soluble	
65%	35%	Soluble	
60%	40%	Soluble	
55%	45%	Soluble	
50%	50%	Soluble	
45%	55%		Insoluble
40%	60%		Insoluble
35%	65%		Insoluble
30%	70%		Insoluble
25%	75%		Insoluble
20%	80%		Insoluble
15%	85%		Insoluble
10%	90%		Insoluble
5%	95%		Insoluble

Tabla 2-9. Porcentaje de solubilidad del etanol en la gasolina. Fuente: Los autores.

2.5 Variaciones de los elementos del motor en base a la mezcla gasolina/etanol.

Con base al análisis realizado, podemos deducir que los elementos del motor no van a requerir ninguna modificación, cuando se vaya a trabajar con mezclas de hasta el 70% de gasolina y 30% de etanol.

Los elementos más afectados en nuestro motor son los conductos de caucho (elastómeros), para lo cual realizamos una prueba de resistencia, ver figura 2-9, que consistía sumergir el conducto de caucho en etanol puro durante treinta días y luego someterle al funcionamiento normal, es decir, ponerlo a trabajar a la presión y caudal del sistema de alimentación. Teniendo como resultado, un funcionamiento normal sin fugas ni deterioros del caucho.

Figura 2-9. Conducto de alimentación sumergido en etanol. Fuente Los autores.

Otro de los elementos del sistema de alimentación afectados por el etanol, es la membrana de la bomba mecánica de combustible, ver figura 2-10, misma que para nuestro caso está hecho de neopreno (caucho sintético).

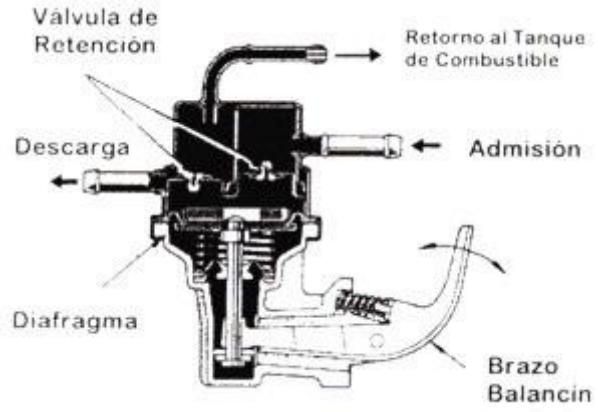


Figura2-10. Bomba mecánica de combustible. Fuente: http://www.mecanicoscostarica.com/images/Mecanica%20basica/32.jpg

También se sometió a una prueba de resistencia que consistía en sumergir la bomba en etanol puro por más de treinta días, ver figura 2-11, para luego instalarle en el motor y evaluar su comportamiento. Obteniendo como resultado, un funcionamiento normal ya que la presión sigue siendo de $0{,}22\ bar$.

Figura 2-11. Bomba de combustible sumergida en etanol. Fuente: Los autores.

Los deterioros que produce el etanol a los cauchos, se consideran riesgosos en el momento que estos elementos estén funcionando en contacto directo y durante mucho tiempo. Una de las formas más conocidas en Brasil de determinar el deterioro de los conductos de caucho, para vehículos antiguos, es observar en el filtro de combustible si existen partículas de dicho elemento.

Como recomendación podemos decir que es necesario cambiar los conductos de alimentación por plástico del tipo de poli-tetrafluoretileno (teflón), cuando se utilice mezclas con un porcentaje mayor al 30% de etanol y el funcionamiento del motor con este combustible sea de forma definida.

2.6 Relación ideal para la mezcla aire-combustible

En esta parte del capítulo es necesario profundizar conceptos de reacciones químicas que nos ayudaran a calcular de manera exacta cual debería ser la cantidad de aire-combustible que se necesita dentro del cilindro para tener una combustión perfecta. El cálculo de la relación ideal aire-combustible implica aire-gasolina y aire-gasolina/etanol

En todo proceso de combustión los componentes que existen antes de la reacción reciben el nombre de reactivos, y los componentes que están luego de la reacción se conocen como productos. En las reacciones de combustión, la oxidación rápida de los elementos reactivos del combustible trae como consecuencia la liberación de energía al formarse los productos de la combustión. Los tres elementos activos más importantes en los combustibles habituales son el carbono, el hidrógeno y el azufre.

En general, el azufre contribuye poco a la energía liberada pero es la causa de problemas importantes de contaminación y corrosión. Se dice que un combustible se ha quemado completamente si todo su carbono se ha transformado en dióxido de carbono, todo su hidrógeno en agua y todo su azufre en dióxido de azufre. Si estas condiciones no se cumplen, la combustión es incompleta.

Al considerar reacciones químicas hay que recordar que la masa se conserva, de manera que la masa de los productos es igual a la masa de los reactivos. La masa total de cada elemento químico debe ser igual a ambos lados de la ecuación, aunque los elementos existan en compuestos químicos diferentes en los reactivos y los productos.

Una cantidad utilizada en el análisis de procesos de combustión para cuantificar las cantidades de combustible y aire es la relación aire-combustible (AC), suele expresarse en una base de masa y se define como la proporción entre la masa del aire y la masa del combustible en un proceso de combustión.

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}}$$

Ecuación 4

La masa m de una sustancia se relaciona con el número de moles N por medio de la relación $m = NM$ donde M es la masa molar. Para el cálculo suponemos que la combustión es completa, considerando que todo el carbono en el combustible se transforma en CO_2, igual que el hidrógeno se transforma en H_2O.

Algunas veces es difícil estudiar la combustión de un combustible con la suposición de que la combustión es completa. Un proceso de combustión es completo si todo el carbono en el combustible se transforma en CO_2, todo el hidrógeno se transforma en H_2O y todo el azufre (si lo hay) se transforma en SO_2. Todos los componentes del combustible se queman por completo durante el proceso de combustión completa. En sentido inverso, un proceso de combustión es incompleto si los productos de combustión contienen algo de combustible o componentes no quemados, como C,H_2,CO u OH.

El oxígeno insuficiente es una razón obvia para la combustión incompleta, pero no la única. La combustión incompleta sucede incluso cuando en la cámara de combustión hay más oxígeno del necesario para la combustión completa. Esto puede atribuirse a la mezcla insuficiente en la cámara de combustión durante el limitado tiempo que el oxígeno y el combustible están en contacto. Otra causa de combustión incompleta es la disociación, la cual se vuelve importante a elevadas temperaturas.

El oxígeno es atraído con más fuerza hacia el hidrógeno que hacia el carbono. Por consiguiente, el hidrógeno en el combustible normalmente se quema por completo, formando H_2O, aun cuando haya menos oxígeno del necesario para la combustión completa. Una parte del carbono, sin embargo, termina como CO o como simple partícula C (hollín) en los productos.

Por condiciones de representación, en esta investigación, el volumen de concentración de cada combustible, gasolina/etanol, se abreviara con la letra “E”, que significa etanol, seguida de una cantidad que denota el porcentaje de etanol mezclado con gasolina en un volumen del 100%. Es decir, que si en un volumen del 100% tenemos mezclado 95% de gasolina y 5% etanol, la representación abreviada seria “E5”.

2.6.1 Octano (C_8H_{18})

Aquí determinaremos la cantidad teórica de aire para la combustión completa del octano. En esta reacción los productos contienen solamente dióxido de carbono, agua y nitrógeno. La reacción se expresa de la siguiente forma:

$$C_8H_{18} + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

Ecuación 5

Donde a es la cantidad mínima de aire necesaria para la combustión completa de un mol de combustible y recibe el nombre de aire estequiométrico o aire teórico, al escribir el lado izquierdo de la ecuación 5, se considera que 3,76 moles de nitrógeno acompañan a cada mol de oxígeno. Las incógnitas x, y, z determinan la masa o el número de moles total de cada elemento. Aplicando el principio de conservación de la masa al carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, respectivamente, resultan cuatro ecuaciones para cuatro incógnitas:

C: $\quad 8 = x \rightarrow x = 8$

H: $\quad 1\,8 = 2y \rightarrow y = 9$

O: $\quad 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 12{,}5$

N_2: $\quad a * 3{,}76 = z \rightarrow z = 47$

Estos datos sustituimos en la ecuación química 5:

$$C_8H_{18} + 12{,}5(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2$$

La relación aire-combustible (AC) se determina tomando la proporción entre la masa del aire y la masa del combustible:

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} = \frac{(NM)}{(NM)_c + (NM)_{H_2}}$$

$$M = Masa\ molar$$

$$N = Numero\ de\ \ moles$$

Ecuación 6

Por lo tanto:

$$AC = \frac{12{,}5 \times 4{,}76kmol \times 29kg/kmol}{(8kmol \times 12kg/kmol) + (9kmol \times 2kg/kmol)}$$

$$AC = 15{,}136kg$$

Es decir, para una buena combustión teórica se necesitan $15{,}136kg$ de aire para quemar $1kg$ de combustible durante el proceso de combustión.

2.6.2 Etanol (CH_3CH_2OH)

El mismo procedimiento utilizado en el octano se aplicará para el cálculo de la relación aire combustible con el etanol. En donde partiremos de la ecuación 7, y modificaremos la ecuación 6 para tomar en cuenta el oxígeno del alcohol.

$$C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} = \frac{(NM)}{(NM)_c + (NM)_H + (NM)_O}$$

C: $\quad 2 = x \rightarrow x = 2$

H: $\quad 6 = 2y \rightarrow y = 3$

O: $\quad 1 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 3$

N_2: $\quad a * 3{,}76 = z \rightarrow z = 11{,}28$

Remplazando la ecuación anterior con los valores obtenidos nos queda de la siguiente manera:

$$C_2H_6O + 3(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 11{,}28N_2$$

$$AC = \frac{3 \times 4{,}76kmol \times 29kg/kmol}{(2kmol \times 12kg/kmol) + \left(6kmol \times \frac{1kg}{kmol}\right) + (1kmol \times 16kg/kmol)}$$

$$AC = 9{,}0026kg$$

Este resultado nos indica que se necesitan $9{,}0026kg$ de aire para quemar cada kilogramo de etanol durante el proceso de combustión.

2.6.3 Determinación de la relación aire-combustible para la mezcla gasolina/etanol.

A partir de los datos obtenidos en el análisis de solubilidad del etanol en la gasolina, hemos creído conveniente, someter a nuestro motor a ensayos con mezclas de hasta el 70% de gasolina y 30% etanol, con el objetivo de no dañar los elementos del sistema de alimentación.

La ecuación química que vamos utilizar esta formado de la suma de los reactivos que forman la gasolina, el etanol, y el aire, ver ecuación 8. En donde los productos contienen dióxido de carbono, por la reacción del oxígeno con el carbono, agua por la interacción del hidrógeno, con el oxígeno y nitrógeno que forma parte del aire de combustión.

$$C_8H_{18} + C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

Además es necesario tomar en cuenta los coeficientes estequiométricos que van adelante de cada compuesto de combustible, es decir, el número de moles de la gasolina y el etanol. Las incógnitas de los productos se determinan con la aplicación de la conservación de la masa para cada uno de los elementos, luego aplicaremos la ecuación 9, que es la relación aire combustible. Este proceso se repetirá para todas las mezclas establecidas.

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustibles}} = \frac{(NM)}{(NM)_{octano} + (NM)_{etanol}} = \frac{(NM)}{(NM)_c + (NM)_H + (NM)_O}$$

2.6.3.1 Calculo de la relación aire-combustible para la mezcla E5

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométricos de 0,95 para la gasolina y 0,05 para el etanol, que representan el porcentaje de estos combustibles.

$$0{,}95C_8H_{18} + 0{,}05C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

C: $7{,}6 + 0{,}1 = x \rightarrow x = 7{,}7$

H: $17{,}1 + 0{,}3 = 2y \rightarrow y = 8{,}7$

O: $0{,}05 + 2a = 2x + y \rightarrow a = 12{,}025$

N_2: $a3{,}76 = z \rightarrow z = 45{,}214$

$$0{,}95C_8H_{18} + 0{,}05C_2H_6O + 12{,}025(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}7CO_2 + 8{,}7H_2O + 45{,}214N_2$$

Aplicando la ecuación 9, tenemos:

$$AC = \frac{12{,}025 * 4{,}76kmol * 29kg/kmol}{(7{,}6 * 12 + 17{,}1 * 1 + 0{,}1 * 12 + 0{,}3 * 1 + 0{,}05 * 16)[kmol * kg/kmol]}$$

$$AC = 15{,}00842kg$$

2.6.3.2 Calculo de la relación aire-combustible para la concentración E10

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométricos de 0,90 para la gasolina y 0,1 para el etanol, que representan el porcentaje de estos combustibles.

$$0{,}9C_8H_{18} + 0{,}1C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

C: $7{,}2 + 0{,}2 = x \rightarrow x = 7{,}4$

H: $16{,}2 + 0{,}6 = 2y \rightarrow y = 8{,}4$

O: $0{,}1 + 2a = 2x + y \rightarrow a = 11{,}55$

N_2: $a3{,}76 = z \rightarrow z = 43{,}428$

$$0{,}9C_8H_{18} + 0{,}1C_2H_6O + 11{,}55(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}4CO_2 + 8{,}4H_2O + 43{,}428N_2$$

Aplicando la ecuación 9, tenemos:

$$AC = \frac{11{,}55 * 4{,}76kmol * 29kg/kmol}{(7{,}2 * 12 + 16{,}2 * 1 + 0{,}2 * 12 + 0{,}6 * 1 + 0{,}1 * 16)[kmol * kg/kmol]}$$

$$AC = 14{,}8727kg$$

2.6.3.3 Calculo de la relación aire-combustible para la concentración E15

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométricos de 0,85 para la gasolina y 0,15 para el etanol, que representan el porcentaje de estos combustibles.

$$0{,}85C_8H_{18} + 0{,}15C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

C: $6{,}8 + 0{,}3 = x \rightarrow x = 7{,}1$

H: $15{,}3 + 0{,}9 = 2y \rightarrow y = 8{,}1$

O: $0{,}15 + 2a = 2x + y \rightarrow a = 11{,}075$

N_2: $a3{,}76 = z \rightarrow z = 41{,}642$

$$0{,}85C_8H_{18} + 0{,}15C_2H_6O + 11{,}075(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}1CO_2 + 8{,}1H_2O + 41{,}642N_2$$

Aplicando la ecuación 9, tenemos:

$$AC = \frac{11{,}075 * 4{,}76kmol * 29kg/kmol}{(6{,}8 * 12 + 15{,}3 * 1 + 0{,}3 * 12 + 0{,}9 * 1 + 0{,}15 * 16)[kmol * kg/kmol]}$$

$$AC = 14{,}7282kg$$

2.6.3.4 Calculo de la relación aire-combustible para la concentración E20

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométricos de 0,80 para la gasolina y 0,20 para el etanol, que representan el porcentaje de estos combustibles.

$$0{,}8C_8H_{18} + 0{,}2C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

C: $6{,}4 + 0{,}4 = x \rightarrow x = 6{,}8$

H: $14{,}4 + 1{,}2 = 2y \rightarrow y = 7{,}8$

O: $0{,}2 + 2a = 2x + y \rightarrow a = 10{,}6$

N_2: $a3{,}76 = z \rightarrow z = 39{,}856$

$$0{,}80C_8H_{18} + 0{,}2C_2H_6O + 10{,}6(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6{,}8CO_2 + 7{,}8H_2O + 39{,}856N_2$$

Aplicando la ecuación 9, tenemos:

$$AC = \frac{10{,}6 * 4{,}76kmol * 29kg/kmol}{(6{,}4 * 12 + 14{,}4 * 1 + 0{,}4 * 12 + 1{,}2 * 1 + 0{,}2 * 16)[kmol * kg/kmol]}$$

$$AC = 14{,}5739kg$$

2.6.3.5 Calculo de la relación aire-combustible para la concentración E 25.

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométricos de 0,75 para la gasolina y 0,25 para el etanol, que representan el porcentaje de estos combustibles.

$$0{,}75C_8H_{18} + 0{,}25C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

C: $6 + 0{,}5 = x \rightarrow x = 6{,}5$

H: $13{,}5 + 1{,}5 = 2y \rightarrow y = 7{,}5$

O: $0{,}25 + 2a = 2x + y \rightarrow a = 10{,}125$

N_2: $a3{,}76 = z \rightarrow z = 38{,}07$

$$0{,}75C_8H_{18} + 0{,}25C_2H_6O + 10{,}125(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6{,}5CO_2 + 7{,}5H_2O + 38{,}07N_2$$

Aplicando la ecuación 9, tenemos:

$$AC = \frac{10{,}125 * 4{,}76kmol * 29kg/kmol}{(6 * 12 + 13{,}5 * 1 + 0{,}5 * 12 + 1{,}5 * 1 + 0{,}25 * 16)[kmol * kg/kmol]}$$

$$AC = 14{,}4088kg$$

2.6.3.6 Calculo de la relación aire-combustible para la concentración E 30.

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométricos de 0,70 para la gasolina y 0,3 para el etanol, que representan el porcentaje de estos combustibles.

$$0{,}7C_8H_{18} + 0{,}3C_2H_6O + a(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow x * CO_2 + y * H_2O + z * N_2$$

C: $5{,}6 + 0{,}6 = x \rightarrow x = 6{,}2$

H: $12{,}6 + 1{,}8 = 2y \rightarrow y = 7{,}2$

O: $0{,}3 + 2a = 2x + y \rightarrow a = 9{,}65$

N_2: $a3{,}76 = z \rightarrow z = 36{,}284$

$$0{,}7C_8H_{18} + 0{,}3C_2H_6O + 9{,}65(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6{,}2CO_2 + 7{,}2H_2O + 36{,}284N_2$$

Aplicando la ecuación 9, tenemos:

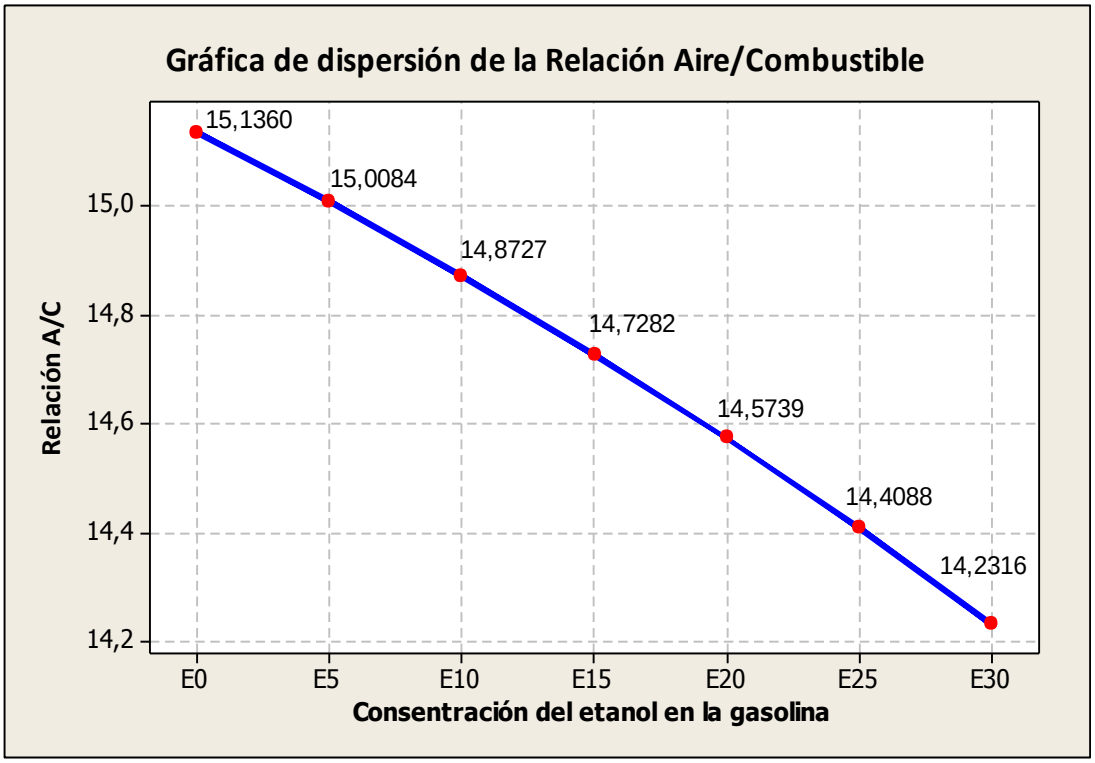
$$AC = \frac{9{,}65 * 4{,}76kmol * 29kg/kmol}{(5{,}6 * 12 + 12{,}6 * 1 + 0{,}6 * 12 + 1{,}8 * 1 + 0{,}3 * 16)[kmol * kg/kmol]}$$

$$AC = 14{,}2316kg$$

2.6.4 Análisis de la relación aire-combustible obtenidas para la mezcla gasolina/etanol

En base a los resultados obtenidos en los productos de cada reacción, comprobamos que el coeficiente del carbono cuando está en una mezcla de 95% gasolina y 5% de etanol, es de 7,7 $Kmol$, y para una mezcla con 5% más de etanol tenemos una cantidad de 7,4 $Kmol$ de carbono, determinando así que la cantidad de carbono disminuye en 0,3 $Kmol$ como se incremente el 5% de etanol a la gasolina. De igual manera la cantidad de hidrógeno disminuye en la misma proporción, ya que junto con el carbono forman la gasolina, la misma que estamos disminuyendo proporcionalmente.

La cantidad de aire en cada reacción también disminuye según cómo vaya incrementando la cantidad de etanol y disminuyendo la cantidad de gasolina, ver grafica 2.6-1. Por lo tanto la cantidad de oxígeno y nitrógeno necesario para quemar toda la mezcla de gasolina/etanol, es menor.



Gráfica 2.6-1. Variación de la relación aire-combustible para la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

2.7 Variación del oxígeno en la relación ideal aire-combustible

Debido a la formulación del etanol (C_2H_6O) la mezcla aire-combustible incrementa los niveles de oxígeno conforme se aumente las concentraciones de etanol en la gasolina.

La cantidad de oxigeno se calculará a partir de las ecuaciones de la relación aire-combustible. Con las cuales podremos determinar la variación del oxígeno entre mezclas.

El cálculo de la cantidad de oxígeno para la relación aire-gasolina es:

$$C_8H_{18} + 12{,}5(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2$$

$$Oxígeno = 12{,}5 \cdot (2\ Kmol) \cdot \left(16\ {}^{Kg}/_{Kmol}\right)$$

$$Oxígeno = 400\ Kg$$

Para la relación aire-gasolina/etanol la cantidad de oxigeno es:

$$0{,}95C_8H_{18} + 0{,}05C_2H_6O + 12{,}025(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}7CO_2 + 8{,}7H_2O + 45{,}214N_2$$

$$Oxígeno = 0{,}05 \cdot (1\ Kmol)\left(16\ {}^{kg}/_{Kmol}\right) + 12{,}025 \cdot (2\ Kmol) \cdot \left(16\ {}^{Kg}/_{Kmol}\right)$$

$$Oxígeno = 385.6\ Kg$$

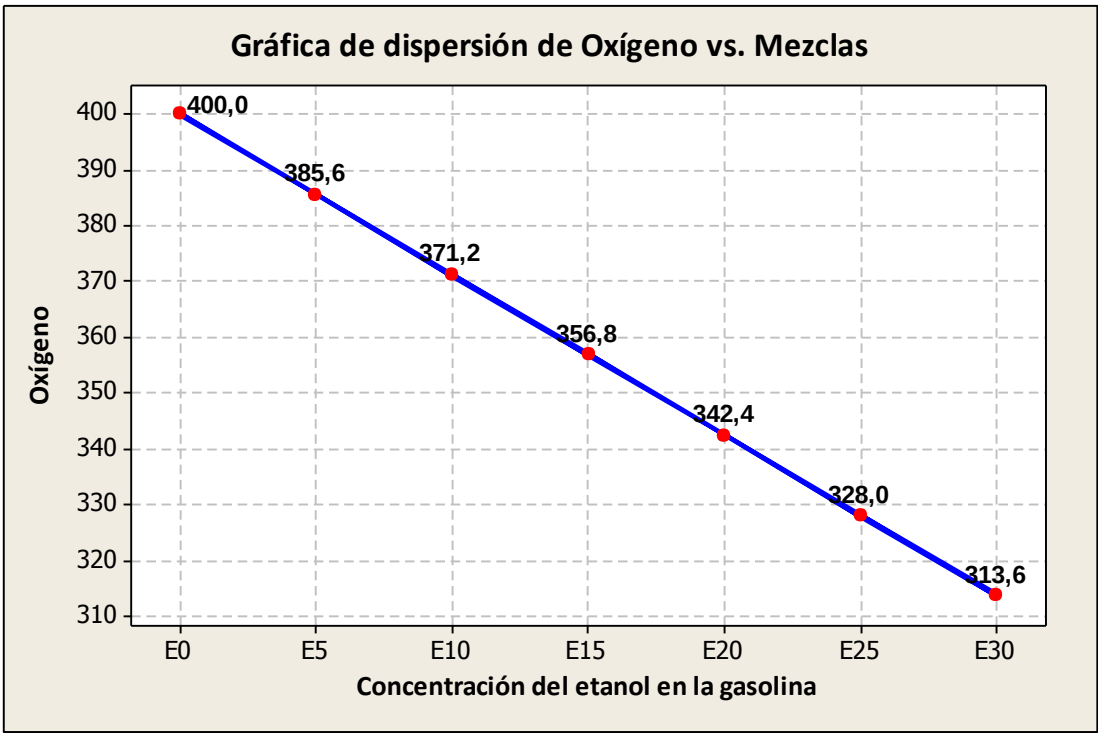
En la tabla 2-10 mostramos las variaciones de oxígeno en función de la relación aire-combustible.

Mezclas gasolina/etanol	Oxígeno en la relación aire-combustible [Kg]	Variación con respecto al 100% Gsl [%]
E0	400	0
E5	385,6	3,6
E10	371,2	3,7
E15	356,8	3,8
E20	342,4	4
E25	328	4,2
E30	313,6	4,4

Tabla 2-10.Variación del oxígeno en la relación aire-combustible. Fuente: Los autores.

Por lo tanto la variación promedio del oxígeno en las relaciones aire-combustible es 3,95%.

En la gráfica 2 presentamos el comportamiento de la concentración de oxígeno en función de las mezclas gasolina/etanol.



Gráfica 2.7-1. Curva de variación de oxígeno en función de las mezclas gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

2.8 Poder calorífico de las mezclas gasolina/etanol

Una de las propiedades fundamentales de los combustibles es su poder calorífico, que se define como, la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa de combustible. En otras palabras, la ecuación 10 nos dice, que es igual al valor absoluto de la entalpia de combustión del combustible, es decir:

$$Poder\ calorífico = |h_c| \qquad \left[{}^{KJ}/_{Kg\ combustible}\right]$$

Ecuación 7

[12] El cambio de entalpia durante un proceso se debe solo a los cambios de composición química del sistema, este cambio de entalpia será distinto para diferentes reacciones, por lo tanto, es necesario tener una propiedad que represente los cambios en la energía química durante una reacción. Esta propiedad se le conoce como entalpia de reacción h_R, que se define como la diferencia entre la entalpia de los productos en un estado especificado, y la entalpia de los reactivos en el mismo estado para una reacción completa. En los procesos de combustión la entalpia de reacción suele conocerse como la entalpia de combustión h_C, la cual representa la cantidad de calor liberada durante un proceso de combustión de flujo estable cuando un kilogramo de combustible se quema por completo a una temperatura y una presión especificada. Se expresa en la ecuación 11:

$$h_C = H_{prod} - H_{react}$$

Ecuación 8

La entalpia de combustión de un combustible particular será distinta a diferentes temperaturas y presiones. Además la entalpia de combustión no es muy útil cuando la combustión es incompleta. Así un planteamiento más practico seria tener una propiedad fundamental para representar la energía química de un elemento o

[12] GENGEL, Yanus. Op. Cit.692.

compuesto a algún estado de referencia. Esta propiedad es la entalpia de formación h_f, la cual puede considerarse como la entalpia de una sustancia en un estado especificado debida a su composición química.

La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI). Poder calorífico superior (PCS), cuando él H_2O en los productos está en la forma líquida. Poder calorífico inferior (PCI), cuando el H_2O en los productos esta en forma de vapor.

Los dos poderes caloríficos se relacionan por medio de:

$$PCS = PCI + (mh_{fg})_{H_2O} \qquad \left[{}^{KJ}/_{Kg\ combustible}\right]$$

Ecuación 9

Donde m es la masa del H_2O en los productos por unidad de masa de combustible y h_{fg} es la entalpia de vaporización del agua a temperatura especificada.

2.8.1 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E0

La entalpia de combustión de un combustible puede determinarse de un conocimiento de la entalpia de formación para los compuestos implicados. La entalpia de combustión de la gasolina se considerara como la de un octano líquido (C_8H_{18}) con estado de referencia de 25℃ y 1 atm. Además de eso se supone que el agua en los productos está en forma de vapor.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$C_8H_{18} + 12{,}5(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del C_8H_{18} se transforma en la ecuación 11:

$$h_C = H_{prod} - H_{react}$$

$$^{13}h_C = \left(Nh_f\right)_{CO_2} + \left(Nh_f\right)_{H_2O} - \left(Nh_f\right)_{C_8H_{18}}$$

Ecuación 10

[14]Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (8Kmol)\left(-393520\,{}^{KJ}/_{Kmol}\right) + (9Kmol)\left(-241820\,{}^{KJ}/_{Kmol}\right) - (1Kmol)\left(-249950\,{}^{KJ}/_{Kmol}\right)$$

$$= -5074590\,{}^{KJ}/_{Kmol\ C_8H_{18}} = \frac{-5074590\ KJ}{114{,}23266\ Kg\ C_8H_{18}}$$

$$h_C = -44423{,}2849\,{}^{KJ}/_{Kg\ C_8H_{18}}$$

$$PCS = \left|-44423{,}2849\,{}^{KJ}/_{Kg\ C_8H_{18}}\right|$$

2.8.2 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 100

En la entalpia de combustión para el etanol líquido CH_3CH_2OH se tomará como estado de referencia de 25℃ y $1atm$. Además se establece que el agua en los productos de la reacción se encuentra en estado líquido.

[13] CENGEL, Yanus. Op. Cit, p.694.
[14] Anexo 1-5. GENGEL, Yanus, Termodinámica, México 2003, 4ta Edición. Tabla de entalpia de formación A-26.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$C_2H_6O + 3(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 11{,}28N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del C_2H_6O se transforma en la ecuación 11:

$$h_C = H_{prod} - H_{react}$$

$$h_C = \left(Nh_f\right)_{CO_2} + \left(Nh_f\right)_{H_2O} - \left(Nh_f\right)_{C_8H_{18}}$$

Ecuación 11

Con los valores de h_f (anexo 1-5-5), aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (2)(-393520) + (3)(-241820) - (1)(-277690)$$

$$= -1234810\ {}^{KJ}/_{Kmol\ C_2H_6O} = \frac{-1234810\ KJ}{46{,}06952\ Kg\ C_2H_6O}$$

$$h_C = -26803{,}18788\ {}^{KJ}/_{Kg\ C_2H_6O}$$

$$PCS = \left|-26803{,}18788\ {}^{KJ}/_{Kg\ C_2H_6O}\right|$$

2.8.3 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E5

En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina $C_{18}H_{18}$ y etanol líquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de 25℃ y $1atm$. Además se establece que el agua en los productos de la reacción se encuentra en estado líquido.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$0{,}95C_8H_{18} + 0{,}05C_2H_6O + 12{,}025(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}7CO_2 + 8{,}7H_2O + 45{,}214N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión de la mezcla $C_{18}H_{18} + C_2H_6O$ se transforma en la ecuación 11:

$$h_C = H_{prod} - H_{react}$$

$$h_C = \left(Nh_f\right)_{CO_2} + \left(Nh_f\right)_{H_2O} - \left(Nh_f\right)_{C_8H_{18}}$$

Ecuación 12

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicados en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (7{,}7)(-393520) + (8{,}7)(-241820) - (0{,}95)(-249950) - (0{,}05)(-277690)$$

$$h_C = -4882601\ {}^{KJ}/_{Kmol\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O} = \frac{-4882601\ KJ}{110{,}824503\ Kg\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O}$$

$$h_C = -44057{,}05298\ {}^{KJ}/_{Kg\ \ C_8H_{18}}$$

$$PCS = \left| -44057{,}05298\ {}^{KJ}/_{Kg}\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O \right|$$

2.8.4 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 10

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$0{,}9C_8H_{18} + 0{,}1C_2H_6O + 11{,}55(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}4CO_2 + 8{,}4H_2O + 43{,}428N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (7{,}4)(-393520) + (8{,}4)(-241820) - (0{,}9)(-249950) - (0{,}1)(-277690)$$

$$= -4690612\ {}^{KJ}/_{Kmol}\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O = \frac{-4690612KJ}{107{,}416346\ Kg\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O}$$

$$h_C = -43667{,}5811\ {}^{KJ}/_{Kg}\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$PCS = \left| -43667{,}5811\ {}^{KJ}/_{Kg}\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O \right|$$

2.8.5 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para concentración E15

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$0{,}85C_8H_{18} + 0{,}15C_2H_6O + 11{,}075(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 7{,}1CO_2 + 8{,}1H_2O + 41{,}642N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (7{,}1)(-393520) + (8{,}1)(-241820) - (0{,}85)(-249950) - (0{,}15)(-277690)$$

$$= -4498623\ {}^{KJ}/_{Kmol\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O} = \frac{-4498623\ KJ}{104{,}008189\ Kg\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O}$$

$$h_C = -43252{,}58466\ {}^{KJ}/_{Kg\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

$$PCS = \left| -43252{,}58466\ {}^{KJ}/_{Kg\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O} \right|$$

2.8.6 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 20

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$0{,}80C_8H_{18} + 0{,}2C_2H_6O + 10{,}6(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6{,}8CO_2 + 7{,}8H_2O + 39{,}856N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (6{,}8)(-393520) + (7{,}8)(-241820) - (0{,}8)(-249950) - (0{,}2)(-277690)$$

$$= -4306634\ {}^{KJ}/_{Kmol\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O} = \frac{-4306634\ KJ}{100{,}600032\ Kg\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O}$$

$$h_C = -42809{,}46948\ {}^{KJ}/_{Kg\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

$$PCS = \left| -42809{,}46948\ {}^{KJ}/_{Kg}\ C_8H_{18} + C_2H_6O \right|$$

2.8.7 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 25

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$0{,}75C_8H_{18} + 0{,}25C_2H_6O + 10{,}125(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6{,}5CO_2 + 7{,}5H_2O + 38{,}07N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (6{,}5)(-393520) + (7{,}5)(-241820) - (0{,}75)(-249950) - (0{,}25)(-277690)$$

$$= -4114645\ {}^{KJ}/_{Kmol\ C_{18}H_{18} + C_2H_6O} = \frac{-4114645\ KJ}{97{,}191875\ Kg\ C_{18}H_{18} + C_2H_6O}$$

$$h_C = -42335{,}27751\ {}^{KJ}/_{Kg\ C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

$$PCS = \left| -42335{,}27751\ {}^{KJ}/_{Kg\ C_8H_{18} + C_2H_6O} \right|$$

2.8.8 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E 30

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:

$$0{,}7C_8H_{18} + 0{,}3C_2H_6O + 9{,}65(O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6{,}2CO_2 + 7{,}2H_2O + 36{,}284N_2$$

Los productos N_2 y O_2, son elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 11, se obtiene:

$$h_C = (6{,}2)(-393520) + (7{,}2)(-241820) - (0{,}7)(-249950) - (0{,}3)(-277690)$$

$$= -3922656\ {}^{KJ}/_{Kmol\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O} = \frac{-3922656\ KJ}{93{,}783718\ Kg\ \ C_{18}H_{18} + C_2H_6O}$$

$$h_C = -41826{,}62069\ {}^{KJ}/_{Kg\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

$$PCS = \left| -41826{,}62069\ {}^{KJ}/_{Kg\ \ C_8H_{18} + C_2H_6O} \right|$$

2.8.9 Resultado de los análisis de poder calorífico obtenidos en laboratorio

Para combustibles con considerables variaciones en la composición, como las mezclas utilizadas en nuestras pruebas, es más práctico determinar su entalpia de combustión de modo experimental quemándolo directamente en una bomba calorimétrica a volumen constante.

Lo que consiste en colocar una masa conocida de la muestra en un recipiente de acero, denominado bomba calorimétrica a volumen constante, que se llena con oxígeno, a más o menos 30 atm de presión. La bomba cerrada se sumerge en una cantidad conocida de agua. La muestra se enciende eléctricamente y el calor producido por la reacción de combustión se puede calcular con exactitud al registrar el aumento en la temperatura del agua. El calor liberado por la muestra es absorbido por el agua y por el calorímetro. El diseño especial de la bomba calorimétrica permite suponer que no hay pérdida de calor (o de masa) hacia los alrededores durante el tiempo en que se hacen las mediciones.

Específicamente el equipo utilizado se denomina "Bomb Calorimeter Parr", ver figura 2-12, este calorímetro es un envase sellado que minimiza el intercambio de calor entre el sistema y el entorno.

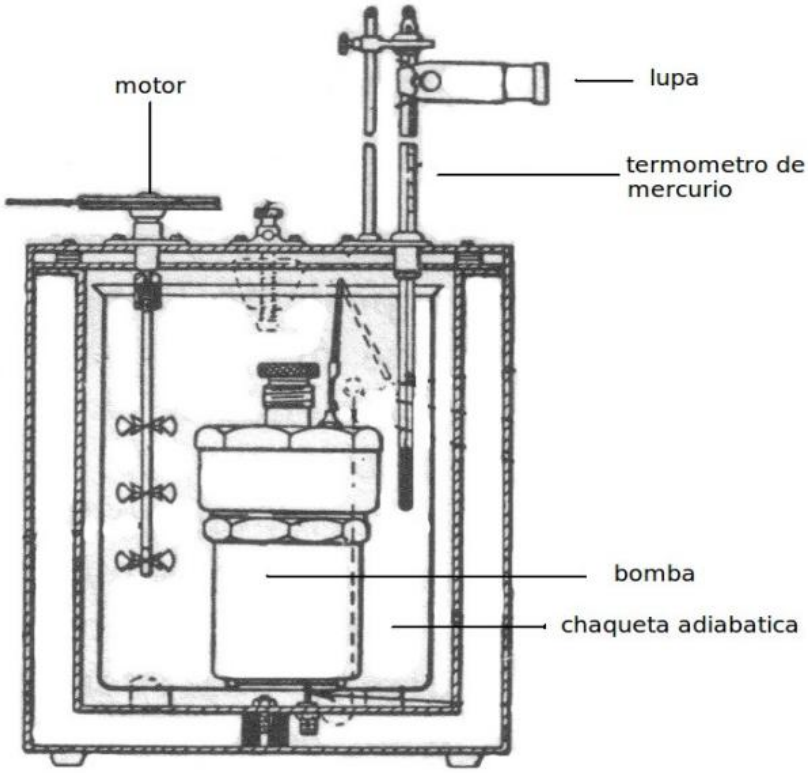


Figura2-12, Bomba Calorimétrica. Fuente:
http://fisica.usach.cl/~pperez/termodinamica/Presentaciones-2009/poder%20calorifico.pdf

[15]Primero se masa la muestra de combustible con la balanza, esta muestra tiene que ser de un gramo aproximadamente. La muestra de combustible se introduce en la copa y se conecta el alambre de ignición a los electrodos, haciendo que el alambre sólo toque el combustible y no los bordes de la copa. Luego se cierra la bomba y se procede a agregar los 30 atm de oxígeno, se utiliza esta cantidad de presión de oxígeno para que la combustión sea buena y el combustible se queme completamente.

[15] ARIAS Patricia, *Determinación del poder calorífico por medio de la bomba calorimétrica.* Chile. Disponible en: *http://fisica.usach.cl/~pperez/termodinamica/Presentaciones-2009/poder%20calorifico.pdf*

Ya armada la bomba calorimétrica, se acciona el motor de la bomba, para que la temperatura del agua del recipiente se mantenga constante. Luego se mide con el termómetro de mercurio la temperatura inicial del agua, es necesario que la lectura del termómetro sea con una lupa ya que la sensibilidad del termómetro es de 0,02 ℃.

Después de esto se deben conectar los electrodos a la batería, para generar el chispazo que hará combustionar la muestra. Al combustionar la muestra la temperatura del sistema comienza a aumentar y se hace la lectura de la temperatura final cuando esta alcanza el máximo. Con estos datos se procede a calcular el poder calorífico de la muestra de combustible:

$$\Delta Q_{combustible} \Big/ m\,[Kg] = k\left(Temperatura_{final} - Temperatura_{inicial}\right)$$

La constante del calorímetro Parr, K tiene un valor de 9,27 $\left[MJ \Big/ Kg \cdot K\right]$

Las muestras de gasolina/etanol de las que se necesita calcular su poder calorífico son ocho. Todas serán enviadas a un laboratorio que cuente con el equipo necesario para dicho cálculo. La cantidad total de cada mezcla es de $40cc$, a las cuales se les envaso en un frasco de vidrio propenso para este tipo de compuestos, ver figura 2-13. Los envases contaban con etiquetas en donde se denotaba el número de mezcla y el porcentaje de gasolina y etanol.

Figura2-13. Muestras del combustible mezclado gasolina/etanol. Fuente: Los autores

[16]Los resultados obtenidos por el laboratorio de termodinámica del departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional, se presentan en la tabla 2-11.

Muestra	P.C.I $\left[J/g\right]$
E0	45868,4
E100	29820,4
E5	44499,0
E10	44311,2
E15	43320,5
E20	41842,4
E25	40856,2
E30	40636,8

Tabla 2-11.Poder calorífico inferior de las mezclas. Fuente: Laboratorio de Termodinámica. Departamento de Ingeniería Química. Escuela Politécnica Nacional.

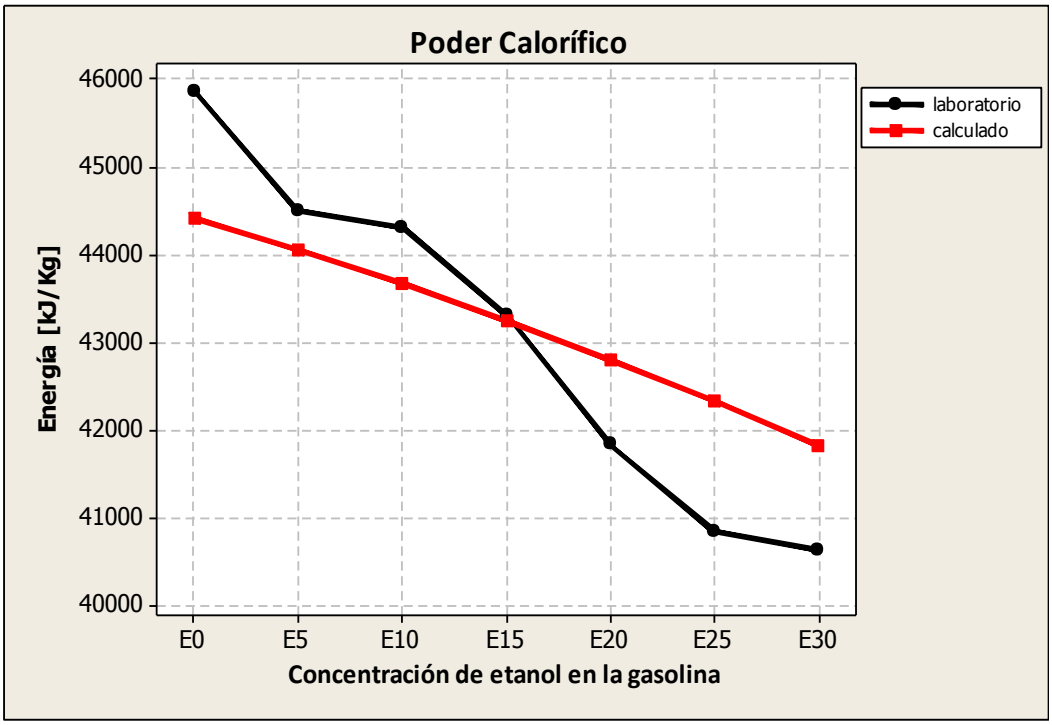
[16] Anexo 1-6. Resultados Obtenidos. Laboratorio de Termodinámica. Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional.

2.8.10 Análisis de los resultados obtenidos del poder calorífico a diferentes concentraciones

Interpretando los resultados obtenidos analíticamente y en el laboratorio, es claro notar que el PCI disminuye conforme se incremente de la concentración del etanol en la gasolina. Es decir, analíticamente la energía liberada por la gasolina se ve afectada por el etanol ya que tiene 41,7% menos de energía.

Según los resultados de laboratorio el PCI mínimo dado en la concentración E30 disminuye 11,4% con relación a E0. Mientras que en los valores calculados analíticamente entre los mismos puntos disminuye 5,6%.

Por lo tanto la variación es de 2,4% entre real y lo teórico, valor tolerable para nuestra investigación.



Gráfica 2.8-1. Variación del poder Calorífico en función de las concentraciones gasolina/etanol. Fuente: Los autores

2.9 Calculo de Ciclo Otto

Otro requisito de este capítulo es el cálculo y análisis termodinámico del motor J15. Lo que permitirá encontrar la presión media indicada, de la cual partimos para obtener el par y la potencia ideal.

[17]El análisis termodinámico de ciclo ideal de cuatro tiempos utiliza las suposiciones de aire estándar. Este se compone de cuatro procesos reversibles internamente:

1-2 Compresión isoentrópica
2-3 Adición de calor a volumen constante
3-4 Expansión isoentrópica
4-1 Rechazo de calor a volumen constante

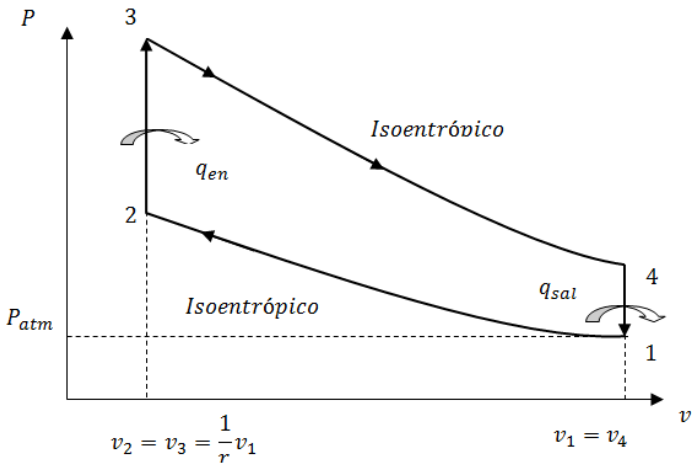


Figura2-14. Diagrama P-v para el ciclo Otto. Fuente: CENGEL, Yanus. "Termodinámica" Cuarta edición, p.447.

La ejecución del ciclo Otto en un dispositivo de cilindro-embolo junto a un diagrama de $P - v$ se ilustra en la figura 2-14. El diagrama de $T - s$ del ciclo Otto se presenta en la figura 2-15.

[17] CENGEL, Yanus. Op. Cit, p. 447.

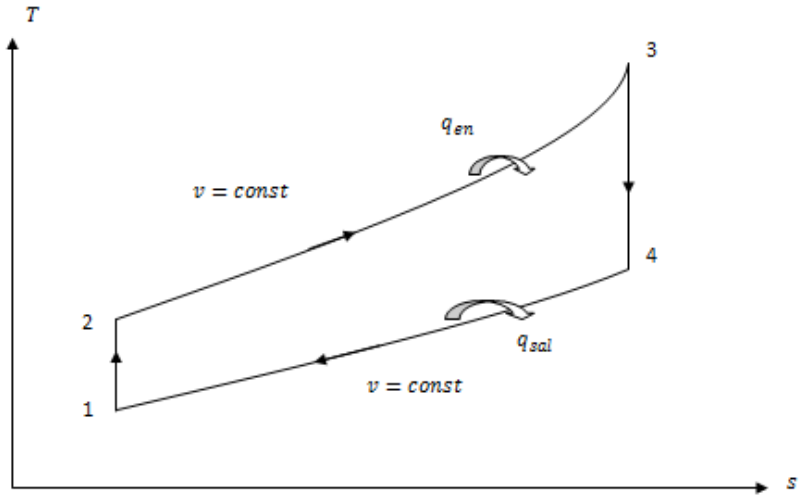


Figura2-15. Diagrama T-s para el ciclo Otto. Fuente: CENGEL, Yanus. "Termodinámica" Cuarta edición, p.447.

El ciclo de Otto se ejecuta en sistema cerrado, el balance de energía para cualquier proceso se expresa, por unidad de masa como:

$$(q_{en} - q_{sal}) + (w_{en} - w_{sal}) = \Delta u \left[{}^{KJ}/_{Kg} \right]$$

Ecuación 13

En donde:

$$q_{en} = transferencia\ de\ calor\ que\ entra, \left[{}^{KJ}/_{Kg} \right]$$

$$q_{sal} = transferencia\ de\ calor\ que\ sale, \left[{}^{KJ}/_{Kg} \right]$$

$$w_{en} = entrada\ de\ trabajo, \left[{}^{KJ}/_{Kg} \right]$$

$$w_{sal} = salida\ de\ trabajo, \left[{}^{KJ}/_{Kg} \right]$$

$$\Delta u = Cambio\ de\ energía\ interna\ específica, \left[{}^{KJ}/_{Kg} \right]$$

Nada de trabajo está implicado durante los dos procesos de transferencia de calor, ya que ambos toman lugar a volumen constante. En consecuencia, la transferencia de calor hacía y desde el fluido de trabajo puede expresarse como:

$$q_{en} = u_3 - u_2 = C_v(T_3 - T_2)$$

Ecuación 14

$$q_{sal} = u_4 - u_1 = C_v(T_4 - T_1)$$

Ecuación 15

En dónde:

$$T = Temperatura\ [K]$$

$$u = energía\ interna\ \left[{}^{KJ}/_{Kg}\right]$$

$$C_v = Calor\ específico\ a\ volumen\ constante, \left[{}^{KJ}/_{(Kg \cdot K)}\right]$$

Entonces la eficiencia térmica del ciclo Otto ideal para aire estándar viene a ser:

$$\eta_{t,Otto} = \frac{w_{neto}}{q_{en}} = 1 - \frac{q_{sal}}{q_{en}} = 1 - \frac{T_1\left({}^{T_4}/_{T_1} - 1\right)}{T_2\left({}^{T_3}/_{T_2} - 1\right)}$$

Ecuación 16

En donde:

$$\eta_{t,Otto} = eficiencia\ térmica\ del\ ciclo\ Otto\ ideal$$

$$w_{neto} = trabajo\ neto = (q_{en} - q_{sal}), \left[{}^{KJ}/_{Kg}\right]$$

Los procesos 1-2 y 3-4 son isoentrópicos, y $v_2 = v_3$ y $v_4 = v_1$. De tal modo

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{k-1} = \frac{T_4}{T_3}$$

Ecuación 17

En dónde:

$$v = volumen\ específico\ \left[m^3/_{Kg}\right]$$

$$k = relación\ de\ calores\ específicos\ del\ fluido\ de\ trabajo^{18} = 1.4$$

Al sustituir estas ecuaciones en la relación de la eficiencia térmica y simplificarse se encuentra que:

$$\eta_{t,Otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

Ecuación 18

En donde:

$$r = relacin\ de\ compresión = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$V = volumen\ total, [m^3]$$

[19]Bajo las suposiciones de aire estándar frio, la eficiencia térmica de un ciclo de Otto ideal depende de la relación de compresión de la máquina y la relación de calores específicos del fluido de trabajo. La eficiencia térmica del ciclo de Otto ideal aumenta tanto con la relación de compresión como con la relación de calores específicos. Para una relación de compresión dada, la eficiencia térmica de una

[18] CENGEL, Yanus. Op. Cit, p.723. Apéndice 1, tabla A2.
[19] CENGEL, Yanus. Op. Cit, p. 448.

máquina de encendido de chispa real será menor que la de un ciclo de Otto ideal debido a las irreversibilidades, como la fricción, y a otros factores como la combustión incompleta.

[20]La relación de calores específicos K, y en consecuencia la eficiencia térmica de un ciclo Otto ideal disminuye cuando las moléculas de fluido de trabajo son más grandes. A temperatura ambiente su valor es de 1.4 para el aire, 1.3 para el dióxido de carbono. El fluido de trabajo en máquinas reales contiene moléculas más grandes, como dióxido de carbono, y la relación de calores específicos disminuye con la temperatura, por lo que los ciclos reales tienen eficiencias térmicas más bajas que el ciclo Otto ideal. La eficiencia térmica de máquinas de encendido de chispa reales varia de aproximadamente 25 a 30%.

2.9.1 Evaluación del ciclo Otto ideal

Para el estudio ideal de los procesos involucrados en el ciclo Otto de nuestro motor J15, ver figura 2-16, vamos a considerar una temperatura ambiente de 25℃ ya que se trata de un ciclo ideal, además los cambios de la energía cinética y potencial los consideraremos como despreciables, y la variación de calores específicos con la temperatura será considerada.

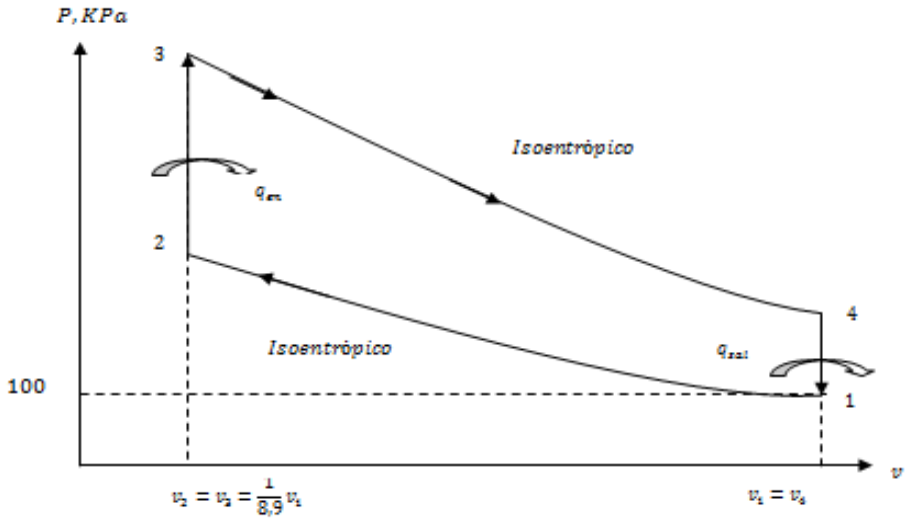


Figura2-16. Diagrama P-v para el ciclo Otto ideal del motor J15. Fuente: Los autores

[20] CENGEL, Yanus. Op. Cit, p.449.

A partir del diagrama $P-v$ de la figura 2-14, se deduce que el volumen en los estados 2 y 3 son iguales y también es igual al volumen en el estado 1 sobre la relación de compresión. Además podemos decir que el volumen en el estado 1 es el mismo que el volumen en el estado 4.

[21]Para el cálculo del calor de entrada en el proceso $2-3$ utilizaremos la ecuación 22, la cual expresa.

$$q_{2-3} = \left(\frac{r-1}{r}\right) \cdot m_a \cdot AC \cdot P_{ci}$$

Ecuación 19

En donde:

$$m_a = masa\ del\ aire = V_T \cdot \rho_{aire}$$

$$\rho_{aire} = densidad\ del\ aire$$

$$AC = relación\ de\ aire\ combustible$$

$$P_{ci} = Poder\ calorífico\ inferior\ del\ combustible \left[{}^{kJ}/_{kg}\right]$$

Para los valores de la relación aire-combustible, y de poder calorífico inferior, estableceremos los calculados anteriormente. Entonces existirán diferentes valores de calor que entra en este proceso, por lo que variaran los cálculos de temperaturas y presiones, a partir del proceso $2-3$.

2.9.1.1 Ciclo Otto ideal para el motor J15 teniendo como combustible E0

Calculando tenemos**:**

$$Temperatura\ ambiente = T_1 = 25℃ \rightarrow 298{,}15\ K$$

[21] LEMA Cristian, *Diseño de los colectores de admisión y escape con análisis comparativo para un motor estándar G10 de un vehículo Suzuki Farsa.* Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca 2010.

Una vez ubicada la temperatura 1, podemos calcular, la energía interna específica (u_1) y el valor del volumen específico relativo (v_{r1}), por interpolación de la tabla de propiedades de gas ideal para el aire[22]. Tenemos:

$$T_1 = 298{,}15\ [K] \rightarrow u_1 = 212{,}7454\ \left[{}^{KJ}/_{Kg}\right]$$

$$T_1 = 298{,}15\ [K]\ \rightarrow v_{r1} = 631{,}079$$

Proceso $1-2$ (compresión isoentrópica de un gas ideal). Calculamos el volumen específico relativo en el estado 2.

$$\frac{v_{r2}}{v_{r1}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{r} \rightarrow v_{r2} = \frac{v_{r1}}{r} \rightarrow \frac{631{,}079}{8{,}9} = 70{,}90775$$

Con el valor del volumen relativo en el estado 2, calculamos la energía interna específica (u_2) y el valor de la temperatura (T_2), por interpolación de la tabla de propiedades de gas ideal para el aire.

$$v_{r2} = 70{,}90775 \rightarrow T_2 = 695{,}9008929\ [K]$$

$$v_{r2} = 70{,}90775 \rightarrow u_2 = 509{,}0999036\left[{}^{KJ}/_{Kg}\right]$$

Para encontrar la presión en el estado 2, considerando la mezcla aire combustible como un gas ideal aplicamos la relación matemática para un gas ideal.

$$\frac{P_2 v_2}{T_2} = \frac{P_1 v_1}{T_1} \rightarrow P_2 = P_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$$

Ecuación 20

---

22 Anexo 1-7, J.H Kennan y J. Kaye, *Gas Tables*, Wiley, New York ,1945.
Disponible en: http://www.wiziq.com/tutorial/73008-TABLA-TERMODINAMICA-DE-AIRE-COMO-GAS-IDEAL

$$P_2 = 100[KPa]\left(\frac{695{,}9008929[K]}{298{,}15[K]}\right)(8{,}9)$$

$$P_2 = 2077{,}316098[KPa]$$

Proceso $2-3$ (adición de calor a volumen constante). Aplicando la primera ley de la termodinámica, en esta parte del proceso no existe trabajo.

$$q_{2-3} - w_{2-3} = u_3 - u_2$$

Ecuación 21

Entonces:

$$w_{2-3} = 0 \ \therefore \ q_{2-3} = u_3 - u_2$$

Para el cálculo del calor emitido en el proceso $2-3$ utilizamos la fórmula 22.

$$q_{2-3} = \left(\frac{r-1}{r}\right) \cdot m_a \cdot AC \cdot P_{ci}$$

En donde:

$$m_a = V_T \cdot \rho_{aire}$$

$$\rho_{aire} = 1{,}20\left[{}^{kg}/_{m^3}\right] \qquad m_a = 0{,}001498[m^3] \cdot 1{,}20\left[{}^{kg}/_{m^3}\right]$$

$$V_T = 0{,}001498[m^3] \qquad m_a = 0{,}0017976[kg]$$

$$AC = relación\ de\ aire - gasolina = 15{,}136\ [Kg]$$

$$P_{ci} = Poder\ calorífico\ inferior\ de\ la\ gasolina = 44423{,}2849\left[{}^{kJ}/_{kg}\right]$$

Remplazando tenemos:

$$q_{2-3} = \left(\frac{8{,}9-1}{8{,}9}\right) \cdot 0{,}0017976[kg] \cdot 15{,}136\left[{}^{1}/_{kg}\right] \cdot 44423{,}2849\left[{}^{KJ}/_{Kg}\right]$$

$$q_{2-3} = q_{entra} = 1072{,}88193\left[{}^{kJ}/_{kg}\right]$$

Una vez encontrado el valor del calor de entrada podemos encontrar la energía interna (u_3) en el estado 3.

$$q_{2-3} = u_3 - u_2 \therefore\ u_3 = q_{2-3} + u_2$$

$$u_3 = 1072{,}88193\left[{}^{kJ}/_{kg}\right] + 509{,}0999036\left[{}^{KJ}/_{Kg}\right]$$

$$u_3 = 1581{,}981834\left[{}^{kJ}/_{kg}\right]$$

Con este valor de la energía interna (u_3), podemos determinar la temperatura y el volumen específico relativo en el estado 3, con la ayuda de la tabla de propiedades del gas ideal para el aire.

$$u_3 = 1581{,}981834\left[{}^{kJ}/_{kg}\right] \rightarrow T_3 = 1899{,}35203[K]$$

$$u_3 = 1546{,}4720\left[{}^{kJ}/_{kg}\right] \rightarrow v_{r3} = 3{,}29896559$$

Con los datos obtenidos ahora encontramos la presión en el estado 3, para ello nos ayudamos de la relación de los gases ideales.

$$\frac{P_3 v_3}{T_3} = \frac{P_2 v_2}{T_2} \rightarrow P_3 = P_2 \left(\frac{T_3}{T_2}\right)\left(\frac{v_2}{v_3}\right)$$

$$P_3 = 2077{,}316098[KPa] \cdot \left(\frac{1899{,}35203[K]}{695{,}9008929\ [K]}\right)(1)$$

$$P_3 = 5669{,}707552[KPa]$$

Proceso $3-4$ (expansión isoentrópica de un gas ideal), en este estado determinaremos el volumen específico relativo del cual partiremos para encontrar la temperatura y la energía interna, con la ayuda de la tabla de propiedades de gas ideal para el aire.

$$\frac{v_{r4}}{v_{r3}} = \frac{v_4}{v_3} = r \rightarrow v_{r4} = r \cdot v_{r3}$$

$$v_{r4} = 8{,}9 \cdot (3{,}29896559) = 29{,}36079375$$

$$v_{r4} = 29{,}36079375 \rightarrow T_4 = 949{,}441827[K]$$

$$v_{r4} = 29{,}36079375 \rightarrow u_4 = 716{,}077227\left[{}^{kJ}/_{kg}\right]$$

Proceso $4-1$ (rechazo de calor a volumen constante), en este estado no existe trabajo entonces aplicamos la primera ley de la termodinámica.

$$q_{4-1} - w_{4-1} = u_1 - u_4$$

Entonces:

$$w_{4-1} = 0 \ \therefore \ q_{4-1} = u_1 - u_4$$

$$q_{4-1} = 212{,}7454\left[{KJ}/{Kg}\right] - 716{,}077227\left[{kJ}/{kg}\right] = -503{,}331827\left[{kJ}/{kg}\right]$$

$$q_{sale} = 503{,}331827\left[{kJ}/{kg}\right]$$

Por lo tanto:

$$w_{neto} = q_{neto} = q_{entra} - q_{sale}$$

Ecuación 22

$$w_{neto} = 1072{,}88193\left[{kJ}/{kg}\right] - 503{,}331827\left[{kJ}/{kg}\right]$$

$$w_{neto} = 569{,}550103\left[{kJ}/{kg}\right]$$

La presión media efectiva (PME), es una presión ficticia que, si actuara sobre el embolo durante la carrera de potencia completa, producirá la misma cantidad de trabajo neto que el producido durante el ciclo real.

$$PME = \frac{W_{neto}}{V_{max} - V_{min}}$$

Ecuación 23

$$PME = \frac{w_{neto}}{v_1 - v_2} \therefore PME = \frac{w_{neto}}{v_1 - \frac{v_1}{r}} \rightarrow PME = \frac{w_{neto}}{v_1\left(1 - \frac{1}{r}\right)}$$

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1}$$

Ecuación 24

$$^{23}R = Constante\ de\ gas = 0{,}287\left[{KPa \cdot m^3}/{(Kg \cdot K)}\right]$$

Por lo tanto:

$$v_1 = \frac{0{,}287 \left[KPa \cdot m^3/_{(Kg \cdot K)}\right] \cdot (298{,}15\ [K])}{100[KPa]}$$

$$v_1 = 0{,}85569 \left[m^3/_{Kg}\right]$$

$$PME = \frac{569{,}550103 \left[kJ/_{kg}\right]}{0{,}85569 \left[m^3/_{Kg}\right] \cdot \left(1 - \frac{1}{8{,}9}\right)}$$

$$PME = 749{,}8569[KPa] \therefore PME = 7{,}498569\ [bar]$$

Entonces, una presión constante de $7{,}498569\ bar$ durante el tiempo de potencia producirá la misma salida de trabajo neto que el producido durante el ciclo real.

2.9.1.2 Valores característicos del ciclo Otto ideal del motor J15 para las diferentes concentraciones gasolina extra y etanol anhidro

Mezcla		Temp. [K]		Pres.[KPa]		Valores característicos	
E5		T_1	298,15	P_1	100	q_{ent}	$1055{,}0668\ ^{kJ}/_{kg}$
AC	$15{,}0084\ Kg$	T_2	695,9008	P_2	2077,3160	q_{sale}	$493{,}9808\ ^{kJ}/_{kg}$
PCI	$44057{,}052 KJ/Kg$	T_3	1880,677	P_3	5613,964	w_{neto}	$561{,}0859\ ^{kJ}/_{kg}$

[23] *CENGEL, Yanus. "Termodinámica" Cuarta edición, editorial Mc Graw-Hill, Apéndice 1, tabla A2.*

ma	0,0017976 Kg	T_4	938,3884	P_4	1154,864	PME	7,387 bar
E10		T_1	298,15	P_1	100	q_{ent}	1036,284 $^{kJ}/_{kg}$
AC	14,8727Kg	T_2	695,9008	P_2	2077,3160	q_{sale}	484,789 $^{kJ}/_{kg}$
PCI	43667,581KJ $/Kg$	T_3	1860,9901	P_3	5555,194	w_{neto}	551,495 $^{kJ}/_{kg}$
ma	0,0017976 Kg	T_4	927,44605	P_4	1141,4446	PME	7,2608 bar
E15		T_1	298,15	P_1	100	q_{ent}	1016,463 $^{kJ}/_{kg}$
AC	14,7282Kg	T_2	695,9008	P_2	2077,3160	q_{sale}	474,877 $^{kJ}/_{kg}$
PCI	43252,584KJ $/Kg$	T_3	1840,213	P_3	5493,174	w_{neto}	541,585 $^{kJ}/_{kg}$
ma	0,0017976 Kg	T_4	915,620	P_4	1126,842	PME	7,130 bar
E20		T_1	298,15	P_1	100	q_{ent}	995,510 $^{kJ}/_{kg}$
AC	14,5739Kg	T_2	695,9008	P_2	2077,3160	q_{sale}	464,364 $^{kJ}/_{kg}$
PCI	42809,469KJ $/Kg$	T_3	1818,249	P_3	5427,611	w_{neto}	531,146 $^{kJ}/_{kg}$
ma	0,0017976 Kg	T_4	903,029	P_4	1111,347	PME	6,992bar
E25		T_1	298,15	P_1	100	q_{ent}	973,330 $^{kJ}/_{kg}$
AC	14,408Kg	T_2	695,9008	P_2	2077,3160	q_{sale}	453,624 $^{kJ}/_{kg}$
PCI	42335,278KJ $/Kg$	T_3	1794,968	P_3	5358,12	w_{neto}	519,706 $^{kJ}/_{kg}$
ma	0,0017976 Kg	T_4	890,126	P_4	1095,468	PME	6,842 bar
E30		T_1	298,15	P_1	100	q_{ent}	949,8098 $^{kJ}/_{kg}$

AC	$14{,}231 Kg$	T_2	695,9008	P_2	2077,3160	q_{sale}	$441{,}70\ ^{kJ}/_{kg}$
PCI	$41826{,}62 KJ/Kg$	T_3	1770,157	P_3	5284,0534	w_{neto}	$508{,}108\ ^{kJ}/_{kg}$
ma	$0{,}0017976\ Kg$	T_4	875,766	P_4	1077,795	PME	$6{,}689\ bar$

Tabla 2-12. Valores característicos del ciclo Otto para el motor J15 con la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

2.10 Calculo de la potencia del motor J15

A la potencia la definimos como la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Para nuestro caso la expresaremos en kilovatios ya que es la unidad legal para el sistema internacional de medidas.

En nuestro motor la potencia desarrollada en el interior del cilindro (potencia indicada) no se transmite íntegramente al eje motor de salida (potencia efectiva), si no que parte de esta potencia es absorbida, o mejor dicho, pérdida debido a los rozamientos de los diferentes órganos mecánicos del motor. Fundamentalmente calcularemos los siguientes tipos de potencia.

2.10.1 Potencia Indicada

Es la potencia que genera el motor con la combustión, es decir, la desarrollada dentro del cilindro del motor por la expansión de los gases de la combustión, la designamos como P_i. Parte de esta potencia es necesaria para vencer la fricción de las partes móviles de la máquina que se traducen en pérdidas mecánicas, además es necesaria para mover los elementos y accesorios, y para cargar el aire fresco dentro del cilindro en la carrera de admisión y expulsar los gases residuales en la carrera de escape.

La potencia indicada (P_i) es fácil de calcular para nuestro motor de cuatro cilindros mediante la ecuación 28. Destacando la aplicación de diferentes tipos de

combustible, en donde, el cálculo variara de acuerdo a la presión media efectiva, calculada anteriormente para cada una de las mezclas.

$$P_i = \frac{\frac{\pi \times d^2}{4} \times PME \times 4 \times s \times rpm}{12000}$$

Ecuación 25

$d = diámetro\ del\ cilindro\ en\ cm$

$s = carrera\ del\ pistón\ en\ m$

$rpm = revoluciones\ por\ minuto$

2.10.1.1 Calculo de la potencia indicada P_i, teniendo como combustible la mezcla de gasolina/etanol

La principal variante que diferenciara la potencia indicada, a cada porcentaje de mezcla gasolina/ etanol, es la presión media efectiva PME. Según lo calculado en el ciclo Otto ideal para el motor J15, presentamos la siguiente tabla:

% de mezcla Gasolina/Etanol	$PME\ [bar]$
$E0$	7,498569
$E5$	7,387
$E10$	7,2608
$E15$	7,130
$E20$	6,992
$E25$	6,842
$E30$	6,689

Tabla 2-13. Presión media efectiva para las diferentes mezclas de gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

En cuanto al diámetro del cilindro y la carrera del pistón, según lo establecido en el capítulo I, tenemos que es de $7{,}84[cm]$ y $0{,}07759\ m$ respectivamente. El número de revoluciones por minuto, necesarios para el cálculo, varía desde las rpm mínima que es de 600 hasta la máxima que es de 5000.

Por lo tanto aplicando todos estos datos en la ecuación 28, tenemos que:

$$P_i = \frac{\frac{\pi \times 7{,}84^2}{4} \times 7{,}498569 \times 4 \times 0{,}07759 \times 600}{12000}$$

$$P_i = 5{,}61741\ [KW]$$

En la siguiente tabla presentamos los valores de la potencia indicada P_i, para cada una las mezclas de gasolina/etanol, en donde variamos las revoluciones por minuto en el rango establecido. Además se modifica la presión media efectiva, en cada porcentaje de mezcla de gasolina/etanol.

	E0	E5	E10	E15	E20	E25	E30
rpm	Pi[KW]	Pi[KW]2	Pi[KW]3	Pi[KW]4	Pi[KW]5	Pi[KW]6	Pi[KW]7
600	5,617	5,534	5,439	5,341	5,238	5,126	5,011
800	7,490	7,378	7,252	7,122	6,984	6,834	6,681
1000	9,362	9,223	9,065	8,902	8,730	8,543	8,352
1200	11,235	11,068	10,879	10,683	10,476	10,251	10,022
1400	13,107	12,912	12,692	12,463	12,222	11,960	11,692
1600	14,980	14,757	14,505	14,243	13,968	13,668	13,362
1800	16,852	16,601	16,318	16,024	15,714	15,377	15,033
2000	18,725	18,446	18,131	17,804	17,460	17,085	16,703
2200	20,597	20,291	19,944	19,585	19,206	18,794	18,373
2400	22,470	22,135	21,757	21,365	20,952	20,502	20,044
2600	24,342	23,980	23,570	23,146	22,698	22,211	21,714
2800	26,215	25,825	25,383	24,926	24,444	23,919	23,384
3000	28,087	27,669	27,196	26,707	26,190	25,628	25,055
3200	29,960	29,514	29,010	28,487	27,936	27,336	26,725
3400	31,832	31,358	30,823	30,267	29,682	29,045	28,395
3600	33,704	33,203	32,636	32,048	31,428	30,753	30,066
3800	35,577	35,048	34,449	33,828	33,174	32,462	31,736
4000	37,449	36,892	36,262	35,609	34,919	34,170	33,406
4200	39,322	38,737	38,075	37,389	36,665	35,879	35,077
4400	41,194	40,581	39,888	39,170	38,411	37,587	36,747
4600	43,067	42,426	41,701	40,950	40,157	39,296	38,417
4800	44,939	44,271	43,514	42,730	41,903	41,004	40,087
5000	46,812	46,115	45,327	44,511	43,649	42,713	41,758

Tabla 2-14. Valores de la potencia indicada obtenidos en función de la variación de las revoluciones por minuto. Fuente los autores.

2.11 Calculo del Par del motor J15

Se denomina par motor al esfuerzo torsional o giratorio del cigüeñal. Su valor se expresa por la cantidad del llamado momento del par, que es el producto de la longitud de la palanca sobre la que actúa la fuerza en ángulo recto por la fuerza que produce el giro.

En los motores de combustión aparece siempre un momento de rotación, que se denomina par motor. Descomponiéndose las siguientes fuerzas, (Véase la figura 2-17):

1. La presión del gas origina la fuerza del pistón F_e.

2. La fuerza del pistón, por la inclinación de la biela, se descompone en una fuerza lateral F_N, que es perpendicular a las paredes del cilindro, y otra F_b en el sentido de la biela, ésta es la fuerza en la biela.

3. En el muñón del cigüeñal, según la posición de éste, la fuerza de la biela se desplaza en una fuerza tangencial F_t y otra de compresión al eje del cigüeñal F_{rad}.

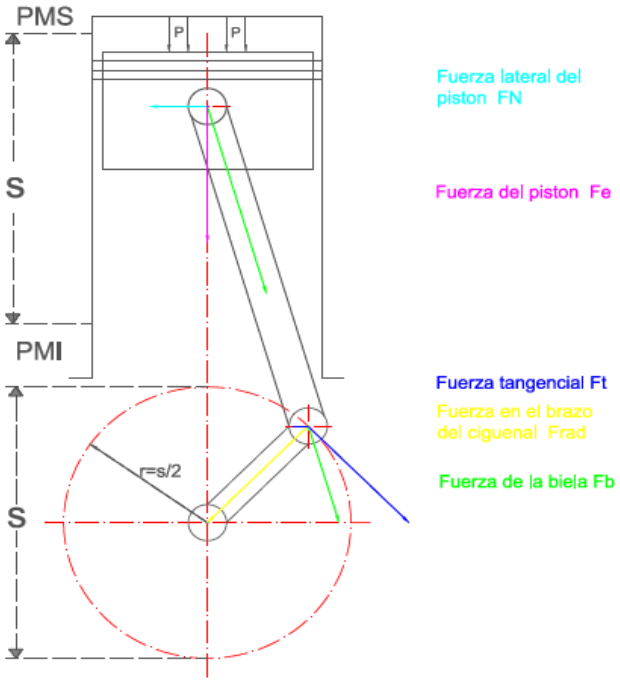


Figura2-17. Descomposición de las fuerzas originadas en el ciclo de potencia. Fuente los autores.

En definitiva el par motor (M_M) es la acción de la fuerza tangencial F_t en el brazo del cigüeñal o radio de giro $r\left(donde\ r = \frac{1}{2} de\ la\ carrera\ \ s\right)$. La fórmula es como sigue:

$$M_M = F_t[N] \times r[m]$$

Ecuación 26

[24]Sabiendo que la fuerza tangencial F_t es igual a:

$$F_t = \frac{F_e \times \sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Ecuación 27

Para calcular la fuerza F_e en el pistón planteamos la siguiente ecuación:

$$F_e = p\frac{\pi \times d^2}{4}$$

Ecuación 28

[24] G.Hamm. *Tablas de la técnica del automóvil.* Alemania 1986. 14va edición, p.54.

En donde:

$$p = presión\ de\ combustion\ [bar]$$

$$d = diámetro\ del\ embolo\ [cm]$$

En cuanto al cálculo de los ángulos que nos ayudaran a encontrar la fuerza tangencial tenemos que hacer un análisis del movimiento alternativo y la velocidad del pistón.

El pistón del motor está unido al cigüeñal a través del bulón y la biela. El cigüeñal efectúa un movimiento circular uniforme mientras el del pistón es alternativo, es decir, de ida y vuelta, con velocidad variable. El pistón corre dos veces su trayectoria entre el punto muerto superior y el inferior mientras el cigüeñal da una vuelta. De esto se deduce:

1. En el punto muerto superior y en el punto muerto inferior, durante un instante está parado el pistón.

2. Entre los dos puntos muertos aumenta la velocidad del pistón hasta un valor máximo, que tiene lugar próximo a los $75°$ de giro del cigüeñal
3. Tras alcanzar la velocidad máxima el pistón, disminuye aquélla hasta anularse. En el movimiento alternativo el pistón va de cero hasta una aceleración máxima para a continuación tener una desaceleración que lo lleva de nuevo a cero.

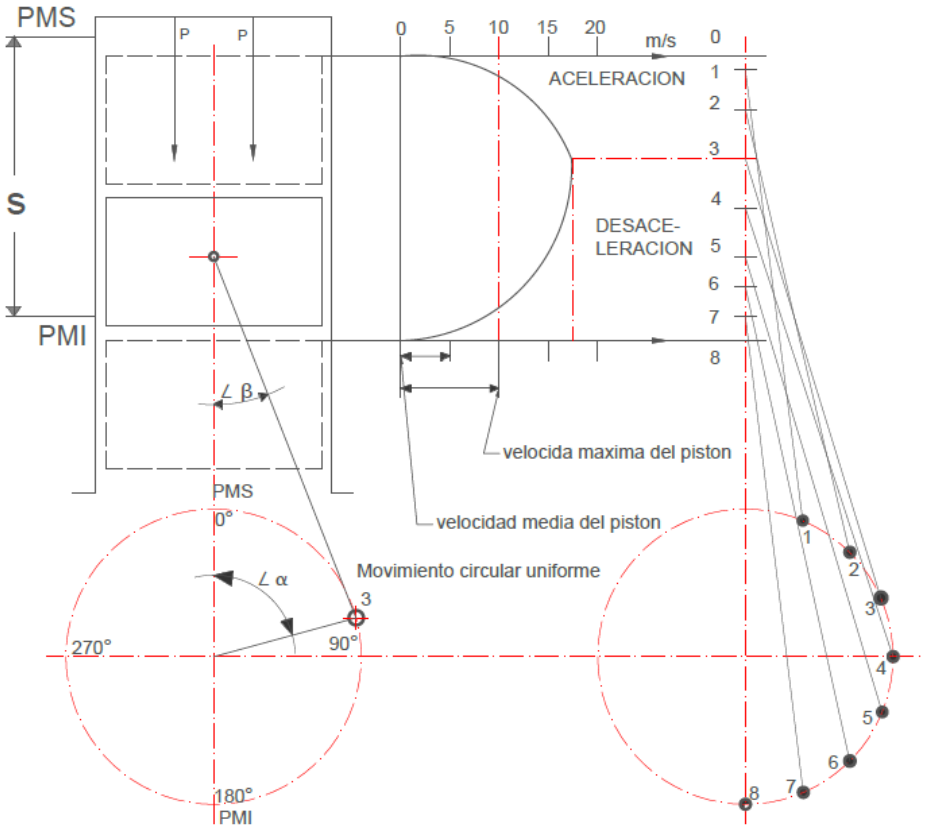


Figura2-18. Movimiento alternativo del pistón. Fuente. Matemática aplicada para la técnica del automóvil. KINDLER.

En la figura 2-18 se ve que las distancias entre los puntos 0 y 8 del círculo del cigüeñal son iguales; en cambio, las que corresponden al pistón son distintas. Se ve pues que las velocidades del pistón en los distintos tramos entre 0 y 8 no son iguales. La velocidad media del pistón es la que corresponde a un movimiento uniforme supuesto con la cual el pistón tardaría lo mismo en hacer la carrera que con su velocidad variable. Esa velocidad media es pues la velocidad promedio del pistón.

2.11.1 Momento de giro del motor J15

Para el cálculo de la presión de combustión partimos de la ecuación 31, en donde tenemos lo siguiente:

$$p = presión\ de\ combustión\ de\ la\ gasolina = 5669{,}707552\ [KPa] \therefore 56{,}69707552\ [bar]$$

$$d = diámetro\ del\ embolo = 78{,}40\ [mm] \therefore 7{,}84[cm]$$

Aplicando estos datos encontramos la fuerza del pistón que es:

$$F_e = 56{,}69707552[bar] \times \frac{\pi \times 7{,}84^2[cm]^2}{4}$$

$$F_e = 2737{,}0459\ [N]$$

Regresando a la determinación de los ángulos en donde la velocidad del pistón es la máxima establecemos que:

$$\alpha = \acute{a}ngulo\ del\ cig\ddot{u}e\tilde{n}al\ en\ grados = 75°$$

Entonces entre el brazo de la biela y el codo del cigüeñal construimos un triángulo oblicuángulo para el cálculo del ángulo formado entre la biela y la línea imaginaria trazada entre el centro de giro del cigüeñal y el centro del cilindro (ver figura 2-19):

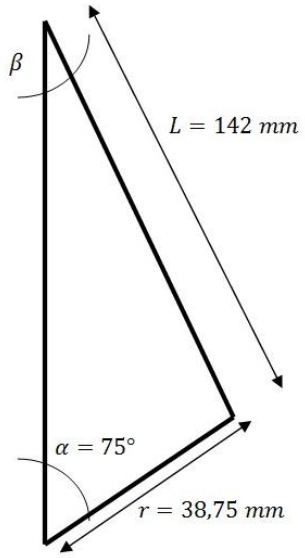


Figura2-19. Triángulo Oblicuángulo construido entre la biela y la proyección del eje imaginario del centro del cigüeñal y el centro del cilindro. Fuente los autores.

Por lo tanto tenemos que:

$$\beta = \acute{a}ngulo\ adquirido\ por\ la\ biela\ en\ grados \rightarrow aplicando\ la\ ley\ de\ los\ senos\ tenemos:$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{38{,}75 \cdot \sin\alpha}{142}\right)$$

$$\sin\beta = \frac{38{,}75 \cdot \sin 75}{142} \therefore \sin\beta = 0{,}2635 \rightarrow \beta = 15{,}2831°$$

Ahora aplicando la fórmula de la fuerza tangencial F_t tenemos lo siguiente:

$$F_t = \frac{2737{,}0459[N] \times \sin(75 + 15{,}2831)}{\cos 15{,}2831}$$

$$F_t = 2837{,}3554\ [N]$$

A continuación establecemos la tabla de cálculo sobre los valores de los ángulos que adquieren la biela y el cigüeñal durante el ciclo de potencia a partir de los cuales obtenemos la fuerza tangencial en el codo del cigüeñal. Comprobando que en el ángulo de 75° obtendremos la fuerza tangencial mayor.

Ahora multiplicando esta fuerza tangencial F_t por el radio de giro del cigüeñal tenemos el siguiente momento de giro M_M, que es verificado en la siguiente tabla:

$$M_M = 2837{,}3554\ [N] \times\ 0{,}038795[m]$$

$$M_M = 110{,}07518\ [Nm]$$

Angulo α	**Angulo β en radianes**	**Angulo β en grados**	***Fuerza tangencial***	**Par motor**
5	0,02378594	1,362833988	303,4169751	11,77106155
10	0,047404139	2,716057072	603,1549798	23,39939744
15	0,070687289	4,050083325	895,5933693	34,74454476
20	0,093469	5,355379224	1177,22794	45,67055792
25	0,115584358	6,622495864	1444,728525	56,04824314
30	0,136870608	7,842108153	1694,995586	65,75735376
35	0,157167995	9,005062784	1925,215022	74,68871678

40	0,176320778	10,10243643	2132,910121	82,74624816
45	0,194178437	11,12560492	2315,989179	89,84880022
50	0,210597073	12,06632344	2472,786973	95,93177062
55	0,225440984	12,91681693	2602,097983	100,9483912
60	0,238584392	13,66987872	2703,199105	104,8706093
65	0,249913252	14,31897456	2775,859661	107,6894755
70	0,259327095	14,85834803	2820,336825	109,4149671
75	0,266740811	15,28312268	2837,355257	110,0751972
80	0,272086282	15,5893956	2828,070611	109,7149994
85	0,275313772	15,77431715	2794,017775	108,3939196
90	0,276392992	15,83615194	2737,0459	106,1836957
95	0,275313772	15,77431715	2659,243452	103,1653497
100	0,272086282	15,5893956	2562,857434	99,42605415
105	0,266740811	15,28312268	2450,211388	95,0559508
110	0,259327094	14,85834803	2323,626845	90,14510344
115	0,249913252	14,31897455	2185,352364	84,78074497
120	0,238584392	13,66987872	2037,503456	79,04494657
125	0,225440984	12,91681692	1882,015506	73,01279154
130	0,210597073	12,06632343	1720,610631	66,75108943
135	0,194178437	11,12560491	1554,778253	60,31762231
140	0,176320778	10,10243642	1385,768261	53,7608797
145	0,157167995	9,005062779	1214,595044	47,12021475
150	0,136870607	7,842108147	1042,050313	40,42634191
155	0,115584357	6,622495859	868,7226353	33,70209464
160	0,093469	5,355379218	695,0217218	26,9633677
165	0,070687289	4,050083319	521,2058425	20,22018066
170	0,047404138	2,716057065	347,411085	13,47781304
175	0,02378594	1,362833981	173,6815608	6,737976152
180	-1,1194E-10	-6,4137E-09	-8,16371E-07	-3,1671E-08

Tabla 2-15. Valores de los ángulos del cigüeñal y la biela con respecto al eje de rotación del cigüeñal y el centro del cilindro. Valor de la fuerza tangencial según la variación de los ángulos de 0° a 180°. Fuente los autores

CAPITULO III

3 APLICACIÓN DEL COMBUSTIBLE GASOLINA-ETANOL PARA SOMETER EL VEHÍCULO A PRUEBA DE GASES Y ENSAYOS EN EL BANCO DINAMOMÉTRICO

3.1 Mezclado del combustible

Con base, al estudio de la cantidad proporcional admisible de etanol en la gasolina y a pruebas de consumo de combustible en función de la distancia, nos hemos planteado realizar la mezcla de los dos combustibles, gasolina/etanol, en cantidades de tres galones por mezcla. Es decir que los tres galones forman el volumen total del 100% de la mezcla gasolina/ etanol.

3.1.1 Proceso de mezclado

La mezcla de los dos combustibles se realizó con instrumentos que nos ayudaran a ser exactos en las cantidades necesarias de cada combustible, ver figura 3-1. Entre los elementos principales tenemos:

- Probetas de 50, 100 y 250 ml.
- Vasos de precipitación.
- Jarras de 1 y 2 litros.
- Embudos.
- Pomas de 3 galones.

Figura 3-1. Materiales utilizados en la mezcla de los combustibles. Fuente: Los autores.

Las cantidades exactas de cada combustible se especifican en la tabla 3-1:

% de concentración de etanol	*Gasolina [litros]*	*Etanol [litros]*	*Total [litros]*	*Total [galones]*
E0	11,35	0	11,35	2,99835277
E5	10,78	0,56	11,34	2,99571105
E10	10,21	1,13	11,34	2,99571105

E15	9,64	1,7	11,34	2,99571105
E20	9,08	2,27	11,35	2,99835277
E25	8,51	2,83	11,34	2,99571105
E30	7,94	3,4	11,34	2,99571105

Tabla 3-1. Volumen de los combustibles. Fuente: Los autores.

3.1.2 Forma de aplicación del combustible mezclado

Antes de realizar las pruebas en el banco dinamométrico, el combustible mezclado debe tener un tiempo de uso en el motor. De tal manera que el combustible que se encuentra en el circuito del sistema de alimentación se consuma por completo, para evitar drenar o consumir innecesariamente todo ese combustible se optó por omitir el circuito comprendido desde antes del filtro hasta el tanque del combustible. Por lo tanto el combustible será enviado desde un circuito improvisado que consta desde el recipiente de tres galones que contiene la mezcla gasolina/etanol y una manguera, de las mismas características que tiene el conducto original, hasta conectar con el filtro de combustible mismo que está instalado con la bomba mecánica y el carburador.

3.2 Descripción del banco dinamométrico

El banco de potencia y de funcionamiento LPS 3000 se compone de:

- Un pupitre de comunicaciones, equipado con PC, una pantalla de color, un teclado con un ratón.
- Un control remoto y
- Un juego de rodillos.

Existen varias versiones del LPS 3000 para la medición de potencia de turismos/vehículos ligeros. Dependiendo de la versión, es posible la medición de las potencias por rueda de 260 kW hasta 520 kW, con una velocidad máxima de prueba de 250 km/h. La simulación de carga del banco se realiza mediante un freno de corrientes parásitas.

El LPS 3000 hace posible la medición de potencia en turismos/vehículos ligeros con motores Otto o Diesel. Aplicando el juego de rodillos adecuado, y junto con la electrónica reguladora correspondiente, también es posible el ensayo de vehículos 4x4.

Están disponibles las siguientes opciones:

- Un ventilador de aire refrigerante, conectado al pupitre de comunicaciones, y manejable desde el control remoto por radio (encender/apagar).

- Una caja de interfaces, haciendo posible la conexión de los siguientes aparatos:

    a. *Módulo del número de revoluciones*, registro del número de rpm del motor mediante pinzas trigger (motor Otto), detector piezoeléctrico (motor Diesel), sensor de PMS (según modelo y demanda), clavija de diagnósticos
    b. (Según modelo y demanda), sonda de temperatura del aceite (hasta máx. 180°C) etc.
    c. *Módulo ambiente*, registro de la temperatura ambiente, temperatura del aire aspirado, presión del aire y humedad del aire, temperatura del carburante.
    d. *Módulo analógico*, registro de señales analógicas.
    e. *Módulo OBD*, registro de datos OBD.
    f. *Módulo de presión/temperatura*, registro de 2 temperaturas y 2 presiones

- Para determinar los datos de potencia según DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, SAE J1349 o JIS D1001 están incorporados un barómetro y un sensor de humedad en la caja de interfaces.

- Analizadores de gases de escape MAHA, para gasolina (MGT5) y para Diesel (MDO2 y MDO2 LON), los cuales se pueden conectar al banco de pruebas.

- Impresora a color DIN A4 de inyección de tinta.

- Aparatos para medir el consumo de motores de gasolina y Diesel (Krupp/AIC).

3.2.1 Programas de medición

El banco de potencia LPS 3000 permite efectuar una simulación exacta de unas condiciones de marcha definidas en el banco de pruebas. Además pueden llevarse a cabo mediciones del consumo de carburante y el análisis de los gases de escape, así como inspecciones en serie de vehículos.

Para llevar a cabo las diferentes tareas de medición pueden seleccionarse los modos de servicio siguientes:

- SIMULACIÒN DE CARGA. El menú de simulación de carga permite al usuario preseleccionar diferentes condiciones de carga las cuales facilitan, p. ej., un diagnóstico concreto del motor o permiten determinar la potencia ascensional de un vehículo. Según la necesidad concreta pueden simularse diferentes condiciones de carga como p. ej. Una fuerza de tracción constante, una velocidad constante, un núm. de r.p.m. constante o una simulación de marcha.

- MEDIR LA POTENCIA DEL MOTOR. Mediante este punto del menú puede determinarse la potencia del motor de un vehículo (medición continua y discreta). Extrapolación de la potencia del motor según DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, JIS D1001, SAE J 1349.

- MEDICIÒN DE LA ELASTICIDAD. Mediante este punto del menú puede comprobarse la elasticidad del motor. Después de seleccionar el ensayo de elasticidad se entrarán, igual que en el caso de la simulación de marcha, el peso (masa) del vehículo y las resistencias al avance.

- CONTROL DEL TACÓMETRO. Mediante este punto del menú puede comprobarse el tacómetro del vehículo. A la vez puede comprobarse la velocidad.

- ADAPTACIÓN DE CARGA. A través de este punto del menú pueden calcularse diferentes coeficientes del banco de pruebas. La adaptación iterativa de los coeficientes puede efectuarse según ECE o SAE J2264.

3.2.2 Normas de seguridad para la puesta en servicio

- Las partes eléctricas del equipo deben protegerse contra el agua y la humedad.
- El banco de potencia de MAHA no deberá instalarse u operarse en locales con peligro de explosión ni tampoco en plantas de lavado.

- El banco de potencia de MAHA sólo podrá operarse y utilizarse de acuerdo con su finalidad y únicamente dentro de los límites de potencia.

- El banco de potencia de MAHA sólo podrá ser utilizado por personal especializado, El banco de potencia y el entorno de trabajo deberán mantenerse limpios.

- En caso de no usarse la instalación ésta deberá desconectarse y asegurarse el interruptor principal contra uso indebido.

- En la zona de peligro del banco de potencia de MAHA no deberá permanecer ninguna persona. Las partes rotatorias o en movimiento son peligrosas.\

- En caso de emergencia el interruptor principal (también interruptor de parada de emergencia) deberá ponerse en posición 0.

- En salas cerradas, y con los motores en marcha, existe el peligro de intoxicación. El usuario del banco deberá asegurarse de que haya un intercambio de aire suficiente.

- Use protectores del oído. La protección debe ser adecuada. Proteja los puestos de trabajo que se encuentran cerca del banco.

- Compruebe la presión de los neumáticos y haga una inspección visual de los neumáticos para encontrar eventuales daños.

- No deberán pisarse los juego de rodillos ni tampoco el sistema de elevación, ni siquiera en estado de bloqueo.

- No haga movimientos rápidos con el volante durante el ensayo.
- Compruebe a intervalos regulares el ajuste de los tornillos de sujeción de la placa de cubierta.

- Para prevenir daños a los neumáticos recomendamos que se utilicen neumáticos de prueba durante el ensayo de potencia. No deberán ensayarse los vehículos que tengan puestos neumáticos de invierno o recauchutados.

- Observe la velocidad máxima admisible para los neumáticos

- Compruebe la sujeción de los pesos de equilibrado en las llantas antes del ensayo.

- Observe el tamaño de los neumáticos. No inspeccione neumáticos inferiores a 12”

3.2.3 Acceder al banco de potencia

1. Compruebe antes de acceder al banco que el perfil del neumático esté libre de partículas

2. Active el sistema de elevación pulsando la tecla de función F3 del teclado o del control remoto y súbalo con la tecla del cursor. El sistema de elevación sube y se bloquean los rodillos del banco de pruebas.

3. Conduzca el vehículo a comprobar sobre el sistema de elevación con el eje propulsado en dirección de marcha del banco de pruebas. Conduzca el vehículo lentamente y de forma recta en el banco de pruebas y posiciónelo lo más centrado posible.

4. Active el sistema de elevación mediante la tecla de función F3 del teclado o del control remoto y bájelo con la tecla del cursor. El sistema de elevación baja y se liberan los rodillos del banco de pruebas.
5. Ponga la marcha en vacío o ponga la caja de cambios automática de vehículos con transmisión automática en posición NEUTRAL y suelte el freno de estacionamiento.

6. Posicione las ruedas del eje delantero de forma recta en dirección de marcha. La cerradura del volante no debe estar enclavada

3.2.4 Fijar el vehículo

Tracción delantera. Si el vehículo dispone de tracción delantera, debe asegurarse el vehículo delante y atrás contra desviación lateral.

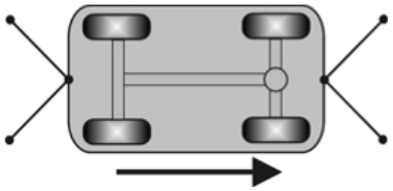


Figura 3-2. Fijación del vehículo de tracción delantera. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

Tracción trasera. Si el vehículo dispone de tracción trasera, debe fijarse el vehículo en la parte trasera.

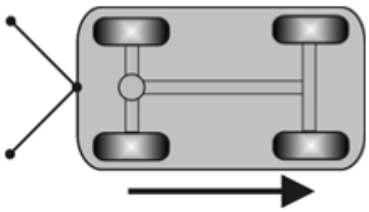


Figura 3-3. Fijación del vehículo de tracción trasera. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

Tracción integral. Los vehículos con tracción integral deben fijarse en la parte delantera y en la trasera.

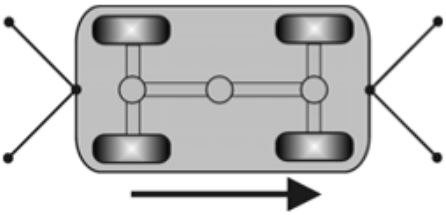


Figura 3-4. Fijación del vehículo de tracción integral. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

Fije las cintas de sujeción en el gancho de la barra de arrastre. El anclaje debe estar apretado pero no debe arrastrar el vehículo hacia abajo.

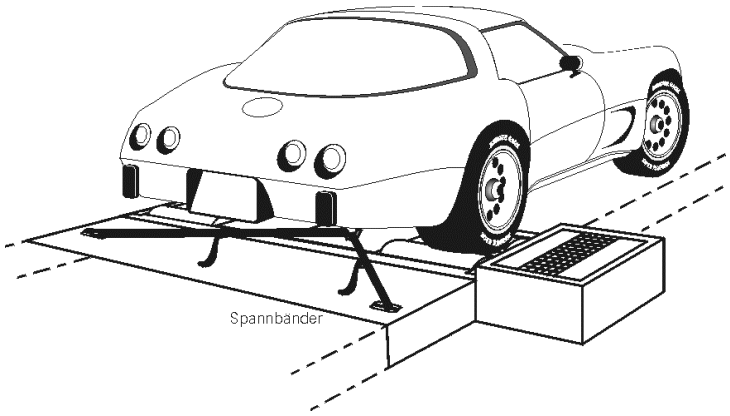


Figura 3-5. Fijación de las cintas en el gancho posterior del vehículo de tracción trasera. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

En caso de utilizar cintas de sujeción para la fijación, debe comprobarse que el extremo suelto de la cinta de sujeción no llegue cerca de los neumáticos o rodillos. En particular, si el soplador está conectado.

3.2.5 Conectar el sensor de revoluciones

1. Conecte el sensor de revoluciones en el compartimiento del motor. Dependiendo del tipo de sensor de revoluciones el procedimiento varía. En el menú "Ajustes del núm. de revoluciones" puede seleccionarse qué sensor de revoluciones de la lista de selección en la ventana "Sensores de revoluciones" se conecta.

2. El instrumento medidor del número de r.p.m. debe conectarse a la caja de interfaces. Conecte otros sensores de datos que eventualmente se necesitan durante la prueba a la caja de interfaces de acuerdo con el esquema de asignación de interfaces. Coloque todos los sensores de valores medidos en el vehículo. A través del menú "Ajustes del núm. de revoluciones" puede controlarse si todos los sensores están funcionando correctamente.

3.2.6 Conectar la sonda de temperatura del aceite

1. Retire la varilla del nivel de aceite del motor.

2. Adapte la longitud de la sonda de temperatura del aceite a la longitud de la varilla de nivel original mediante el desplazamiento del tapón cónico. Una adaptación insuficiente de la longitud de la sonda de temperatura del aceite puede causar daños al motor.

3. A continuación, coloque la sonda de temperatura del aceite en el lugar de la varilla del nivel de aceite. Cierre la tabuladora de relleno de aceite con el tapón cónico.

3.2.7 Posicionar el ventilador de aire refrigerante

1. Posicione el ventilador de aire refrigerante delante del radiador del vehículo.

2. Asegure los rodillos de dirección con las palancas de detención para garantizar la firmeza de la posición del ventilador durante el funcionamiento.

3. Conecte el ventilador de aire refrigerante. Por la corriente de aire es posible que cables y cintas de sujeción se interpongan entre neumáticos y rodillos.

3.2.8 Iniciar el programa

1. Conectar el banco de potencia mediante el interruptor principal en el pupitre de comunicaciones.

2. Tras arrancar el PC se iniciará Windows. Según el tipo de configuración el programa se inicia seleccionándolo en el grupo de inicio, de forma automática, o bien haciendo doble clic en el icono correspondiente. Una vez iniciado el programa aparece la pantalla de inicio con el logotipo de MAHA y el núm. de la versión. Luego aparecerá la siguiente pantalla en que se indican las tarjetas conectadas, figura 3-6.

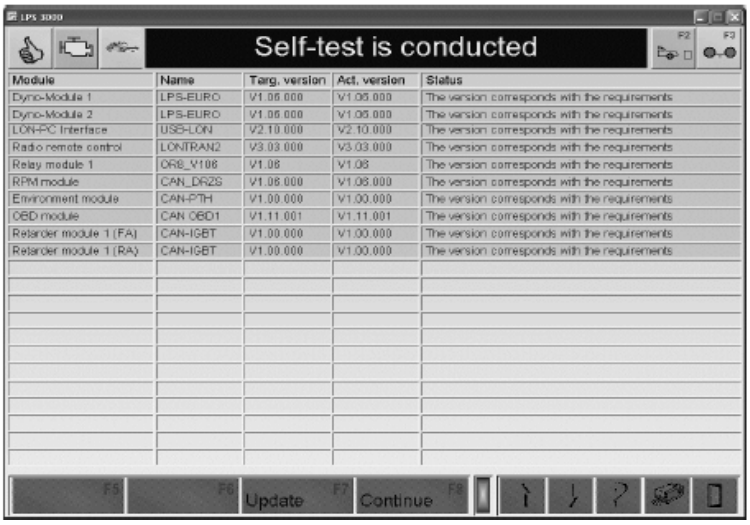


Figura 3-6. Pantalla de MAHA al iniciar el programa, se indican las tarjetas conectadas. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

3. Confirme la liberación de los diferentes componentes del banco de pruebas mediante el botón <F8 CONTINUAR>. Con <F7 ACTUALIZAR> puede ejecutarse una actualización del software de los diferentes componentes del banco de pruebas. Tras unos segundos aparece el menú principal, figura 3-7.

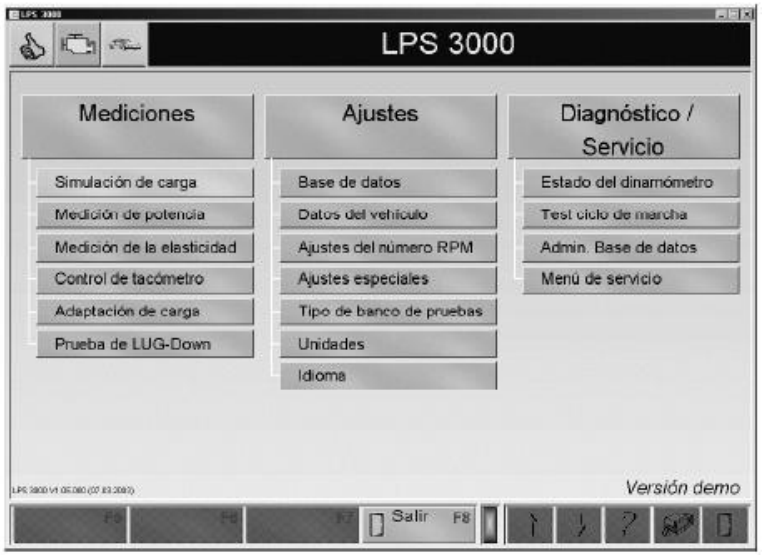


Figura 3-7. Pantalla de MAHA al iniciar el programa, menú principal. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

3.2.9 Medir la potencia del motor

Mediante este punto del menú se determina la potencia del motor del vehículo. Tras seleccionar este punto del menú aparece la pantalla de selección, ver figura 3-8. Los diferentes puntos del menú pueden seleccionarse mediante las teclas del cursor o el ratón. Los puntos del menú se describirán a continuación.

Figura 3-8. Pantalla de MAHA, menú de medir la potencia. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

Si no se ha guardado la última medición realizada y se ha salido del menú de mediciones, puede volver a indicarse la medición mediante "Indicar última medición". Cuando se sale del programa LPS se borra la memoria temporal o la última medición realizada.

En la medición continua se determina la potencia máxima y se calcula la potencia del motor según DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, SAE J1349 o JIS D1001 ECE, DIN, EWG o ISO (opción), dependiendo de la opción seleccionada bajo "Corrección de la potencia". Las curvas para la potencia de la rueda, la potencia de arrastre y la potencia del motor se indican de forma gráfica. Si se han considerado o medido la presión del aire y la temperatura, la potencia del motor se representa como potencia normalizada.

1. Posicione el vehículo en el banco de potencia y fíjelo, si fuera necesario.

2. Seleccione el punto de menú MEDICIÓN DE POTENCIA y, a continuación, el punto de menú MEDICIÓN CONTINUA.

Aparece la siguiente pantalla (ver figura 3-9):

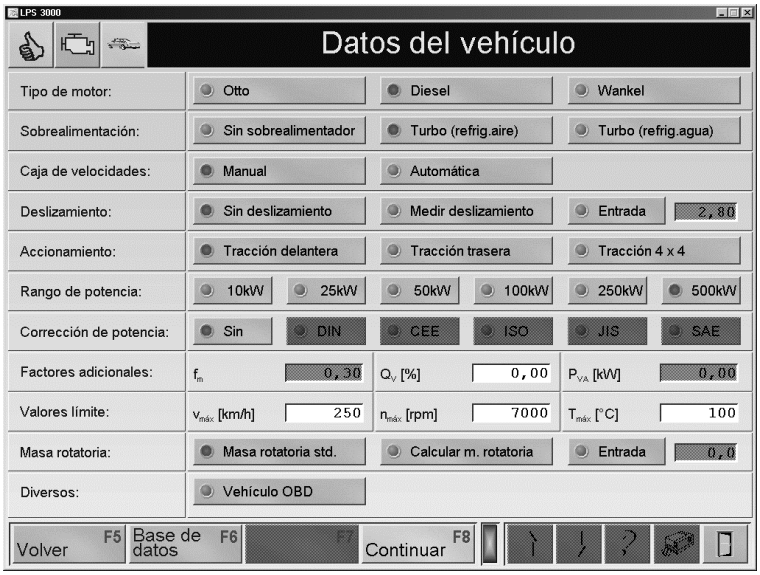


Figura 3-9. Pantalla de MAHA, menú de medir la potencia, medición continua. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

- Seleccione los datos del vehículo o, en caso de estar disponibles, cárguelos de la base de datos con la tecla <F6 BASE DE DATOS>.

- Seleccione el botón <F8 CONTINUAR>.

- Seleccione la fuente del núm. r.p.m. o el sensor de revoluciones y los botones de selección correspondientes, ver figura 3-10.

- Seleccione el botón <F8 CONTINUAR>.

Figura 3-10. Pantalla de MAHA, menú de medir la potencia, medición continua, seleccionar el sensor de rpm. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

1. Acelere el vehículo de forma moderada y continua hasta llegar a la penúltima marcha, ver figura 3-11.

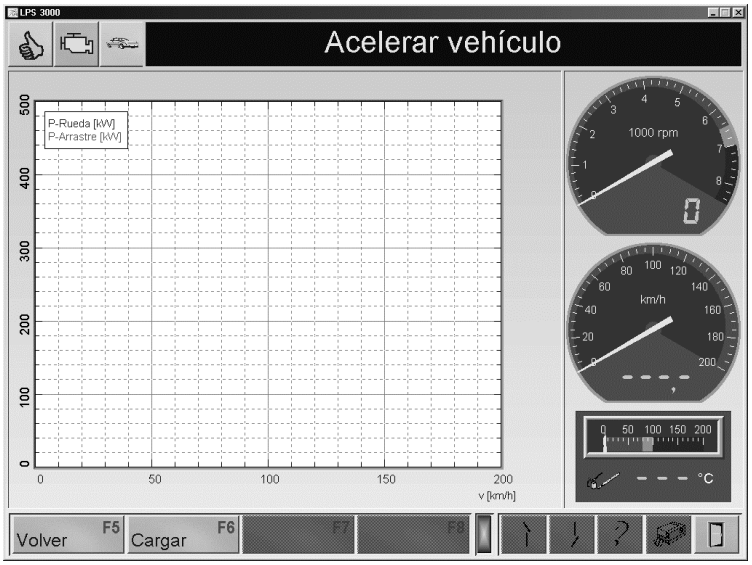


Figura 3-11. Pantalla de MAHA, menú de medir la potencia, medición continua, acelerar el vehículo. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

2. Ahora, pise el pedal de gas a fondo. Tenga en cuenta que mientras que se realice la fase de aceleración moderada, la velocidad de 50 km/h no debe excederse, porque empezaría ya la medición antes de haber alcanzado la marcha de ensayo.

3. Poco después de alcanzar el núm. r.p.m. nominal del motor, reduzca un poco la velocidad y desembrague.

4. Tras realizar la medición se indican la potencia del motor, la potencia de la rueda, la potencia de arrastre y el par motor en caso de existir una señal del núm. r.p.m., ver figura 3-12.

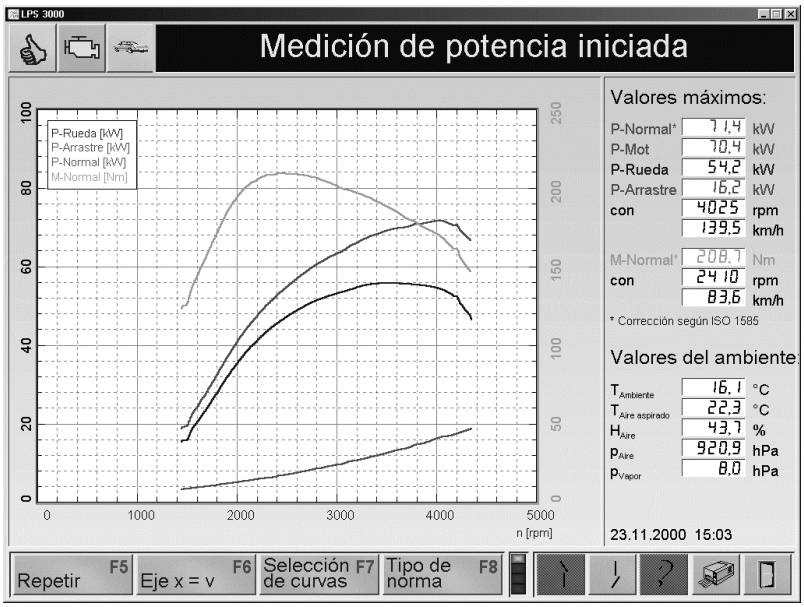


Figura 3-12. Pantalla de MAHA, menú de medir la potencia, medición continua, valores medidos de potencia. Fuente: MAHA, manual LPS3000.

3.3 Ensayos de par motor y potencia realizados en el banco dinamométrico

Para tener mayor exactitud hemos considerado realizar tres pruebas de potencia y par para la concentración E0 (100% de gasolina), luego los resultados se promediaran y graficaran para ser comparados con las siguientes mezclas de gasolina-etanol. Las tres pruebas de cada mezcla se presentan en el anexo 2-1

El mismo procedimiento se repetirá con; el E5 (95% gasolina - 5% de etanol), E10 (90% gasolina 10% etanol), E15 (85% gasolina – 15% etanol), E20 (80% gasolina – 20% etanol), E25 (75% gasolina – 25% etanol) y E30 (70% gasolina – 30% etanol). Para cada mezcla existe una variación del factor lambda, debido a que el etanol tiene

oxígeno, entonces en cada mezcla se regulará lambda tratando de mantener siempre la ideal (lambda =1).

3.3.1 Variables medidas por el banco dinamométrico LPS 3000

La potencia real de nuestro motor, medida por el banco de LPS 3000, es la que se nos indica como "P-Mot". Mientras que la potencia que se indica como "P-Normal" y el par motor que se indica como "M-Normal", están corregidas por la norma DIN 70020. La corrección de la potencia, a partir de los datos atmosféricos bajo los que se realizó la medición de la misma, no es otra cosa que una normalización de la potencia. Por normalización entendemos el utilizar y ajustarnos a una norma, o sea, en el caso de los factores atmosféricos, una norma que nos indica cuales son las condiciones atmosféricas ideales de prueba, y la corrección no hace otra cosa que indicarnos cuál sería la potencia de ese motor en aquellas condiciones normales.

La influencia de las condiciones atmosféricas en la medición de potencia se debe mayoritariamente en sus efectos sobre el aire que el motor utiliza en el proceso de explosión. Las variaciones de temperatura, presión y humedad afectan a la densidad del aire, y por ende a la cantidad de oxígeno por unidad de volumen, como así también a la cantidad de vapor de agua por unidad de volumen. Como sabemos, mientras más oxígeno disponible para la combustión, mayor combustible también se quemará, generando entonces mayor cantidad de energía.

De ahí que, para obtener datos comparables acerca de la potencia con independencia de las condiciones atmosféricas, se vuelve importante trabajar con la corrección establecida por la norma DIN 70020. Evitando confusiones en los ensayos con diferentes mezclas de combustibles ya que las condiciones atmosféricas para cada una de las pruebas no son las mismas.

Las condiciones atmosféricas que toma como normales la norma DIN 70020 son:

- P=1013.25 hPa.
- T=19.85 °C.

Para determinar el factor de corrección Ka que establece el manual del banco MAHA LPS 3000, se establece la siguiente ecuación:

$$Ka = \frac{1013}{p\,[mbar]} \cdot \left(\frac{T[K]}{293}\right)^{0,5}$$

Ecuación 29

$Ka = factor\ de\ correción$

$p = presión\ atmosferica\ en\ el\ banco\ de\ pruebas\ en\ milibares.\ (1mbar = 0{,}001\ bar)$

$T = temperatura\ atmosferica\ en\ el\ banco\ de\ pruebas\ en\ Kelvin.\ (0℃ = 273K)$

Por ejemplo el factor de corrección para la prueba de gasolina mostrada en la figura 3-13, se determina como sigue:

$$Ka = \frac{1013}{759{,}1[mbar]} \cdot \left(\frac{299{,}85[K]}{293}\right)^{0,5} = 1{,}34$$

Este factor se multiplica por el "P-Mot" para encontrar la potencia corregida o P-Normal:

$$"P - Normal" = Ka \times "P - Mot"$$

Ecuación 30

$$\mathrm{P - Normal} = 1{,}34 \times 24{,}6 = 32{,}96$$

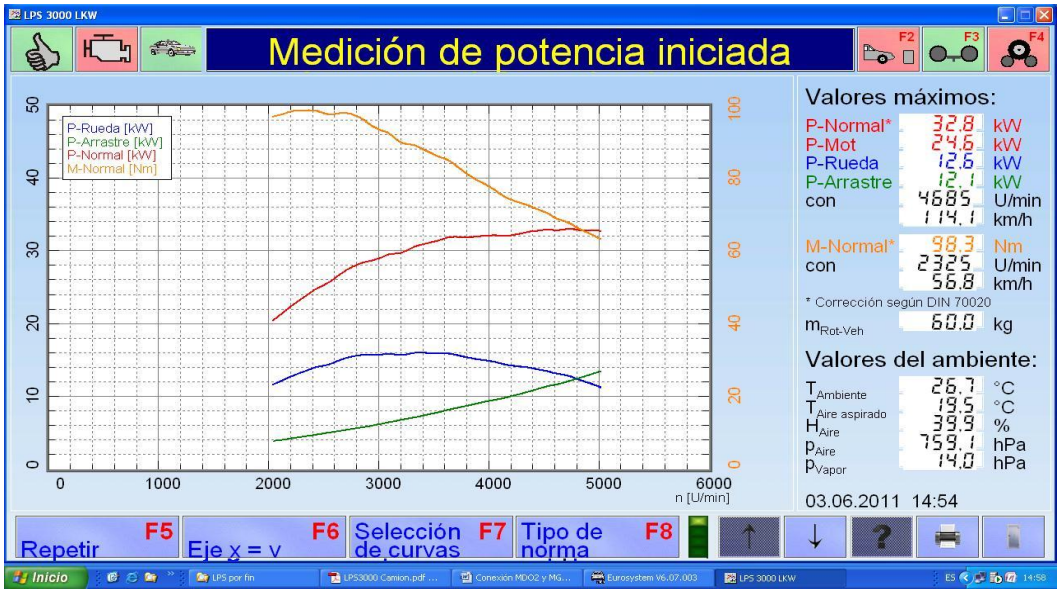


Figura 3-13. Curvas de potencia obtenidas en el banco MAHA. Fuente: Los autores.

3.3.2 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando combustible E0

En la siguiente tabla 3-1 se muestran los promedios de las tres pruebas realizadas utilizando gasolina extra sin ningún porcentaje de etanol.

P-Normal	**33,03**	**kW**
P-Motor	24,80	kW
P-Rueda	12,20	kW
P-Arrastre	12,63	KW
En	4665,00	U/min
	113,80	km/h
M-Normal	98,40	N.m
En	2421,67	U/min
	59,07	km/h

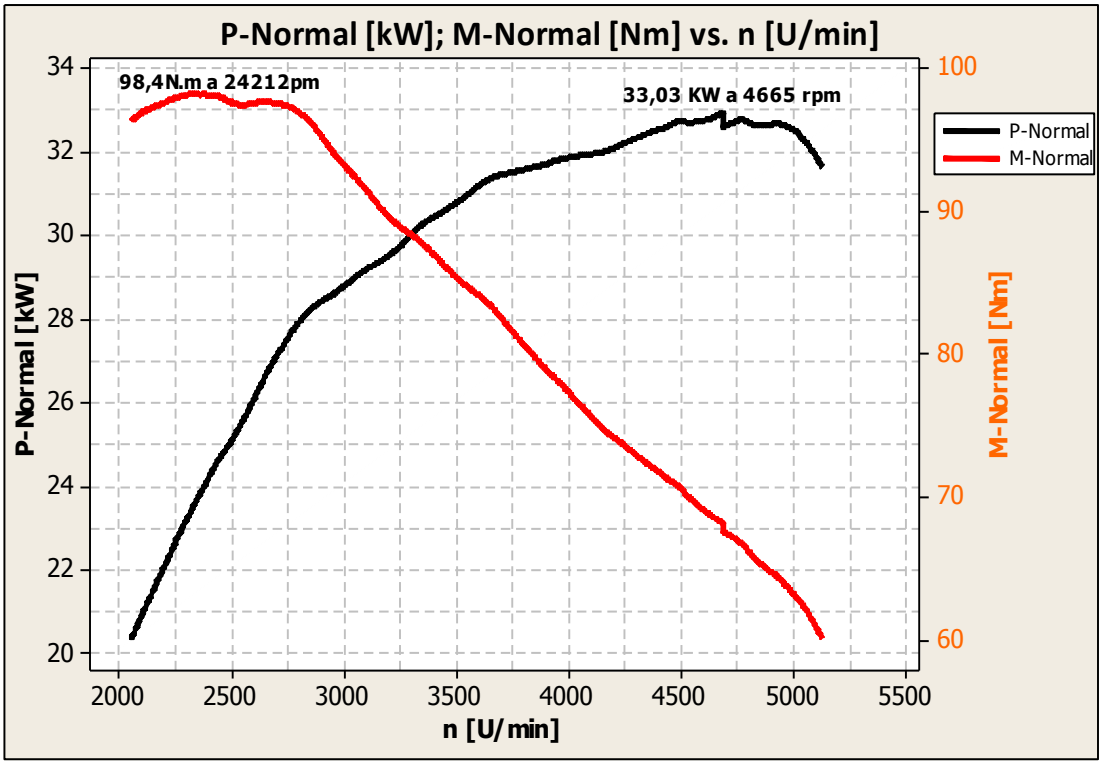
Tabla 3-2. Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E0. Fuente: Los autores.

Además presentamos, en la tabla 3-3, los valores de potencia normal en la rueda y de arrastre, así también se muestran los valores del par motor alcanzados todos ellos en función de las revoluciones por minuto.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [N.m]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2050	20,361	96,427	11,321	3,941
2200	22,132	97,666	12,326	4,264
2400	24,274	98,192	13,441	4,756
2600	26,145	97,621	14,312	5,289
2800	27,954	96,924	15,151	5,807
3000	28,814	93,245	15,259	6,344
3200	29,541	89,621	15,216	6,932
3400	30,458	86,967	15,264	7,574
3600	31,203	84,143	15,129	8,269
3800	31,589	80,702	14,73	8,957
4000	31,878	77,368	14,252	9,654
4200	32,104	74,207	13,716	10,361
4400	32,543	71,804	13,252	11,156
4600	32,758	69,135	12,516	12,053
4800	32,718	66,284	12,12	12,429
5000	32,543	63,292	11,046	13,373
5130	31,66	60,192	9,618	14,15

Tabla 3-3. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm usando E0. Fuente: Los autores.

En la gráfica 3-1 se observa el comportamiento de las curvas “P-Normal” y “M-Normal” en función del número de revoluciones que alcanza el motor.



Gráfica 3.3-1. Curvas de Potencia y Par motor en función de las rpm E0. Fuente: Los autores.

3.3.3 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E5

En la siguiente tabla se muestran los promedios de los resultados tres pruebas realizadas utilizando la mezcla de gasolina extra con 5 % de etanol.

P-Normal	**34,77**	**kW**
P-Motor	26,37	kW
P-Rueda	14,87	kW
P-Arrastre	11,50	KW
En	4251,67	U/min
	103,53	km/h
M-Normal	100,53	N.m
En	2123,33	U/min
	51,73	km/h

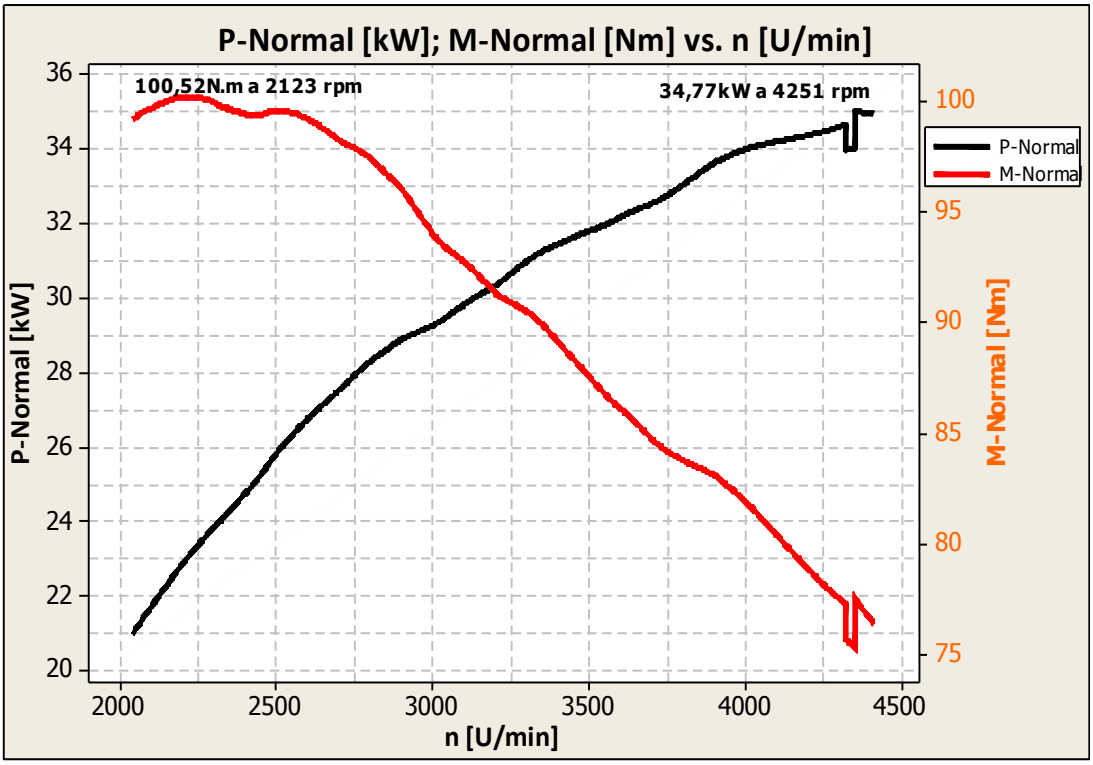
Tabla 3-4. Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E5. Fuente: Los autores.

En la tabla 3-5, se observan los valores de potencia normal, de la rueda y de arrastre además del par motor todos ellos en función de las rpm alcanzadas en la prueba por el vehículo en el banco dinamométrico.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [N.m]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2040,00	20,986	99,150	12,358	3,576
2200,00	22,860	100,151	13,453	3,904
2400,00	24,750	99,398	14,389	4,404
2600,00	26,751	99,171	15,378	4,936
2800,00	28,293	97,394	15,961	5,524
3000,00	29,256	93,993	16,078	6,137
3200,00	30,324	91,337	16,165	6,862
3400,00	31,440	89,126	16,345	7,529
3600,00	32,165	86,114	16,181	8,245
3800,00	33,032	83,782	16,065	9,019
4000,00	33,987	81,899	15,750	10,058
4200,00	34,368	78,874	15,043	11,055
4400,00	34,963	76,598	15,113	11,434
4410,00	34,938	76,369	15,040	11,487

Tabla 3-5. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm utilizando E5. Fuente: Los autores.

En la gráfica 3-2, se muestra el comportamiento de las curvas de potencia y par normal, las dos dependen de la variación del número de revoluciones del motor.



Gráfica 3.3-2. Curvas de Potencia y Par en función de las rpm utilizando E5. Fuente: Los autores.

3.3.4 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E10

En esta prueba se utilizó la mezcla de combustible gasolina/etanol, en 90% y 10% respectivamente. Para lo cual realizamos tres pruebas en el banco dinamométrico, los promedios de los resultados máximos e muestran en la tabla 3-6.

P-Normal	**35,17**	**kW**
P-Motor	26,73	kW
P-Rueda	17,63	kW
P-Arrastre	9,10	kW
En	4106,67	U/min
	100,20	km/h
M-Normal	104,03	Nm
En	2281,67	U/min
	55,77	km/h

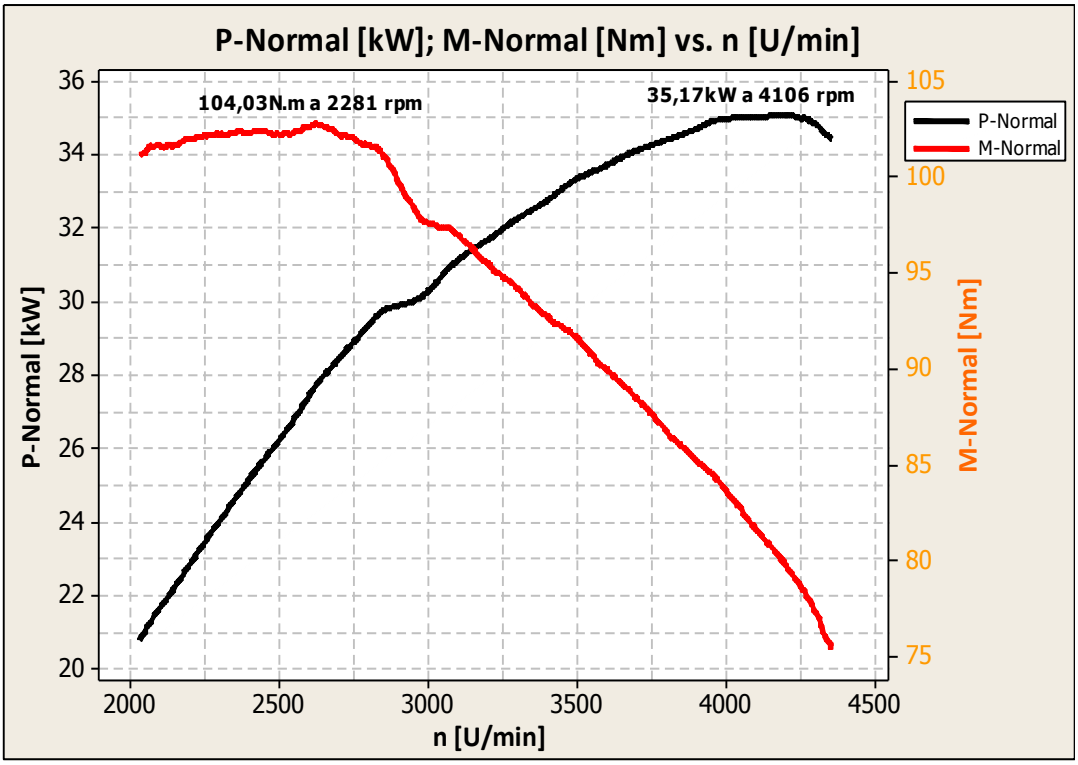
Tabla 3-6 Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E10. Fuente: Los autores.

La variación de las potencias y del par motor en función de las revoluciones del motor se presenta en la tabla 3-7.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [N.m]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2030,00	20,824	101,111	12,849	2,245
2200,00	22,904	101,942	14,120	2,479
2400,00	25,217	102,311	15,445	2,805
2600,00	27,467	102,602	16,682	3,160
2800,00	29,379	101,626	17,687	3,497
3000,00	30,288	97,566	17,903	3,855
3200,00	31,683	95,488	18,378	4,294
3400,00	32,747	92,736	18,558	4,766
3600,00	33,701	89,969	18,680	5,219
3800,00	34,386	86,803	18,474	5,765
4000,00	34,962	83,656	18,104	6,371
4200,00	35,064	79,837	17,298	7,034
4355,00	34,412	75,462	16,526	4,833

Tabla 3-7. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm utilizando E10. Fuente: Los autores.

El comportamiento de las curvas de potencia y par normal en función de las rpm del motor, utilizando la mezcla de 90% gasolina y 10% etanol como combustible, se presenta en la gráfica 3-3.



Gráfica 3.3-3. Curvas de Potencia y Par en función de las rpm utilizando E10. Fuente: Los autores.

3.3.5 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E15

En este ensayo, en el banco dinamométrico, utilizamos 85% de gasolina y 15% de etanol. Los resultados que alcanzaron el máximo valor fueron promediados y se presentan en la tabla 3.8.

P-Normal	**35,57**	**kW**
P-Motor	27,10	kW
P-Rueda	17,87	kW
P-Arrastre	9,27	kW
En	4133,33	U/min
	100,57	km/h
M-Normal	102,17	Nm
En	2165,00	U/min
	52,63	km/h

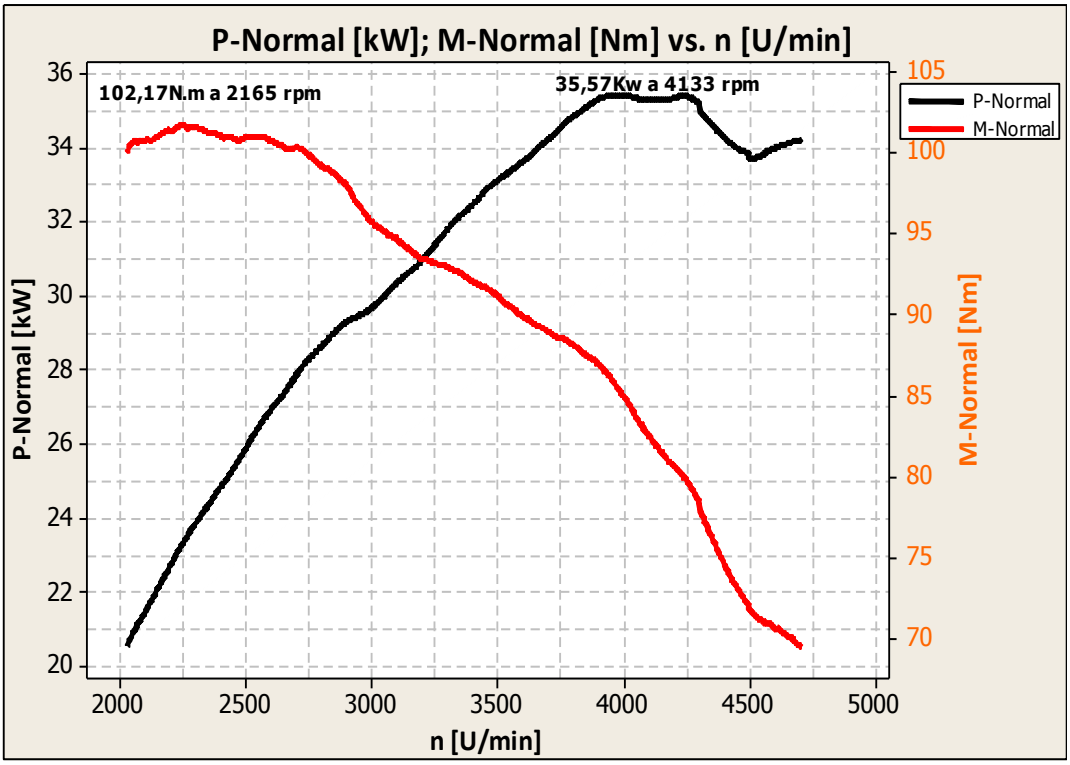
Tabla 3-8. Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E15. Fuente: Los autores.

Así también presentamos, en la tabla 3-9, la variación de las potencias y el par motor en función de las rpm que alcanza el motor.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [N.m]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2030,00	20,554	100,082	12,630	3,036
2200,00	22,716	101,447	13,992	3,322
2400,00	24,838	101,098	15,161	3,770
2600,00	26,927	100,788	16,302	4,221
2800,00	28,643	99,236	17,128	4,703
3000,00	29,691	95,778	17,480	5,153
3200,00	30,986	93,493	17,928	5,690
3400,00	32,484	92,069	18,475	6,285
3600,00	33,655	89,922	18,690	6,962
3800,00	34,877	88,182	18,761	7,822
4000,00	35,447	85,014	18,345	8,673
4200,00	35,372	80,700	17,484	9,478
4402,50	34,276	74,531	15,941	10,179
4600,00	34,013	70,669	14,598	11,303
4705,00	34,237	69,499	14,166	11,906

Tabla 3-9. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm utilizando E15. Fuente: Los autores.

El comportamiento de las curvas de par motor y potencia, a partir de los datos presentados, se grafican en la Grafica 3-4.



Gráfica 3.3-4 Curvas de Potencia y Par en función de las rpm utilizando E15. Fuente: Los autores.

3.3.6 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E20

Para esta prueba mesclamos gasolina y etanol en un porcentaje de volumen de 80% y 20%, respectivamente. Los máximos resultados de par y potencia, alcanzados por nuestro motor en el banco dinamométrico, fueron promediados y los indicamos en la tabla 3-10.

P-Normal	**37,73**	**kW**
P-Mot	28,70	kW
P-Rueda	19,73	kW
P-Arrastre	8,97	kW
En	4080,00	U/min
	99,70	km/h
M-Normal	102,37	Nm
En	2695,00	U/min
	65,80	km/h

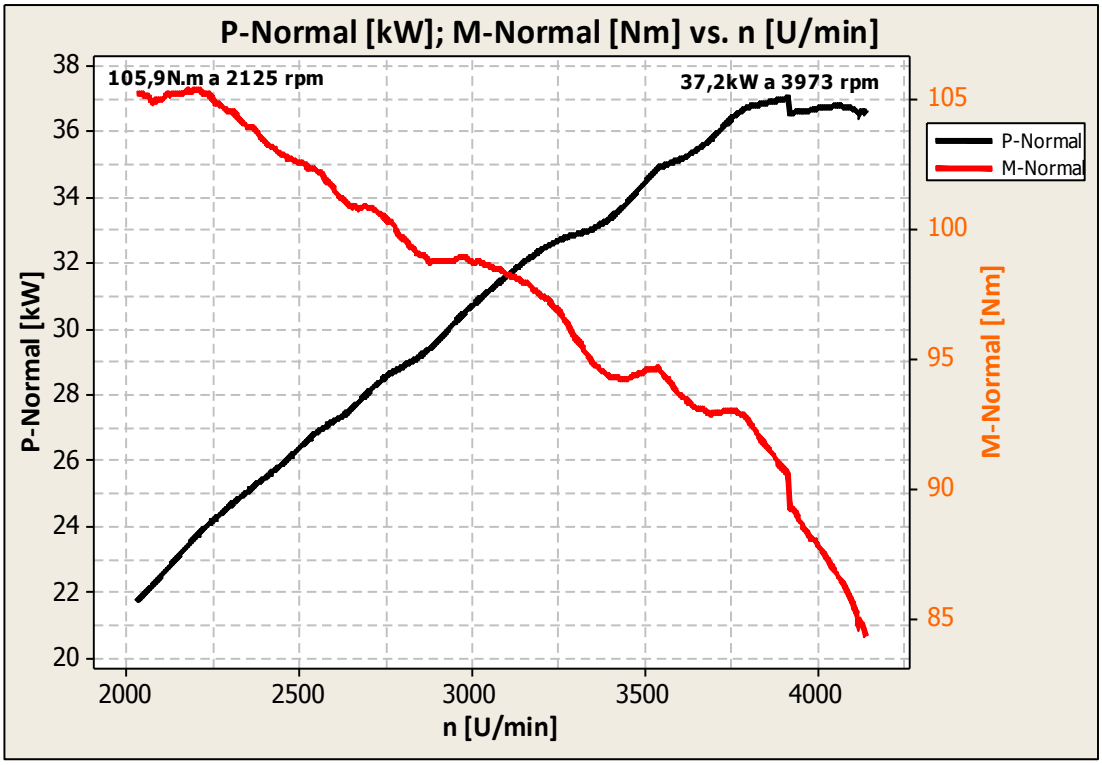
Tabla 3-10. Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E20. Fuente: Los autores.

La variación que sufre la potencia y el par motor a cada rpm del motor, se indica en la tabla 3-11.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [Nm]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2015	20,257	98,316	12,550	2,869
2200	22,507	99,700	13,949	3,183
2400	24,517	99,262	15,047	3,614
2600	26,564	98,968	16,168	4,051
2800	28,289	97,748	17,038	4,495
3000	29,670	95,450	17,572	5,012
3200	30,929	93,133	17,885	5,657
3400	32,359	91,573	18,313	6,317
3600	33,561	89,583	18,644	6,901
3800	35,892	90,653	19,718	7,602
4000	37,348	89,531	19,905	8,523
4200	36,707	83,688	18,364	9,575
4400	35,523	77,403	17,519	9,514
4580	34,640	72,512	16,030	10,331

Tabla 3-11. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm utilizando E20. Fuente: Los autores.

La grafica de cómo se comportan las curvas de par y potencia, con 80% de gasolina y 20% de etanol, se presentan en la Grafica 3-5.



Gráfica 3.3-5. Curvas de Potencia y Par en función de las rpm utilizando E20. Fuente: Los autores.

3.3.7 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E25

El porcentaje de volumen de combustible utilizado para este ensayo fue de 75% de gasolina y 25% de etanol. Los resultados máximos fueron promediados y representados en la tabla 3-12.

P-Normal	**38,40**	**Kw**
P-Mot	29,13	kW
P-Rueda	19,67	kW
P-Arrastre	9,47	kW
En	4173,33	U/min
	102,43	km/h
M-Normal	114,90	Nm
En	2085,00	U/min
	51,10	km/h

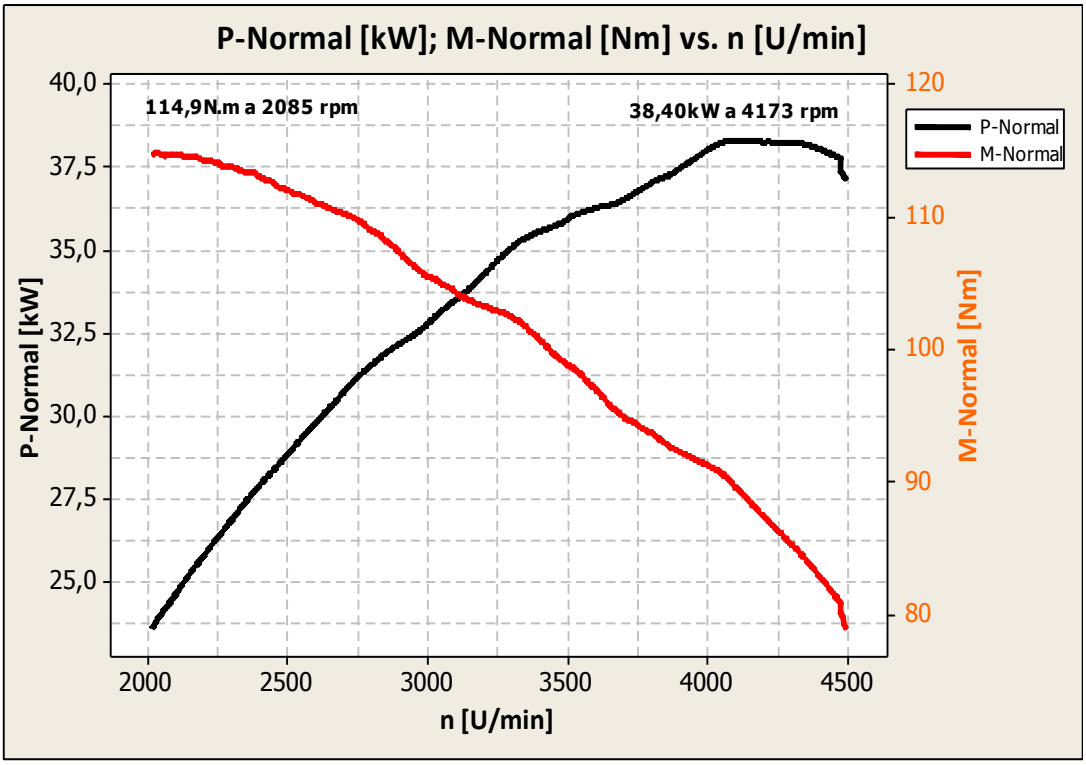
Tabla 3-12. Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E25. Fuente: Los autores.

Los valores que adquieren las potencias y el par motor a medida que varían las rpm del motor se presentan en la tabla 3-13.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [Nm]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2016,67	23,632	114,606	15,006	2,915
2201,67	25,824	114,194	16,356	3,227
2401,67	27,936	112,926	17,543	3,642
2601,67	29,817	110,995	18,559	4,052
2801,67	31,556	108,876	19,432	4,499
3001,67	32,796	105,442	19,941	4,930
3201,67	34,280	103,241	20,489	5,508
3401,67	35,564	100,671	20,876	6,094
3601,67	36,274	96,876	20,730	6,780
3801,67	37,043	93,667	20,651	7,442
4001,67	38,031	91,238	20,457	8,385
4201,67	38,248	87,318	19,678	9,329
4401,67	38,016	82,747	18,540	10,290
4490,00	37,105	79,001	18,969	9,203

Tabla 3-13. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm utilizando E25. Fuente: Los autores.

La Grafica 3-6, indica el comportamiento de las curvas de par y potencia cuando se sometió el vehículo a ensayos en el banco dinamométrico con 75% de gasolina y 25% de etanol.



Gráfica 3.3-6. Curvas de Potencia y Par en función de las rpm utilizando E25. Fuente: Los autores.

3.3.8 Resultado de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico utilizando E30

En la tabla 3-14 mostramos los resultados de los valores máximos alcanzados por el vehículo en el banco dinamométrico utilizando 70% de gasolina mezclada con etanol al 30%.

P-Normal	**40,07**	**kW**
P-Mot	30,53	kW
P-Rueda	20,37	kW
P-Arrastre	10,17	kW
En	4186,67	U/min
	102,63	km/h
M-Normal	112,80	Nm
En	2186,67	U/min
	53,50	km/h

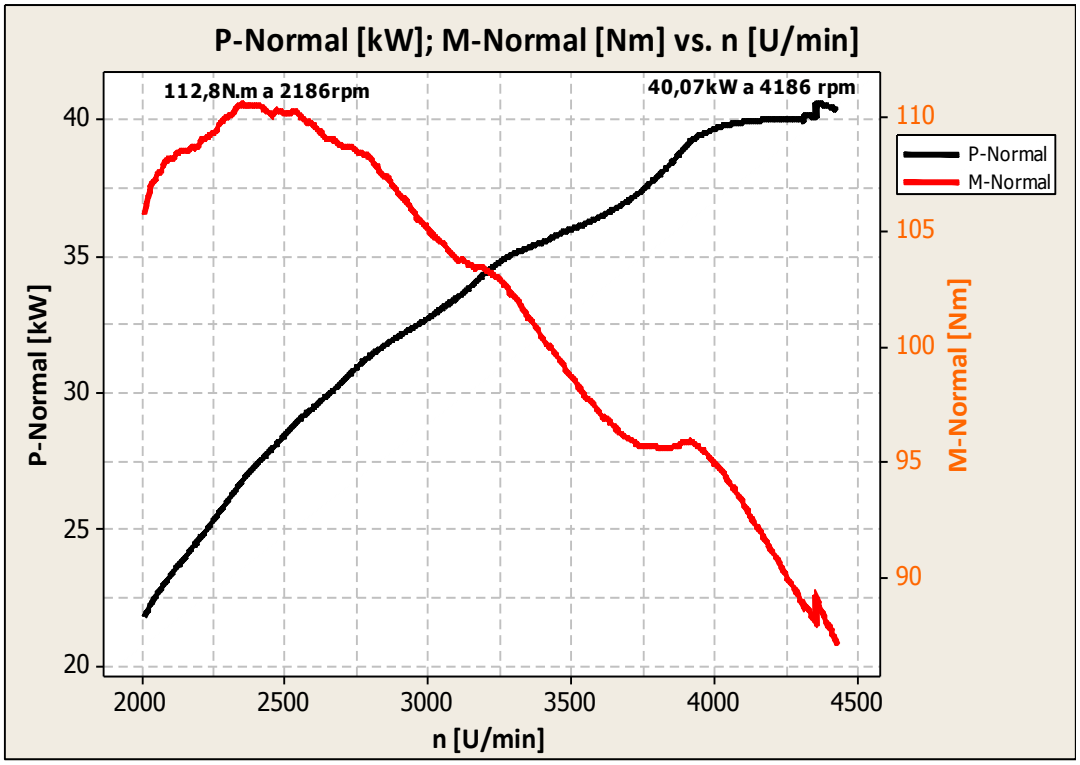
Tabla 3-14. Promedio de resultados máximos de potencia y par utilizando E30. Fuente: Los autores.

La variación de las potencias y el par motor en función de las rpm del motor se presentan en la tabla 3-15.

n [U/min]	P-Normal [kW]	M-Normal [N.m]	P-Rueda [kW]	P-Arrastre [kW]
2013,333	21,837	105,765	13,838	2,791
2203,333	24,664	108,796	15,659	3,122
2403,333	27,390	110,473	17,346	3,511
2603,333	29,490	109,602	18,552	3,904
2803,333	31,390	108,110	19,627	4,276
3003,333	32,745	105,102	20,232	4,703
3203,333	34,399	103,327	20,861	5,333
3403,333	35,521	100,310	21,100	5,949
3603,333	36,451	97,110	21,153	6,603
3803,333	37,925	95,633	21,222	7,657
4003,333	39,657	94,926	21,095	9,103
4203,333	39,999	91,089	20,357	10,101
4400,000	40,485	87,901	18,793	12,034
4430,000	40,351	87,084	18,498	12,227

Tabla 3-15. Resultados de las potencias y el par motor en función de las rpm utilizando E30. Fuente: Los autores.

El comportamiento de la potencia y el par motor en función de las rpm que alcanza el motor se en la Grafica 3-7.



Gráfica 3.3-7. Curvas de Potencia y Par en función de las rpm utilizando E30. Fuente: Los autores.

3.4 Determinación de los gases escape

La obtención y cuantificación de los gases contaminantes producidos por el motor J15, utilizando gasolina mezclada con etanol, se logra con un equipo analizador de gases. El cual se instala a la salida del tubo de escape una sonda y por medio de sensores determina el tipo de gas y la cantidad emitida a la atmosfera.

El tipo de analizador de gases MGT 5, utilizado para nuestro propósito, determina los siguientes gases:

- Monóxido de carbono (CO) en % de volumen.
- Dióxido de carbono (CO_2) en % de volumen.
- Oxigeno (O_2) en % de volumen.
- Óxidos de nitrógeno (NO_X) en ppm de volumen.
- Hidrocarburos (HC) en ppm de volumen.

Además de estos gases, también, se determina la relación de la masa de aire suministrado con el aire necesitando durante una combustión estequiométrica, lambda (λ).

Para la determinación de los gases mencionados nos acogemos a las instrucciones establecidas por el manual del analizador de gases MGT 5 y además de esto complementamos el ensayo con el procedimiento establecido en la norma INEN 2203 y 2204. Anexo 2-2.

3.4.1 Descripción del analizador de gases MGT 5

El analizador de gases MGT5 es un instrumento para el análisis por infrarrojos de los gases de escape de motores Otto. El control de los valores de emisión de CO/CO2/HC es indispensable para el ajuste óptimo del motor así como para el diagnóstico de averías del motor.

Aparte de la configuración correcta de los valores de emisión, la determinación del valor lambda y del contenido de oxígeno es de gran importancia para los turismos equipados con catalizador y sonda lambda. Se ha desarrollado un programa informático específico para el analizador de gases MGT5, el cual almacena todos los valores de medida y los visualiza en pantalla.

En la figura 3-16 se muestra datos técnicos del analizador de gases MGT5.

Gases analizables	CO	CO_2	HC	O_2	NO_x
Rango de medición	0 - 15,00 Vol %	0 - 20,0 Vol %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm Propano	0 - 25,00 Vol %	0 - 5000 ppm Vol
Precisión de medida	0,06 Vol %	0,5 Vol %	12 ppm vol	0,1 Vol %	32 - 120 ppm vol según rango de medición
Principio de medida	infrarrojo	infrarrojo	infrarrojo	electro-químico	electro-químico
Resolución valores de med.	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm vol	0,01 Vol %	1 ppm vol
Deriva del rango de med.	inferior a ± 0,6 % del valor final del rango de medición				
Fase de precalentamiento	min. 30 minutos, máx. 10 minutos • regulado por temperatura				
Nivel de electricidad para mediciones de gas	3 l/min				
Nivel de electricidad	automática, continuada •aprox.1 l/min				
Presión de servicio	750 - 1100 mbar				
Variación de la presión	máx. Error 0,2% para variaciones de 5 kPascal				
Alimentación d. corriente	85 V - 280 V • 50 Hz • 65 W o Cable de alimentación con conexión a 10 - 42 V CC con Pinzas de apriete y diodo como protección contra polarización inversa 5 m; (batería vehículo, opcional)				
Cuentarrevoluciones p. inducción	0 - 10000 /min-1 •Resolución 1,5,10,o 50 RPM				
Temperatura de servicio	+5°C - +45°C • Desviación ±2°C				
Temperatura de almacenaje	-10°C - +60°C • Desviación±2°C				
Termómetro del aceite	+0° - +150°C •Resolución 1				
Prueba de hermiticidad	guiada por menú, 1x al día				
Prueba de HC residuales	automático				
Ajuste a cero	automático				
Calibración	Semestralmente (se necesita gas de prueba específico)				
Intervalo de calibración	según requisitos de cada país (Alemania: 6 meses)				
Interfaces	LON • USB • OBD (opcional)				
Conexiones	Temperatura del aceite • Temperatura de aceite (RPM (Módulo RPM Estándar 1)				
Dimensiones	560 x 240 x 300 mm				
Peso	aprox. 8 kg				
Emisión de ruido	El valor de la emsión de ruido producido por las bombas del analizador de gases MGT5 es inferior a 75 dB(A) en la zona de trabajo del personal de servicio. La emsión de ruido durante una prueba puede alcanzar hasta 105 dB(A) a causa del motor del vehículo. Por eso hay que proteger también los puestos de trabajos cercanos adecuadamente contra el ruido.				

Tabla 3-16. Datos técnicos del analizador de gases MGT5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

El instrumento determina los porcentajes en volumen de CO/CO2/HC según el principio de la absorción selectiva de cada gas en la zona de la radiación infrarroja. El gas de escape a analizar es extraído del tubo de escape a través de la sonda. A

continuación el agua contenido es separado y el gas de escape entra en la cámara de medición.

Un haz de luz infrarroja dirigido a los elementos de medida es atenuado por los gases presentes en la cámara de medición. Dependiendo de cada tipo de gas la atenuación del haz luminoso se produce a longitudes de onda diferentes.

La absorción se intensifica en la medida que aumenta la concentración de los gases. Estas variaciones se detectan por medio de sensores electrónicos, delante de los cuales están montados filtros ópticos que únicamente dejan pasar rayos infrarrojos de la longitud de onda deseada. En cambio, la determinación del porcentaje en volumen de oxígeno se realiza con un sensor químico, el cual emite una señal eléctrica que es proporcional al porcentaje en volumen de oxígeno. Opcionalmente es posible determinar el porcentaje en volumen de NO por medio del sensor correspondiente.

El detalle del instrumento se indica en la figura 3-14.

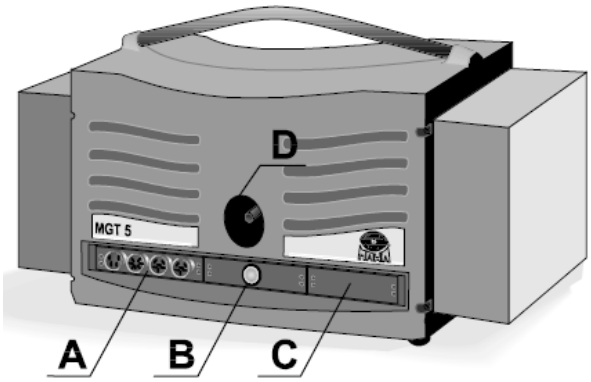


Figura 3-14. Vista frontal del analizador de gases MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

A. Módulo rpm estándar 1
B. Lámpara de control y señal controladora del módulo de revoluciones
C. Módulo adicional (opcional) p.ej. vehículo CAN-BUS, o OBD/EOBD-Scantool
D. Entrada del gas a medir

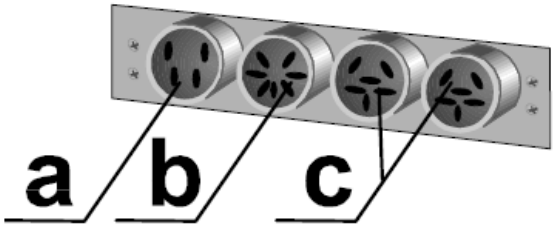


Figura 3-15. Puertos de instalación del analizador MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

i) Pinzas de disparo, bobina de encendido (opcional), estroboscopio (opcional), entrada para rpm eléctricamente aislada
ii) Temperatura del aceite
iii) Detector piezoeléctrico, barrera de luz, transmisor PMS, borne W, Roto-Phon, salida adicional para temperatura del aceite, clavija de diagnóstico (Porsche, BMW)

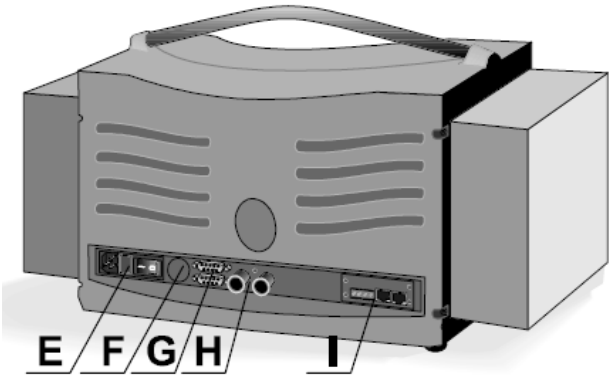


Figura 3-16. Vista trasera del analizador de gases MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

A. Fuente de alimentación con fusible y conmutador 85-265 V CA
B. Preparación para funcionamiento con batería de vehículo, (conmutador 10-42 V CC) (conmutador 10- 42 V CC)
C. Interfaz RS232 para terminal de mano
D. Salida de agua (izquierda). Salida de gas (derecha)
E. Conexión a red eléctrica, aquí: Conexión LON también bus USB (opcional)

El analizador de gases MGT5 tiene dos partes laterales desplegables detrás de las cuales se encuentran los filtros. La apertura de las partes laterales para la sustitución

de los filtros puede ser realizado por el controlador. La obligación de calibrado se mantiene si no se daña el precinto de calibrado.

Figura 3-17. Vista lateral del analizador de gases MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

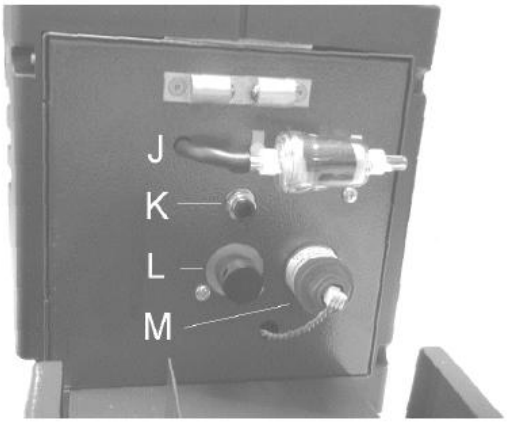


Figura 3-18. Lado izquierdo del analizador de gases MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

A. Filtro de carbón activado para el ajuste a cero

B. Entrada gas de calibrado

C. Sensor NO (opcional), en la figura hay un tapón ciego en la entrada del sensor.

D. Sensor de O2

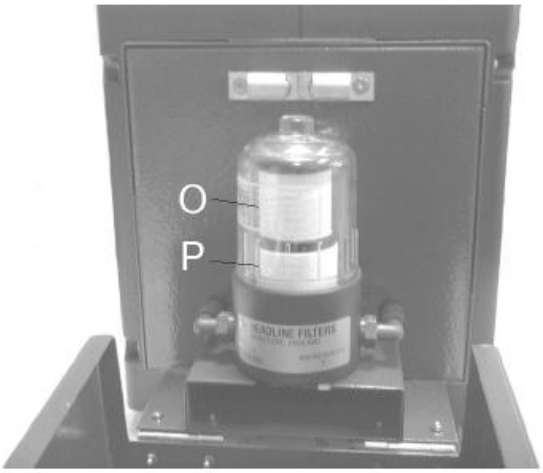


Figura 3-19. Lado derecho del analizador de gases MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

O. Filtro de suciedades, filtro de partículas (pequeño filtro redondo, arriba)

P. Separador de agua (gran filtro redondo, abajo).

El filtro consta de un detector del nivel de agua para la desconexión selectiva de la bomba de gas, según el nivel de agua en la caja del filtro.

Como accesorios tenemos:

- *Sonda flexible de gases de escape*, figura 3-20, sonda de medición con grapa de fijación, pre filtro y tubo flexible de 8 metros. En el asidero de la sonda de medición se encuentra una pieza adicional de tubo flexible para tapar la sonda (prueba de hermeticidad). El final del tubo se pone sobre la entrada del gas a analizar en la parte frontal del instrumento (vea vista frontal, posición D).

Figura 3-20. Sonda flexible de gases de escape. Fuente: Manual del usuario MAHA.

Sonda de temperatura del aceite para turismos y camiones, ver figura 3-21, de longitud variable (de 100 a 1.500 mm) con tapón de cierre y 6 metros de conducto. Se coloca la clavija de enchufe en la parte frontal del instrumento (vea la vista frontal, posición b).

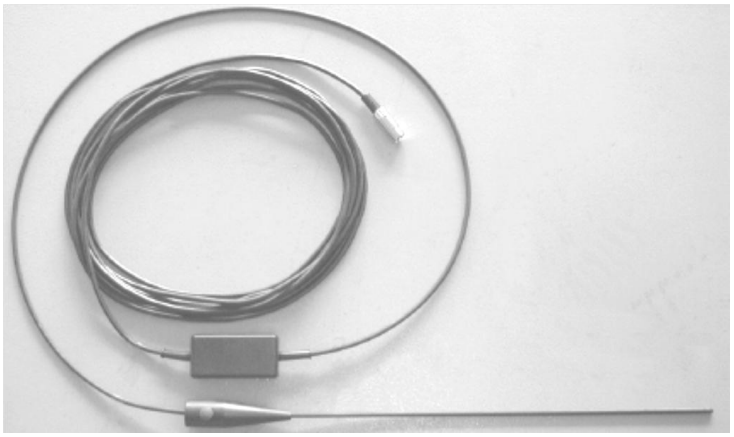


Figura 3-21. Sonda de temperatura del aceite. Fuente: Los autores.

Normas de seguridad para el uso:

- El analizador de gases MGT5 únicamente debe ser utilizado de acuerdo con su finalidad y dentro de sus límites de rendimiento.

- El analizador de gases MGT5 únicamente debe ser utilizado por personal calificado. El instrumento y la zona de trabajo deben mantenerse limpios.

- El instrumento no debe estar situado en un lugar en que el aire de ambiente ya presenta una alta concentración de gases de escape (Ajuste a cero).

- El instrumento debe desconectarse cuando no se utiliza.

- Con motores de vehículos en funcionamiento existe el peligro de intoxicación. El usuario debe asegurar un intercambio suficiente del aire.

- El gas a medir que se extrae de la conexión del tubo de escape debe ser aspirado o conducido al aire libre. El condensado saliente debe ser recogido en una botella y luego eliminado.

- Puesta en marcha del equipo:

- Ponga en marcha el analizador de gases MGT5. Se enciende la luz rojo en la parte frontal del instrumento.

- Encienda el ordenador y la pantalla. El PC se inicializa, Windows y *Eurosystem*se ejecutan automáticamente. En la primera pantalla aparece el logo de MAHA. En la línea inferior se indica de qué versión de *Eurosystem*se trata.

- Espere a que se haya inicializado el sistema. Aparece la pantalla de la derecha. Los componentes que figuran bajo *"Equipos conectados" están instalados. Preste atención al mensaje de la barra de mensajes. En función de los bancos de prueba instalados hay que confirmar esta pantalla con* <ENTER>, ver figura 3.22. Después de la inicialización aparece el menú principal de *Eurosystem*. La barra de indicación señala que el sistema está listo para iniciar la prueba.

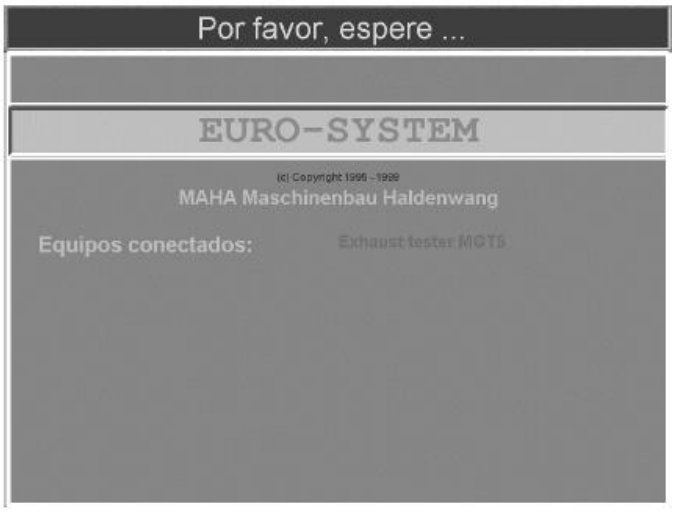


Figura 3-22. Pantalla de inicio analizador MGT 5. Fuente: Manual del usuario MAHA.

- Prueba de hermeticidad, cada día al conectar el instrumento la primera vez se realiza una prueba de hermeticidad durante la activación del instrumento. Se comprueba todo el conducto del gas de escape, incluida la sonda.

- Al volver a poner en marcha el instrumento sólo se realiza una comprobación del estado de la temperatura de la célula de medición, el ajuste a cero se realiza en segundo plano. En este caso el menú principal del análisis de los gases de escape aparece inmediatamente después de haber conectado el instrumento.

- El instrumento dispone de una detección de tubo flexible, es decir, cuando se realiza la prueba de hermeticidad tanto el tubo flexible (8m) como también la sonda tienen que estar conectados al instrumento. En caso contrario se emitirá un mensaje de error.

- Cuando aparece la pantalla de la derecha, saque la pieza adicional del tubo flexible del asidero de la sonda de gases de escape y colóquela sobre el orificio de aspiración. Tras la generación de una depresión la indicación cambia a la prueba de hermeticidad, figura 3.23.

- Espere el final de la prueba. En la parte inferior izquierda de la pantalla se indica una cuenta atrás. Durante la realización de la prueba de 20 segundos la pérdida de presión no deberá superar 230 mbar.

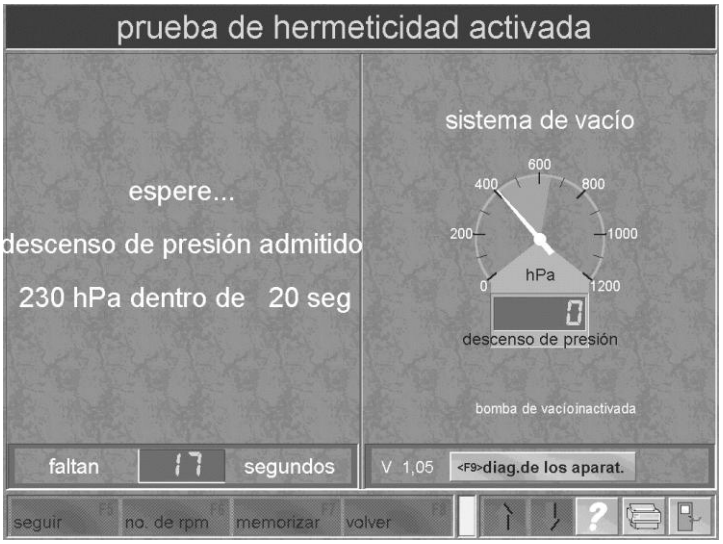


Figura 3-23. Prueba de hermeticidad del analizador de gases. Fuente: Manual del usuario MAHA.

- Durante la fase del precalentamiento el conjunto del sistema de medida es llevado a la temperatura de servicio para poder obtener valores de medida constantes. Este proceso puede tardar hasta 10 minutos.

- Espere el final de la fase de calentamiento, mientras aparece la pantalla de la figura 3-24.

Figura 3-24. Pantalla de final de calentamiento del analizador. Fuente: Manual del usuario MAHA.

- Después de la fase de precalentamiento se realizará un ajuste al aire de ambiente el cual se denomina también ajuste a cero, ver figura 3-25. El aire

de ambiente es limpiado de restos de HC mediante el filtro de carbón activado y así se realiza el ajuste del banco de medición. Espere el final del ajuste a cero. En la parte inferior izquierda de la pantalla se indica una cuenta atrás.

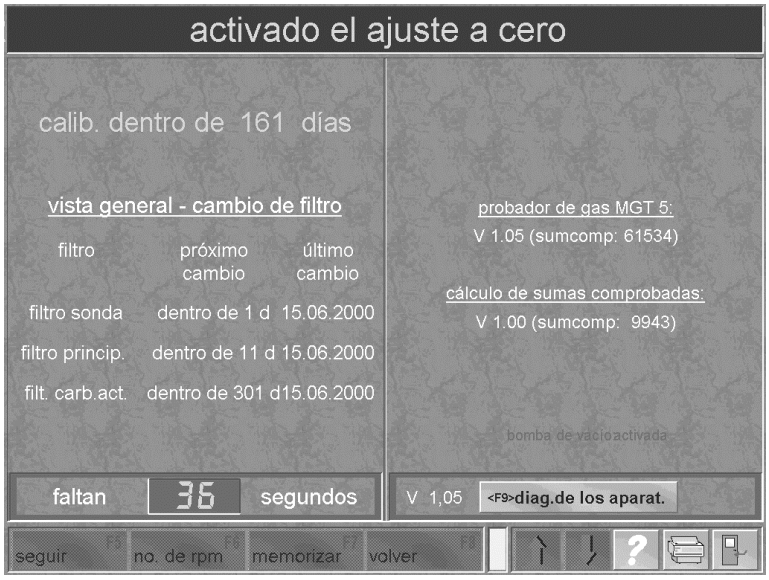


Figura 3-25. Pantalla de ajuste cero. Fuente: Manual del usuario MAHA.

- Los hidrocarburos residuales que se hayan quedado dentro del circuito de medición podrían alterar el resultado de la medición y no podrán superar los límites indicados. Espere el final de la prueba, figura 3-26. En la parte inferior izquierda de la pantalla se indica una cuenta atrás.

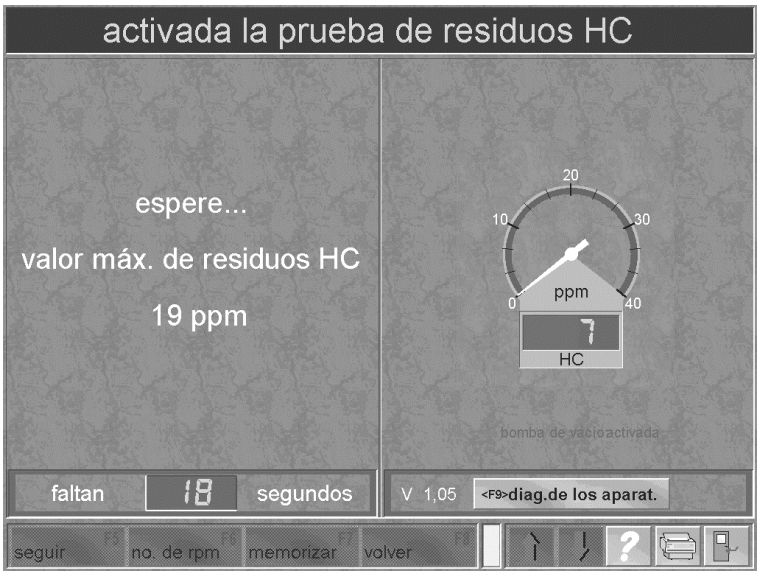


Figura 3-26. Prueba de residuos HC. Fuente: Manual del usuario MAHA.

- La activación del analizador de gases MGT5 y la fase del precalentamiento concluye con la aparición del menú principal del análisis de los gases de escape, figura 3-27. El menú principal del análisis de los gases de escape consta de los menús siguientes: análisis de los gases de escape, diagnóstico de vehículos diagnóstico de aparatos.

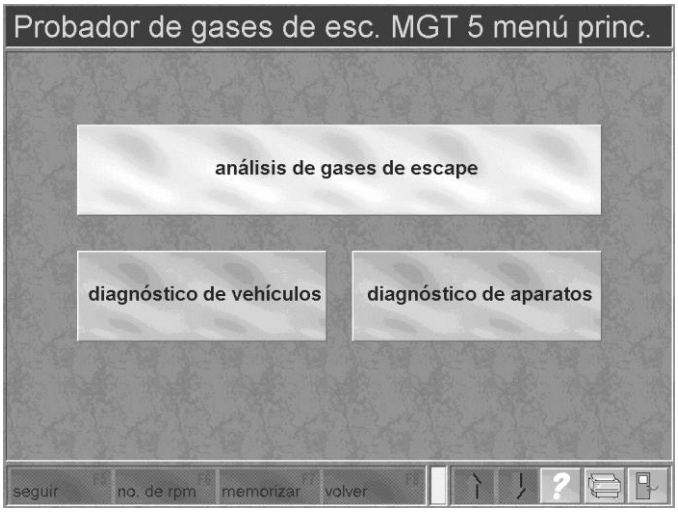


Figura 3-27. Menú de análisis de gases. Fuente: Manual del usuario MAHA.

Adaptación del vehículo:

- Aspiración del gas de escape. No coloque el equipo de aspiración de gases de escape directamente en el tubo de escape sino en una distancia de unos 20 cm del tubo de escape. La medición puede ser alterada por la existencia de una depresión en el punto de toma de muestras.

- Sonda de gases de escape. Compruebe la conexión de la sonda de gases de escape al analizador de gases MGT5. Inserte la sonda de gases de escape en el tubo de escape del vehículo a probar y fíjela con la grapa de metal a la salida del tubo de escape.

- Medición de la temperatura del aceite. Compruebe la conexión de la sonda de temperatura del aceite al analizador de gases MGT5. Adapte la largura de la sonda de temperatura del aceite a la largura de la varilla del nivel de aceite

original mediante el desplazamiento del tapón cónico. En lugar de la varilla del nivel de aceite coloque ahora la sonda de temperatura del aceite en el compartimiento del motor. Cierre el manguito del nivel de aceite con el tapón cónico.

- Medición del número de revoluciones por minuto. Conecte el transmisor de revoluciones dentro del compartimiento del motor. El procedimiento varía según el tipo de transmisor de revoluciones utilizado.

Resumen de los valores de medición:

- Tras la activación del instrumento y de la adaptación correcta del vehículo puede empezar el diagnóstico de vehículos. Seleccionando el botón <DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULOS> para acceder al resumen general de los datos de medición.

- Aparece el resumen de los datos de medición. Aquí puede obtener información acerca de los valores de medición relevantes sin tener que realizar un análisis de los gases de escape, ver figura 3-28.

- Cada valor de medición puede ser ocultado seleccionando el número asignado o seleccionando el botón de selección correspondiente. Para volver a visualizar el valor de medición, seleccione de nuevo el número asignado o el botón de selección correspondiente.

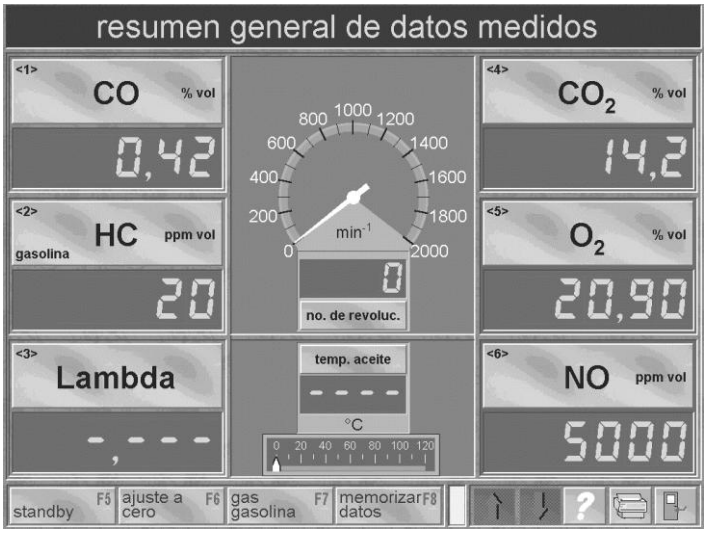


Figura 3-28. Pantalla de resumen general de los gases medidos. Fuente: Manual del usuario MAHA.

3.4.2 Método de ensayo para la determinación de los gases de escape

Según la norma INEN 2203, establece, la gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralentí". Prueba estática.

El objeto de esta norma es, establecer el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o ralentí.

El procedimiento de la medición es como sigue:

- Someter al vehículo a un periodo de calentamiento y estabilización, según las especificaciones de fabricante.

- Retirar todo el material en forma de partículas y eliminar toda substancia extraña o agua que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

- Revisar que la transmisión del vehículo este en neutro.

- Revisar que el control manual del ahogador no se encuentre en operación y que los accesorios del vehículo estén apagados.

- Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a la del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fuga de los mismos.

- Revisar que el nivel del aceite en el cárter este entre el mínimo y el máximo recomendado por el fabricante con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

- Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

- Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o ralentí.

- Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o ralentí introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fisca en el sistema de escape mientras dure la prueba.

- Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

- Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

- El resultado final será la mayor lectura de los valores de las lecturas obtenidas.

Los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por vehículos automotores de gasolina en marcha mínima o ralentí y a temperatura de operación, según la norma INEN 2204, no debe exceder los valores presentados en la tabla 3-17.

Año modelo	% CO *		ppm HC *	
	0 - 1500**	**1500 - 3000****	**0 - 1500****	**1500 - 3000****
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
*Volumen **Altitud = metros sobre nivel del mar (msnm)				

Tabla 3-17 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática). Fuente: INEN 2204.

3.4.3 Resultados de los gases medidos

Por métodos de análisis estadísticos hemos decidido realizar 5 pruebas con cada mezcla. Es decir que vamos a tener 5 resultados para CO, CO_2, HC, los cuales presentamos en el anexo 2-3.

3.4.3.1 Resultados de monóxido de carbono

En la tabla 3-18 se presenta los resultados obtenidos de monóxido de carbono a marcha mínima, tras realizar cinco pruebas para cada porcentaje de volumen de mezcla gasolina/etanol.

CO% vol. E0	***CO% vol. E5***	***CO% vol. E10***	***CO% vol. E15***	***CO% vol. E20***	***CO% vol. E25***	***CO% vol. E30***
1,22	0,77	0,8	0,72	0,67	0,75	0,78
2,47	0,84	0,78	0,73	0,67	0,74	0,84
1,3	0,8	0,79	0,71	0,67	0,78	0,88
1,11	0,78	0,8	0,7	0,63	0,73	0,87

1,17	0,86	0,72	0,7	0,61	0,76	0,88

Tabla 3-18. Valores de CO en % de volumen adquiridos con las diferentes mezclas de gasolina/etanol en marcha mínima por el equipo de gases MGT5. Fuente: Los autores.

En la siguiente tabla 3-19 mostramos los resultados obtenidos de monóxido de carbono a 2500 rpm, tras realizar cinco pruebas para cada porcentaje de volumen de mezcla gasolina/etanol.

CO% vol. E0	***CO% vol. E5***	***CO% vol. E10***	***CO% vol. E15***	***CO% vol. E20***	***CO% vol. E25***	***CO% vol. E30***
9,36	6,15	5,74	4,88	4,22	3,73	2,67
9,68	6,17	5,8	4,98	4,22	3,74	2,76
7,33	6,16	5,84	5,01	4,19	3,82	2,88
8,55	6,17	5,86	5,06	4,18	3,84	2,84
9,03	6,08	5,81	4,96	4,36	3,87	2,94

Tabla 3-19. Valores de CO en % de volumen adquiridos con las diferentes mezclas de gasolina/etanol a 2500rpm marcha mínima por el equipo de gases MGT5. Fuente: Los autores.

3.4.3.2 Resultados de Dióxido de Carbono

En la tabla 3-20 se presenta los resultados obtenidos de dióxido de carbono a marcha mínima, tras realizar cinco pruebas para cada porcentaje de volumen de mezcla gasolina/etanol.

CO_2% vol. E0	***CO_2% vol. E5***	***CO_2% vol. E10***	***CO_2% vol. E15***	***CO_2% vol. E20***	***CO_2% vol. E25***	***CO_2% vol. E30***
12,2	13,6	13,4	13,6	13,6	13,6	13,3
12,3	13,4	13,5	13,7	13,6	13,7	13,5
12,6	13,5	13,4	13,7	13,5	13,6	13,3
12,6	13,3	13,3	13,6	13,6	13,6	13,1
12,6	13,2	13,4	13,6	13,5	13,5	13,1

Tabla 3-20. Valores de CO_2 en % de volumen adquiridos con las diferentes mezclas de gasolina/etanol en marcha mínima por el equipo de gases MGT5. Fuente: Los autores.

En la siguiente tabla 3-21 mostramos los resultados obtenidos de dióxido de carbono a 2500 rpm, tras realizar cinco pruebas para cada porcentaje de volumen de mezcla gasolina/etanol.

CO_2% vol. E0	CO_2% vol. E5	CO_2% vol. E10	CO_2% vol. E15	CO_2% vol. E20	CO_2% vol. E25	CO_2% vol. E30
8,2	10,5	10,6	11,4	11,5	12,1	12,8
9,4	10,4	10,6	11,3	11,5	12,1	12,7
8,5	10,5	10,6	11,3	11,5	12,1	12,6
8,9	10,5	10,5	11,3	11,5	12	12,6
9	10,4	10,5	11,2	11,4	12	12,6

Tabla 3-21 Valores de CO_2 en % de volumen adquiridos con las diferentes mezclas de gasolina/etanol a 2500 rpm por el equipo de gases MGT5. Fuente: Los autores.

3.4.3.3 Resultados de hidrocarburos

En la tabla 3-22 se presenta los resultados obtenidos de hidrocarburos a marcha mínima, tras realizar cinco pruebas para cada porcentaje de volumen de mezcla gasolina/etanol.

HC ppm. E0	HC ppm. E5	HC ppm. E10	HC ppm. E15	HC ppm. E20	HC ppm. E25	HC ppm. E30
1132	325	297	290	273	295	363
802	339	301	299	275	299	308
737	302	353	302	289	301	346
820	377	304	271	290	304	422
1050	542	285	297	252	289	379

Tabla 3-22. Valores de HC en ppm adquiridos con las diferentes mezclas de gasolina/etanol a marcha mínima por el equipo de gases MGT5.. Fuente: Los autores.

En la siguiente tabla 3-23 mostramos los resultados obtenidos de los hidrocarburos en ppm a 2500 rpm, tras realizar cinco pruebas para cada porcentaje de volumen de mezcla gasolina/etanol.

HC ppm. E0	*HC ppm. E5*	*HC ppm. E10*	*HC ppm. E15*	*HC ppm. E20*	*HC ppm. E25*	*HC ppm. E30*
530	228	224	207	217	221	186
419	231	226	210	222	214	195
520	232	228	214	225	220	205
450	240	232	219	227	229	212
490	241	246	256	250	239	221

Tabla 3-23. Valores de HC en ppm adquiridos con las diferentes mezclas de gasolina/etanol a 2500 rpm por el equipo de gases MGT5. Fuente: Los autores.

3.4.4 Prueba dinámica de gases

Esta prueba se realiza en el banco dinamométrico, simulando ciclos reales de marcha con la sonda de gases instalada en el tubo de escape. El objetivo es determinar la cantidad de sustancias nocivas, para ello, hay que reproducir el comportamiento de la velocidad fijado por el vehículo en un ensayo de carretera. Actualmente la norma INEN 2204 establece los límites máximos de emisiones para vehículos a partir del año 2000. En donde las emisiones son determinadas mediante pruebas dinámicas basadas en ciclos de ensayo de los registros de recorridos reales en carretera.

Para cuantificar los gases emitidos por el vehículo en estudio, Datsun 1500 motor J15, hemos decidido determinar un ciclo de marcha, el mismo que simularemos en el banco dinamométrico. El ciclo de marcha escogido es como sigue:

- Escogimos una superficie plana, de tal manera que el vehículo no tenga que vencer fuerzas de tracción más allá de las normales ($50N$), esto nos ayudara a simular a las condiciones en que se da la prueba el banco dinamométrico.

- Realizar los cambios de marcha de manera progresiva hasta alcanzar la marcha directa, de tal manera que simule que el vehículo alcance la velocidad máxima permitida en carretera $\left(60\ {}^{Km}/_{h}\right)$.

- Mantener esta velocidad por 60 segundos de tal manera que la cantidad de gases emitidos por el tubo de escape se mantengan constantes con fines de análisis.

3.4.4.1 Resultados obtenidos en la prueba de gases dinámica

Siguiendo el método de ensayo especificado y las condiciones de seguridad establecidas en el manual del banco dinamométrico, realizamos la prueba dinámica de gases para cada una de las mezclas de combustible. Esta prueba nos permitirá determinar monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), hidrocarburos (HC), oxigeno (O_2), óxidos de nitrógeno (NO_X) y lambda (λ).

En la tabla 3-24 mostramos los resultados en diferentes tiempos del ensayo.

Mezcla	*Tiempo (seg.)*	*CO (% vol.)*	*CO2 (%vol.)*	*HC (ppm. Vol.)*	*O2 (% vol.)*	*NOx (ppm vol.)*	*Lambda*
E0	40	9,580	8,200	584,000	0,360	61,000	0,734
E0	60	9,890	7,900	522,000	0,340	57,000	0,725
E0	80	9,710	8,100	540,000	0,340	58,000	0,730
E5	40	10,250	7,700	449,000	0,340	58,000	0,718
E5	60	9,500	8,200	431,000	0,340	58,300	0,738
E5	80	9,850	7,900	432,000	0,340	54,000	0,728
E10	40	9,130	8,500	388,700	0,300	72,800	0,749
E10	60	8,970	8,700	350,000	0,300	68,700	0,755
E10	80	8,920	8,700	357,000	0,290	68,000	0,755
E15	40	8,150	9,300	394,000	0,280	73,000	0,755
E15	60	8,330	9,200	352,000	0,250	70,000	0,771
E15	80	8,220	9,200	349,000	0,250	70,000	0,774
E20	40	7,190	9,900	370,000	0,330	81,000	0,803
E20	60	7,200	9,900	337,000	0,300	90,000	0,802
E20	80	7,090	10,000	328,000	0,290	82,000	0,805
E25	40	7,170	10,000	351,000	0,240	93,000	0,802

E25	60	7,120	10,100	324,000	0,240	77,000	0,804
E25	80	7,840	10,200	320,000	0,240	87,000	0,810
E30	40	5,880	10,500	366,000	0,290	151,000	0,833
E30	60	5,970	10,600	354,000	0,290	164,000	0,833
E30	80	5,930	10,600	359,000	0,290	155,000	0,833

Tabla 3-24. Resultados de los gases emitidos en función del tipo de combustible y el tiempo del ensayo por el equipo de gases MGT5. Fuente: Los autores.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Método de análisis

Con el objetivo de entender los resultados obtenidos en el banco dinamométrico y analizador de gases, nos vemos en la necesidad de buscar un método estadístico capaz de cumplir nuestro objetivo.

La pauta para escoger el método de análisis se basa en comprender las diferencias que tenemos al aplicar una u otra mezcla de gasolina/etanol. Específicamente en la variabilidad de los resultados alcanzados.

Por lo tanto, la estadística propone un método llamado "Análisis de varianza", el cual considera si los resultados tienen alguna variabilidad significativa al aplicar diferentes mezclas de combustible.

4.1.1 Análisis de varianza

La finalidad del análisis de varianza es verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias cuando tenemos más de dos muestras o grupos en el mismo planteamiento. Lo primero que hay que comprender, al menos de una manera simple e intuitiva, es que al comprobar si hay diferencia entre dos varianzas, llegamos a una conclusión sobre si hay diferencias entre las medias.

Otra manera de presentar lo que hacemos con el análisis de varianza, es ver de qué tipos de datos disponemos y qué información buscamos que nos relaciona los

distintos tipos de datos. Siempre que hacemos un análisis de la varianza tenemos dos tipos de información o dos tipos de datos:

a) Información cuantitativa. Los datos en la variable dependiente; son los datos que hemos obtenido y tabulado, estos son los datos cuya varianza o diversidad analizaremos.

b) Información cualitativa. Tenemos además otra información sobre los sujetos: los criterios o categorías que hemos utilizado para clasificar a los sujetos (variable independiente), como son los diferentes porcentajes, en volumen, de las mezclas de combustible gasolina/etanol.

Mediante el análisis de varianza podemos relacionar los dos tipos de información; la información cuantitativa, que son los datos obtenidos y tabulados (variable dependiente) y la información cualitativa, que son los criterios para clasificar a los sujetos, como el pertenecer a uno u otro grupo (variable independiente).

El modelo para nuestra situación se puede considerar como sigue. Hay tres observaciones de potencia y cinco observaciones de gases que se toman de cada una de las siete poblaciones con medias $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_7$, respectivamente.

Deseamos comprobar la hipótesis nula que se consideran iguales las medias en todos los grupos, o lo que es lo mismo, no existen diferencias entre las medias obtenidas para cada uno de los grupos formados por la variable independiente o factor. Se rechaza la hipótesis nula con que al menos una de las medias sea significativamente diferente de las demás.

Además, nos podemos interesar en realizar comparaciones individuales entre estas siete medias poblacionales.

En el procedimiento del análisis de varianza, se supone que cualquier variación que exista entre los promedios de las mezclas se atribuye a:

1) La variación en entre las observaciones dentro de los tipos de mezclas.

2) La variación que se debe a los tipos de mezclas; es decir, las que se deben a diferencias en la composición química de las mezclas.

Parte del objetivo del análisis de varianza es determinar si las diferencias entre las siete medias muéstrales son las que se esperarían debido solo a la variación aleatoria o si en realidad hay una contribución de la variación sistemática que se atribuye a los tipos de mezcla. El procedimiento en esencia, entonteces, separa la variabilidad total en los siguientes dos componentes:

1) Variabilidad entre mezclas, mediante la medición de la variación sistemática y la aleatoria.

2) Variabilidad dentro de las mezclas, mediante la medición de la variación aleatoria.

Queda entonces la tarea de determinar si el componente uno es significativamente mayor al componente dos.

El análisis de varianza requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.

- El número de muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.

- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homogeneidad).

Recordemos que la varianza es el estadístico de dispersión que mide el grado de variabilidad que sintetiza el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las diferencias individuales entre los casos de varias muestras respecto de una o varias

variables numéricas continuas o cuantitativas. En teoría de probabilidad y estadística la varianza es un estimador de la divergencia de una variable dependiente de su valor esperado. Recordando la formula, tenemos:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X - M)^2}{N - 1}$$

El numerador de la varianza o suma de cuadrados, es la suma de las diferencias de todos los datos con respecto a la media, elevadas previamente al cuadrado $\sum(X - M)^2$. A este numerador se le denomina Suma de Cuadrados y su símbolo habitual es SC.

El denominador de la varianza es el número de mezclas menos uno $N - 1$. Restamos una unidad porque se trata de estimaciones de la varianza en la población. El término habitual de este denominador es grados de libertad y su símbolo es gl.

La varianza suele denominarse, en este contexto del análisis de varianza "Promedio de cuadrados", y se simboliza como CM.

La varianza tiene una propiedad que la hace muy útil, puede descomponerse y esto permite numerosos análisis. En nuestras muestras, la varianza total (uniendo las muestras en una sola) puede descomponerse en dos varianzas:

a. Una varianza que indica la variabilidad dentro de los grupos, ejemplo: las observaciones de la mezcla E5.

b. Otra varianza que expresa la variabilidad (diferencias) entre los grupos. Ejemplo: las medias de E5, E10, etc.

Si vamos a calcular la varianza del grupo total (el que resultaría al unir a todos las observaciones de una mezcla) con media MT, ésta será la fórmula:

$$\sigma^2{}_{total} = \frac{\sum(X - M_{total})^2}{N - 1}$$

En el numerador: $\sum(X - M_{total})^2$ (suma de cuadrados) donde X representa a todas y cada una de las puntuaciones pertenecientes a las muestras. Esta diferencia de X con respecto a M_{total} puede descomponerse en dos diferencias:

$$X - M_{total} = (X - M_1) + (M_1 - M_{total})$$

La diferencia de cada sujeto con respecto a la media total es igual a:

La diferencia entre esta puntuación y la media de su grupo $(X - M_1)$	Más	La diferencia entre la media de su grupo y la media total $(M_1 - M_{total})$

Para todos los sujetos tendríamos lo mismo, tal como se indica en la figura 4-1.

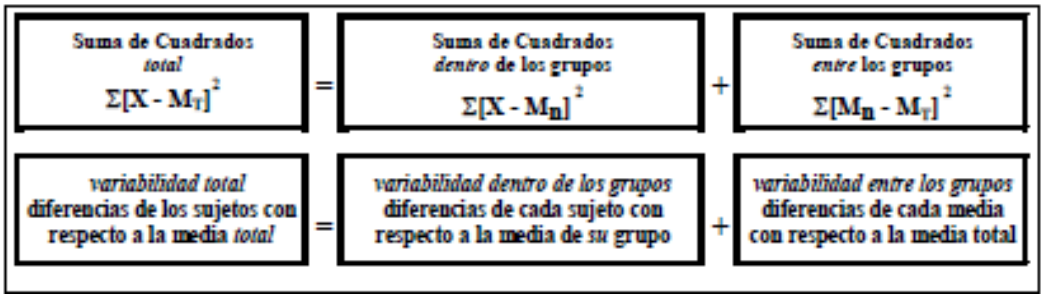


Figura 4-1. Descomposición de la suma de cuadrados o numerador de la varianza. Fuente: http://www.upcomillas.es/personal/peter/analisisdevarianza/ANOVAIntroduccion.pdf

Es decir, la suma de cuadrados, o numerador de la varianza, la hemos descompuesto en dos sumas de cuadrados:

a) Una suma de cuadrados expresa las diferencias dentro de los grupos.
b) Otra suma de cuadrados expresa las diferencias entre los grupos.

En el denominador, con los grados de libertad, sucede lo mismo; los grados de libertad de la varianza total $(N - 1)$ se pueden descomponer en grados de libertad

dentro de los grupos y grados de libertad entre los grupos, tal como está resumido en la Figura 4-2.

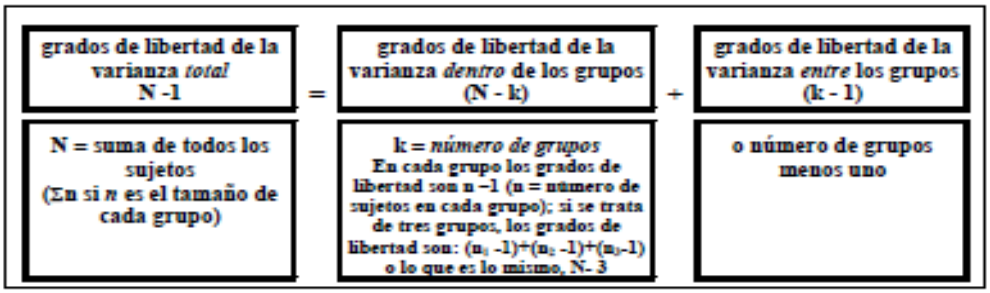


Figura4-2. Descomposición de los grados de libertad o denominador de la varianza. Fuente: http://www.upcomillas.es/personal/peter/analisisdevarianza/ANOVAIntroduccion.pdf

Refiriéndonos a la comprobación, en la Hipótesis Nula se afirma que todas las muestras proceden de la misma población, y que por lo tanto sus medias no difieren significativamente; sus diferencias se explican adecuadamente por el error muestral (la variabilidad normal que podemos encontrar en cualquier grupo).

Para comprobar esta hipótesis calculamos dos estimaciones de la varianza de esa supuesta misma población, siguiendo caminos distintos e independientes. Si realmente todas las muestras proceden de la misma población, y por lo tanto sus medias no difieren significativamente entre sí, ambos caminos nos llevarán al mismo resultado.

1) A partir de las medias de los grupos, de su variabilidad con respecto a la media total; como si asignáramos a cada sujeto la media de su grupo, prescindiendo de las diferencias individuales dentro de cada grupo. Es lo que denominamos varianza entre grupos; expresa lo que difieren unos grupos de otros.

2) A partir de las puntuaciones individuales con respecto a sus medias respectivas, dentro de cada grupo. Es lo que llamamos varianza dentro de los grupos; indica lo que difieren los sujetos entre sí dentro de cada grupo, prescindiendo de las diferencias entre medias.

Estas dos varianzas (entre y dentro de los grupos), o Cuadrados Medios, las calcularemos dividiendo en cada caso la Suma de Cuadrados por los Grados de Libertad.

Si ambas estimaciones de la varianza son iguales o muy parecidas, podremos afirmar que todas las muestras proceden de la misma población (aceptamos, o no rechazamos, la Hipótesis Nula), y que por lo tanto no difieren significativamente entre sí.

Si por el contrario ambas estimaciones son muy diferentes, y la varianza entre los grupos es mayor que la varianza dentro de los grupos (es mayor la diferencia entre los grupos que la que encontramos entre los sujetos) podremos inferir que las muestras proceden de poblaciones distintas con distinta media.

Dicho en términos más simples, se trata de verificar si las medias de los grupos difieren entre sí más que los sujetos entre sí.

Para comprobar mediante la razón de Fisher de dos varianzas dividimos una por la otra calculando la razón F:

$$F = \frac{CM_{etre}}{CM_{dentro}}$$

En este caso el valor de la "F" es la variación entre los grupos. Para saber si los resultados son significativos (o sea, si la probabilidad "P" tiene un valor menor a 0.05), el valor de la "F" necesita ser menos al valor crítico para F, que está dado en las tablas de Fisher, mediante los grados de libertad y el nivel de significancia.

4.1.2 Análisis de la varianza con Microsoft Excel

El método es evaluado con la ayuda de Microsoft Excel. En donde podemos comprobar la teoría de las hipótesis, aplicando en Varianza de un factor. Esta herramienta realiza análisis simple de varianza en los datos de dos o más muestras.

El análisis proporciona una prueba de la hipótesis de que cada muestra se extrae de la misma distribución subyacente de probabilidades frente a la hipótesis alternativa de que las distribuciones subyacentes de probabilidades no son las mismas para todas las muestras.

La hoja de análisis se obtiene de la siguiente manera:

1. Seleccionamos Datos, análisis de datos y luego análisis de varianza de un factor. Ver Figura 4-3.

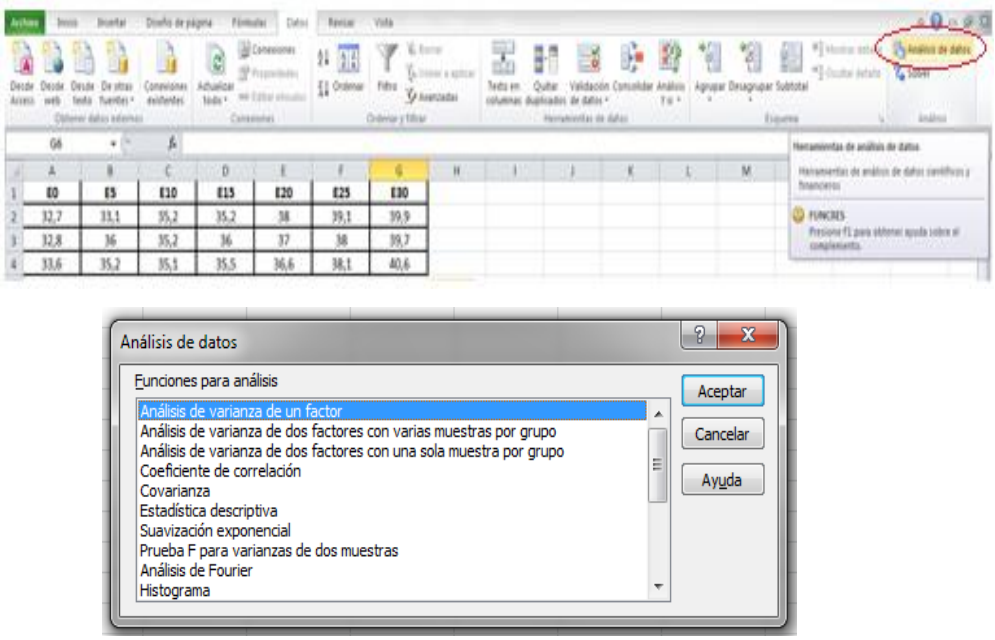


Figura4-3. Análisis de datos de Microsoft Excel. Fuente: Los autores.

2. En Rango de entrada, seleccionamos los datos y el tipo de agrupación de los datos. Ver Figura 75. Además seleccionamos rótulos en la primera fila, para que sean tomados en cuenta el nombre de cada tratamiento (E0, E5, E10, etc.). Ver Figura 4-4.

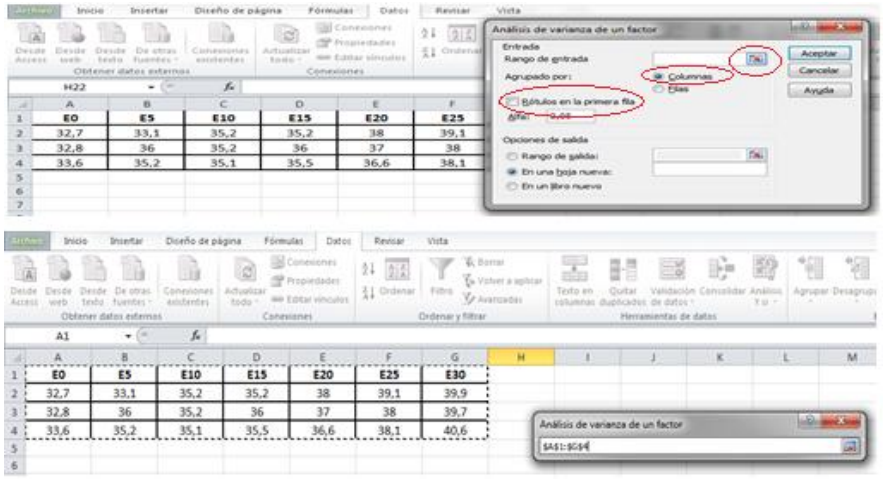


Figura4-4. Selección de datos en análisis de varianza de un factor. Fuente: Los autores.

3. En Alfa ingresamos el nivel de confianza del análisis, para nuestro caso, establecimos 0,05 que quiere decir 99,5% de confianza. Ver Figura 4-5.

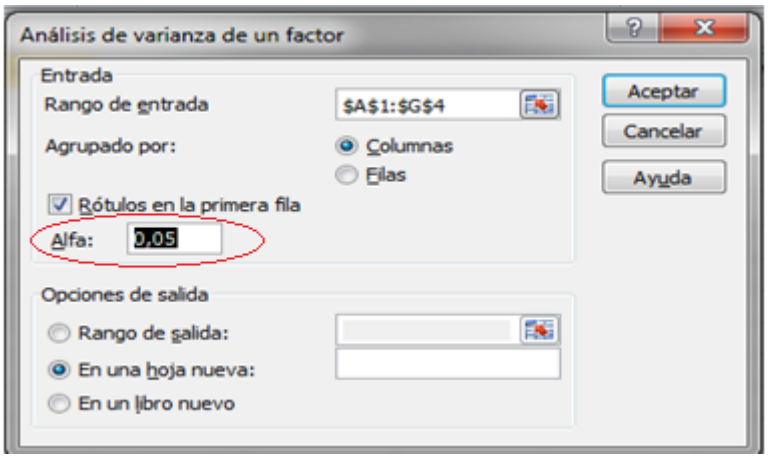


Figura4-5. Selección del nivel de confianza Alfa en el análisis de varianza de un factor. Fuente los autores.

4. Luego en rango de salida seleccionamos la ubicación de nuestra hoja de análisis. Ver Figura 4-6.

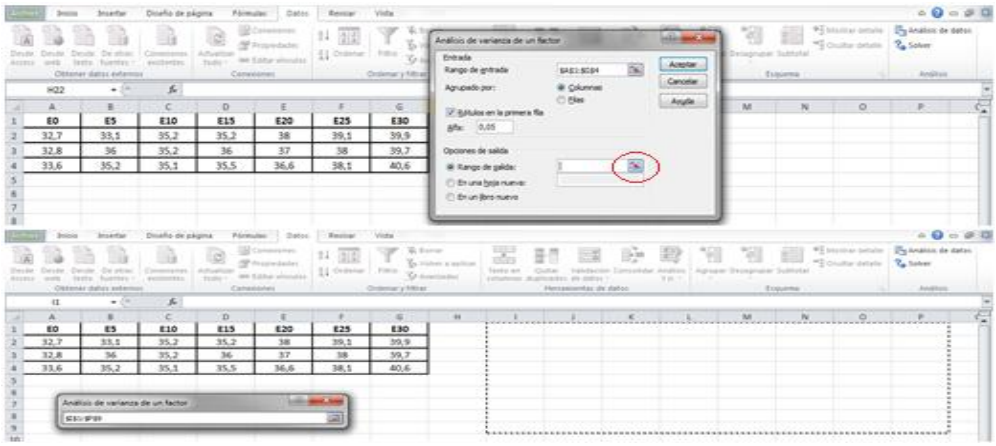


Figura4-6. Selección del rango de salida de análisis de varianza de un factor. Fuente: Los autores.

5. A continuación se presenta el resumen de análisis de varianza. Ver tabla 4-1.

Para entender la varianza de los datos ingresados de cada tratamiento, primeramente, analizaremos cada uno de los elementos que se nos presenta en la tabla de resumen. Entonces:

- Los grupos representan cada uno de los tratamientos, es decir, el combustible aplicado al motor en diferentes proporciones de gasolinas y etanol.

- Las observaciones se denominan como cuenta, las cuales son tres para cada uno de los grupos de los tratamientos.

- Al sumar las observaciones y dividir para cada cuenta de tratamiento obtenemos el promedio que es una de las medidas de tendencia central ya que representa un valor con respecto a toda la información.

- La varianza nos permite identificar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (media μ).

4.2 Análisis de la potencia

Los resultados alcanzados al medir la potencia se les aplica la prueba de diferencia de medias, es decir, verificaremos si hay variaciones estadísticamente significativas entre los promedios de cada una de las mezclas. Si las diferencias son considerables podremos decir que los tratamientos influenciaron en cada grupo de observaciones.

Las medias serán evaluadas a partir de tres observaciones tomadas en cada uno de los tratamientos.

Análisis de la varianza de Potencia-Normal [kW] en función a las mezclas de gasolina/ etanol

E0	E5	E10	E15	E20	E25	E30
32,70	33,10	35,20	35,20	38,00	39,1	39,9
32,80	36,00	35,20	36,00	37,00	38	39,7
33,60	35,20	35,10	35,50	36,60	38,1	40,6

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
E0	3	99,1	33,033333	0,243333
E5	3	104,3	34,766667	2,243333
E10	3	105,5	35,166667	0,003333
E15	3	106,7	35,566667	0,163333
E20	3	111,6	37,2	0,52
E25	3	115,2	38,4	0,37
E30	3	120,2	40,066667	0,223333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	102,75238	6	17,125397	31,82595	2,208E-07	2,84772
Dentro de los grupos	7,5333333	14	0,5380952			
Total	110,28571	20				

Comprobación de las hipótesis

H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$

H1: al menos dos de las medidas no son iguales.

α=0,05

Región crítica: f > 2,85 con v1 = 6 y v2 =14 grados de libertad

Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-1. Hoja de análisis de varianza de un factor para los datos de potencia. Fuente: Los autores.

La hipótesis nula (*H0*) propone que, las medias (μ) de cada grupo de tratamiento son iguales y que por tanto los resultados de todas las observaciones no difieren significativamente. Mientras que la hipótesis alterna *(H1)* nos dice que al menos dos de las medias no son iguales, es decir, que las observaciones provienen de tratamientos diferentes.

A partir de la hoja de análisis es fácil entender si aceptamos o no la hipótesis nula, fijándonos que el promedio de cuadrados o varianza entre los grupos es mayor que la varianza dentro de los grupos. Entonces, podremos decir que las muestras proceden de poblaciones distintas con distinta media.

Además en la hoja de análisis nos presenta, la columna *F* que entrega el valor del estadístico de prueba y la columna probabilidad *P* que entrega el menor nivel de

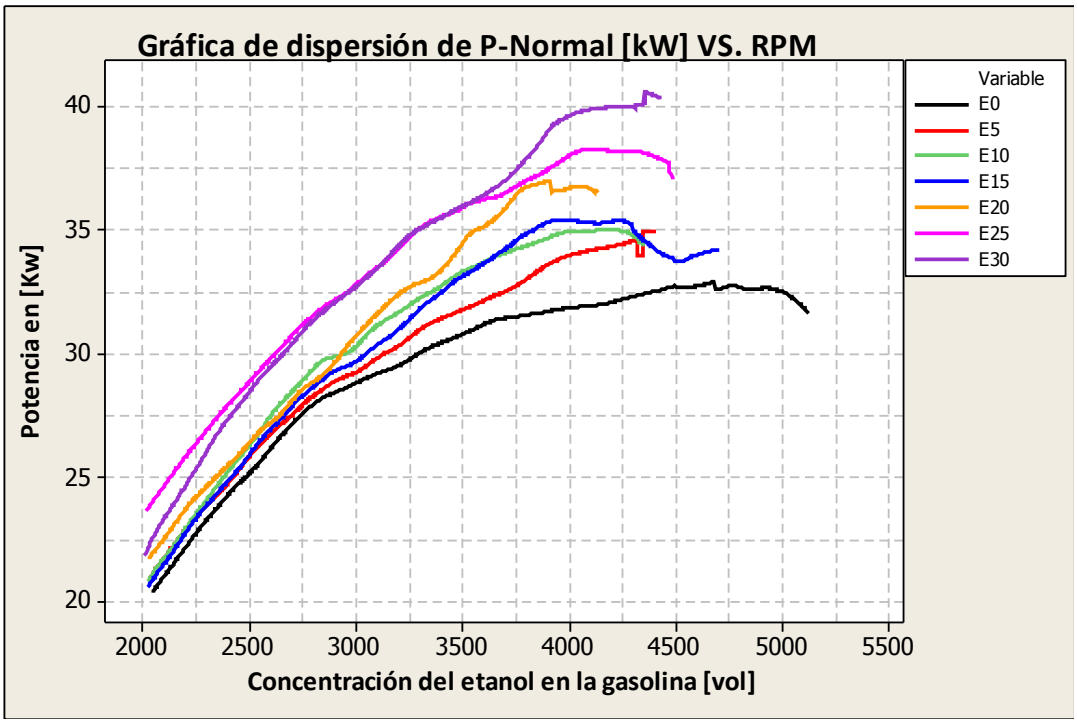
significación para rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Si probabilidad es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula.

En este caso el valor de la F o la variación entre los grupos es 31,825959. Para saber si los resultados son significativos o sea, si la probabilidad P tiene un valor menor a 0.05, el valor de la F necesita ser al menos de 2,847726 que es el valor crítico para F.

Entonces, como el valor de nuestra F es de 31,825959 y es mucho mayor que el valor crítico para $F(2{,}847726)$ estamos seguros que los resultados de nuestras pruebas son de poblaciones distintas. En otras palabras, sí existe una relación significativa entre cada grupo de tratamiento. La probabilidad también demuestra a qué nivel los resultados son estadísticamente significativos.

4.2.1 Comportamiento de la potencia con diferentes mezclas de combustible

En la gráfica 4.2-1 se presenta el comportamiento de las curvas de potencia normal, medidas en el banco dinamométrico, con cada uno de los tratamientos o mezclas de combustible gasolina/etanol.

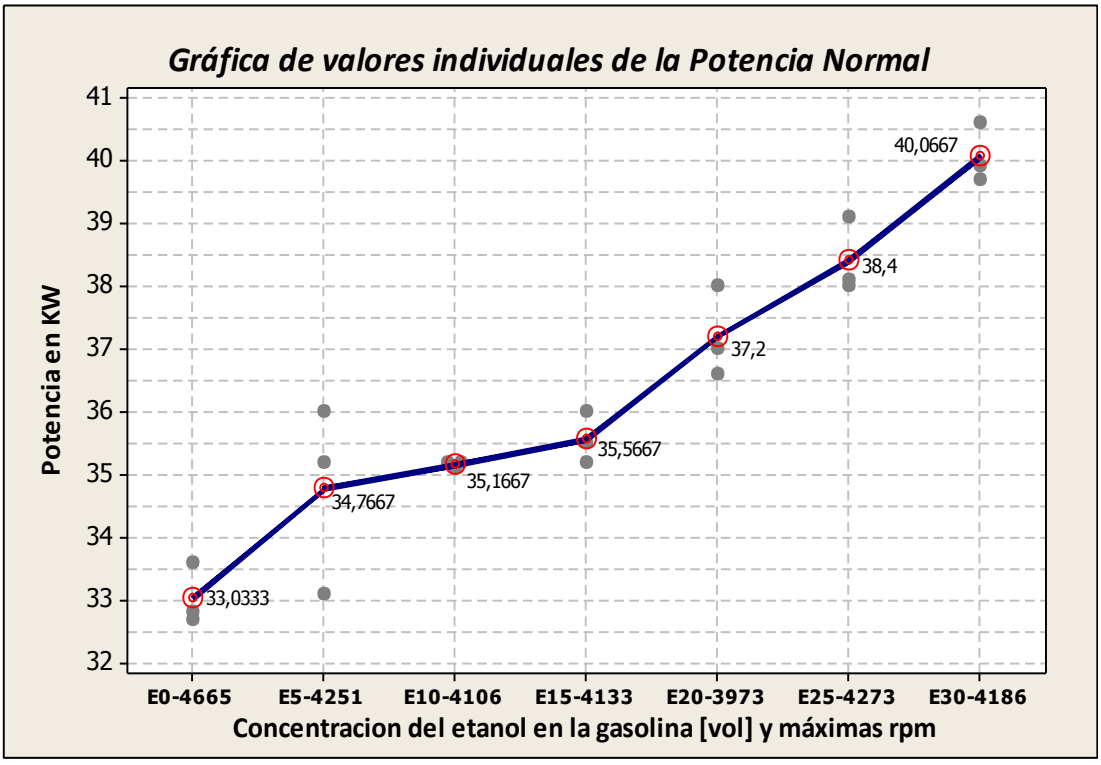


Gráfica 4.2-1. Curvas de potencia con diferentes mezclas de gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

Interpretando las curvas podemos decir, conforme vayamos aumentando el porcentaje de etanol en la gasolina iremos alcanzando mayor potencia. Una justificación clara para este comportamiento es que el etanol al tener oxígeno en su formulación ayuda a mejorar la combustión y por ende a tener mayor fuerza en el pistón.

Esta mayor potencia brindará al vehículo una gran reacción de aceleración, lo que significa que el vehículo llegara a una velocidad establecida en menor tiempo que cuando funcionaba solo con gasolina.

El aumento de la potencia es progresivo en función de la cantidad de etanol que se remplace por la gasolina. Los valores máximos de potencia a cada concentración de gasolina/etanol se presentan en la gráfica 4.2-2.



Gráfica 4.2-2. Grafica de valores individuales máximos de la Potencia Normal. Fuente: Los autores

A partir de una concentración completa de gasolina (E0) la potencia crece 5,34% cuando se adiciona la mezcla E5. La curva formada entre estos dos puntos de

concentración forma una pendiente pronunciada, confirmando así el impacto que tiene una concentración de E5 sobre la potencia.

En las concentraciones comprendidas entre los puntos E5 y E15 la potencia aumenta solamente 2,3%. No tiene un crecimiento drástico como el presentado en las mezclas anteriores, bien podríamos comparar si las observaciones entre estos puntos pertenecen o no a poblaciones distintas.

En la tabla 4-2 presentamos la hoja de análisis de varianza entre las observaciones de los tratamientos E5, E10, E15.

E5	E10	E15
33,1	35,2	35,2
36	35,2	36
35,2	35,1	35,5

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7
H1: al menos dos de las medidas no son iguales.
α=0,05

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
E5	3	104,3	34,766666	2,2433333
E10	3	105,5	35,166666	0,0033333
E15	3	106,7	35,566666	0,1633333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	0,96	2	0,48	0,5975103	0,579906	5,1432528
Dentro de los grupos	4,82	6	0,8033333			
Total	5,78	8				

Tabla 4-2. Análisis de varianza de un factor para los resultados de potencia con concentraciones de E5, E10, E15. Fuente: Los autores.

El valor de P para $F = 0{,}579$ es mayor a $0{,}05$. Para esta comprobación en particular decidimos aceptar la hipótesis nula (*H0*) y concluir que los tratamientos no influenciaron significativamente en las observaciones.

Tomando como referencia la concentración E15 la potencia crece 4,5% más, aplicando la mezcla E20, de igual forma ocurre entre E25 y E30. Lo que indica que a partir de E20 el grado de oxigeno que tiene la mezcla ayuda a mejorar la combustión y por ende se aprovecha más la potencia generada en el ciclo de trabajo.

4.3 Análisis del par motor

Existen tres observaciones de par motor para cada tratamiento de combustible, medidas en el banco dinamométrico. De igual manera que en el análisis de potencia, se realizara un test de medias, con el objetivo de verificar si las diferentes concentraciones influyeron en su grupo de observaciones.

La tabla 4-3 muestra la hoja de análisis de varianza para los datos de par motor.

Análisis de la varianza de Par-Normal [kW] en función a las mezclas de gasolina/ etanol

E0	E5	E10	E15	E20	E25	E30
97,6	97,70	104,80	101,90	107,10	114,7	110,4
98,3	100,00	104,60	102,10	105,40	115,2	115,6
99,3	103,90	102,70	102,50	105,20	114,8	112,4

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
E0	3	295,2	98,4	0,73
E5	3	301,6	100,53333	9,8233333
E10	3	312,1	104,033333	1,34333333
E15	3	306,5	102,166667	0,09333333
E20	3	317,7	105,9	1,09

E25	3	344,7	114,9	0,07		
E30	3	338,4	112,8	6,88		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	690,426667	6	115,071111	40,214567	4,8674E-08	2,847726
Dentro de los grupos	40,06	14	2,86142857			
Total	730,486667	20				

Comprobación de las hipótesis

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7

H1: al menos dos de las medidas no son iguales.

α=0,05

Región crítica: f > 2,85 con v1 = 6 y v2 =14 grados de libertad

Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-3. Hoja de análisis de varianza de un factor para los datos de par motor. Fuente: Los autores.

Según el análisis de varianza, decidimos rechazarla hipótesis nula *H0* ya que el valor de $F = 40{,}214567$ sobrepasa la región critica que es de $2{,}847726$. Además de eso la probabilidad también demuestra un valor inferior a $0{,}05$.

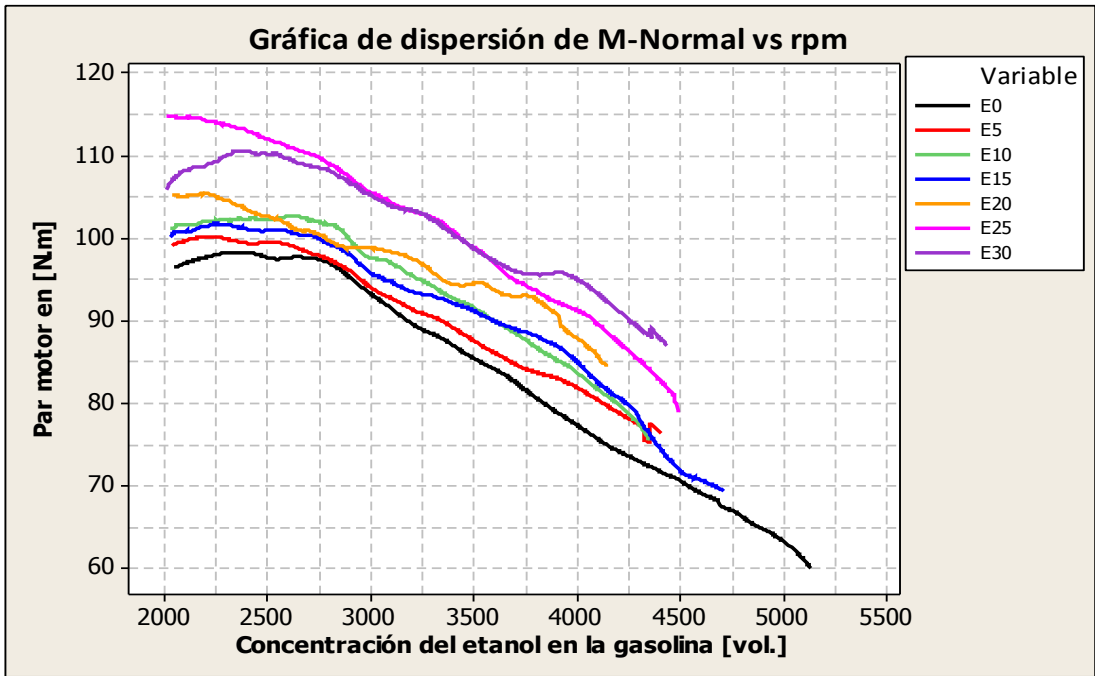
Entonces, estadísticamente podemos decir que las observaciones si fueron influenciadas por los tratamientos aplicados.

4.3.1 Comportamiento del par motor a diferentes mezclas de combustibles

En la gráfica 4.3-1 se observa los comportamientos de las curvas de par motor cuando se aplican los diferentes tratamientos de combustible gasolina/etanol.

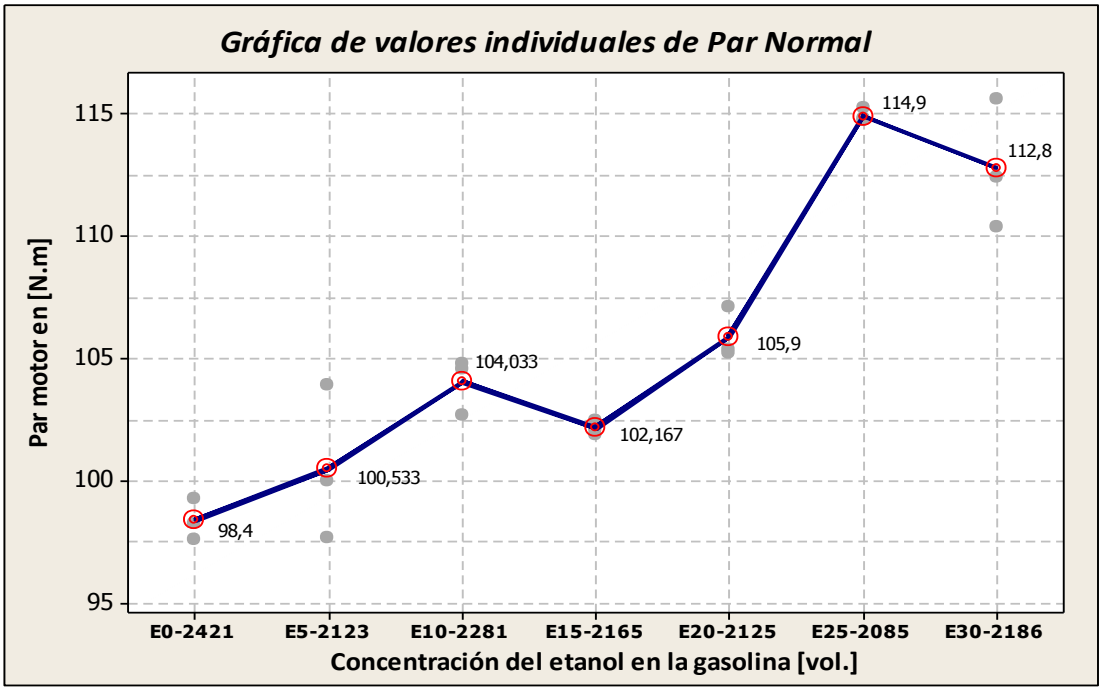
Debido a una mejor combustión en el interior de la cámara de combustión, ya que existe más oxigeno proveniente del etanol, las curvas crecen conforme se incrementa la concentración de etanol en la gasolina.

El par motor se incrementa considerablemente y alcanza el punto máximo cada vez a menos revoluciones. Lo que es beneficioso para nuestro vehículo ya que se trata de una camioneta de carga.



Ecuación 31. Curvas de par motor a diferentes mezclas de gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

Los valores máximos del par motor se muestran en la gráfica 4.3-2. Se pueden ver que desde E0 hasta el máximo posible que se da en E25 el par motor crece 16,5 Nm lo que significa un incremento de 16,5% con relación a la concentración de E0.



Gráfica 4.3-1. Curva de valores individuales máximos del Par Normal. Fuente: Los autores.

En las concentraciones de E5, E10 y E15 los datos no son muy relevantes ya que el rango de poblaciones encontradas oscila entre 97,7 y 104,8 Nm. Por lo tanto, es necesario realizar una prueba de medias con el objeto de determinar si los tratamientos influenciaron o no en los resultados. Ver tabla 4-4.

E5	E10	E15
97,7	104,8	101,9
100	104,6	102,1
103,9	102,7	102,5

Análisis de varianza de un factor
H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$
H1: al menos dos de las medidas no son iguales.
α=0,05

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
E5	3	301,6	100,53333	9,8233333
E10	3	312,1	104,03333	1,3433333
E15	3	306,5	102,16666	0,0933333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	18,402222	2	9,2011111	2,4514505	0,16665852	5,1432528
Dentro de los grupos	22,52	6	3,7533333			
Total	40,922222	8				

Tabla 4-4. Análisis de varianza de un factor para los resultados de par motor en concentraciones de E5, E10, E15. Fuente: Los autores.

Con base al análisis de varianza de los resultados de par motor decidimos aceptar la hipótesis nula, ya que la probabilidad calculada es mayor a 0,05. Además el resultado de F está dentro de su valor crítico.

Entonces, los tratamientos E5, E10 y E15 no tienen significancia estadísticamente considerable en las observaciones. A partir de la concentración E20 el par motor promedio aumenta 7,20% con respecto a E0, es un incremento beneficioso para nuestro vehículo ya que nos aporta $7Nm$ más de fuerza.

4.4 Análisis de gases

Para entender cuál es el comportamiento de los gases de escape frente a los tratamientos de gasolina/etanol es necesario adquirir una población considerable de datos. El método aplicado será el análisis de varianza por medio de una prueba de medias para cada tipo de gas.

Los gases planteados a estudiar son: monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno. Contamos con cinco muestras poblacionales para cada tipo de gas las cuales fueron encontradas con cada grupo de tratamiento gasolina/etanol.

Según la norma INEN 2203 las muestras deberán tomarse estáticamente a ralentí y a 2500 rpm. Por lo tanto, para cada tipo de gas tendremos dos grupos de análisis de varianza.

4.4.1 Monóxido de Carbono

La tabla 4-5 presenta el análisis de varianza por medio de una prueba de medias para cinco observaciones de monóxido de carbono. Todo el grupo poblacional esta tomado con el vehículo en ralentí y mediante el método de ensayo planteado en la norma INEN 2203.

Variación del volumen en porcentaje de Monóxido de Carbono (CO)						
CO a E0	***CO a E5***	***CO a E10***	***CO a E15***	***CO a E20***	***CO a E25***	***CO a E30***
1,22	0,77	0,8	0,72	0,67	0,75	0,78
2,47	0,84	0,78	0,73	0,67	0,74	0,84
1,3	0,8	0,79	0,71	0,67	0,78	0,88
1,11	0,78	0,8	0,7	0,63	0,73	0,87
1,17	0,86	0,72	0,7	0,61	0,76	0,88

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	***Cuenta***	***Suma***	***Promedio***	***Varianza***
CO a E0	5	7,27	1,454	0,32743
CO a E5	5	4,05	0,81	0,0015
CO a E10	5	3,89	0,778	0,00112
CO a E15	5	3,56	0,712	0,00017
CO a E20	5	3,25	0,65	0,0008
CO a E25	5	3,76	0,752	0,00037
CO a E30	5	4,25	0,85	0,0018

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	2,199	6	0,3665	7,6998109	5,988E-05	2,4452594
Dentro de los grupos	1,33276	28	0,0475986			
Total	3,53176	34				

Comprobación de las hipótesis

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7

H1: al menos dos de las medidas no son iguales.

α=0,05

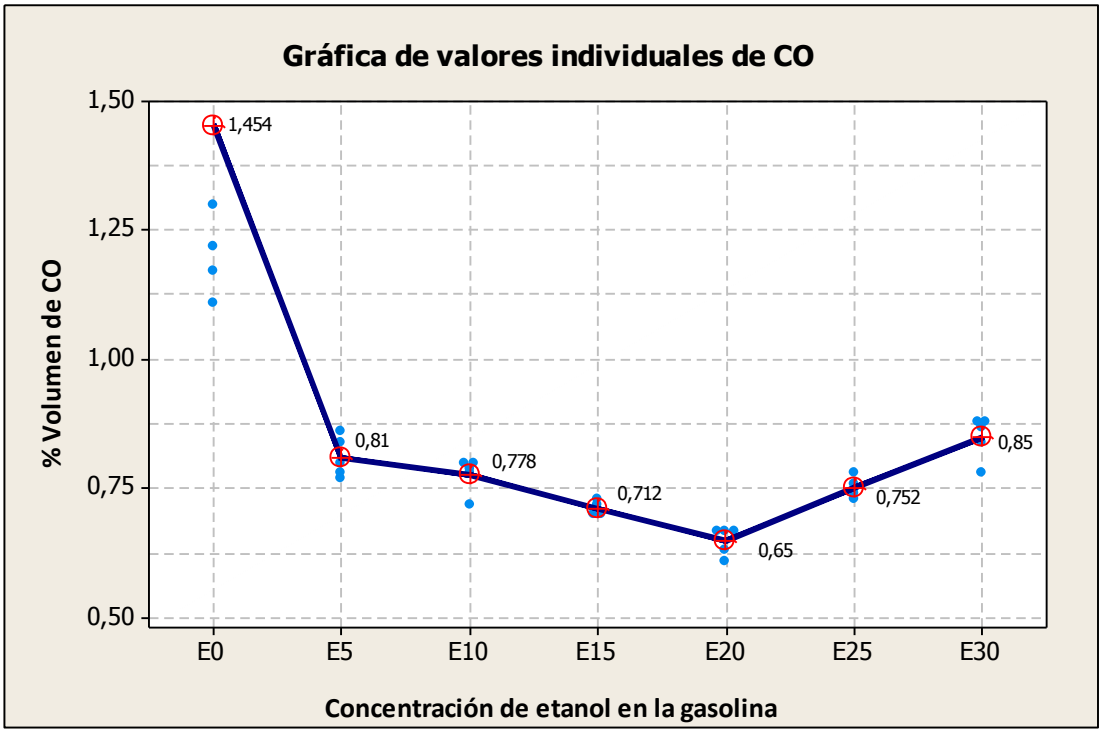
Región crítica: f > 2,45 con v1 = 6 y v2 =28 grados de libertad

Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-5. Análisis de varianza para las observaciones de monóxido de carbono tomadas en ralentí. Fuente: Los autores.

Con los valores calculados en el análisis de varianza, para los datos de monóxido de carbono con el vehículo en ralentí, decidimos rechazar la hipótesis nula en la cual afirma que las medias de las observaciones son iguales. Ello está fundamentado en la hoja de análisis, en donde vemos que la probabilidad es menor a 0,05 y el valor de *F* calculado es de 7,6998109 y está fuera del valor critico de *F* (2,4452594). Por lo tanto, concluimos que cada uno de los tratamientos si influenciaron en su grupo de observaciones.

El comportamiento de los gases desde E0 hasta E30 se muestra en la gráfica 4.4-1. Interpretando la curva de los valores obtenidos del monóxido de carbono (CO) con respecto a la variación de la concentración del etanol en la gasolina, se puede observar que el nivel de CO con E5 disminuye en un 44,14% con respecto a E0, para las mezclas E10, E15 y E20 la variación es 46,49%, 51% y 55,2% respectivamente.



Gráfica 4.4-1. Comportamiento en ralentí del Monóxido de Carbono en función de la concentración de la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

La disminución del nivel de CO se da a la mejor combustión del combustible mezclado con el oxígeno que contiene al etanol en su estructura molecular.

Para la siguiente mezcla de E25 se observa que el nivel de CO comienza aumentar de manera progresiva, su incremento es de 13,5% con respecto a la mezcla anterior, de igual manera en la mezcla de E30 el nivel de CO sube 11,5%. El incremento de CO se debe a que en la mezcla obtiene un exceso de aire y por tanto exceso de oxigeno esto nos lleva a determinar que la eficiencia de la combustión disminuye.

En la tabla 4-6 presentamos la hoja de análisis de varianza de las cinco observaciones de monóxido de carbono tomadas con el vehículo estático a 2500 rpm según el método de ensayo planteado por la norma INEN 2203.

Variación del porcentaje en volumen del Monóxido de Carbono (CO)

CO a E0	*CO a E5*	*CO a E10*	*CO a E15*	*CO a E20*	*CO a E25*	*CO a E30*
9,36	6,15	5,74	4,88	4,22	3,73	2,67
9,68	6,17	5,8	4,98	4,22	3,74	2,76
7,33	6,16	5,84	5,01	4,19	3,82	2,88
8,55	6,17	5,86	5,06	4,18	3,84	2,84
9,03	6,08	5,81	4,96	4,36	3,87	2,94

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
CO a E0	5	43,95	8,79	0,84095
CO a E5	5	30,73	6,146	0,00143
CO a E10	5	29,05	5,81	0,0021
CO a E15	5	24,89	4,978	0,00442
CO a E20	5	21,17	4,234	0,00528
CO a E25	5	19	3,8	0,00385
CO a E30	5	14,09	2,818	0,01112

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	113,83527	6	18,972546	152,80196	4,573E-20	2,4452594
Dentro de los grupos	3,4766	28	0,1241643			
Total	117,31187	34				

Comprobación de la hipótesis

H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$

H1: al menos uno de las medidas no son iguales

$\alpha = 0,05$

Región critica: f >2,45 con v1 = 6 y v2 = 28 grados de libertad

Decisión: Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

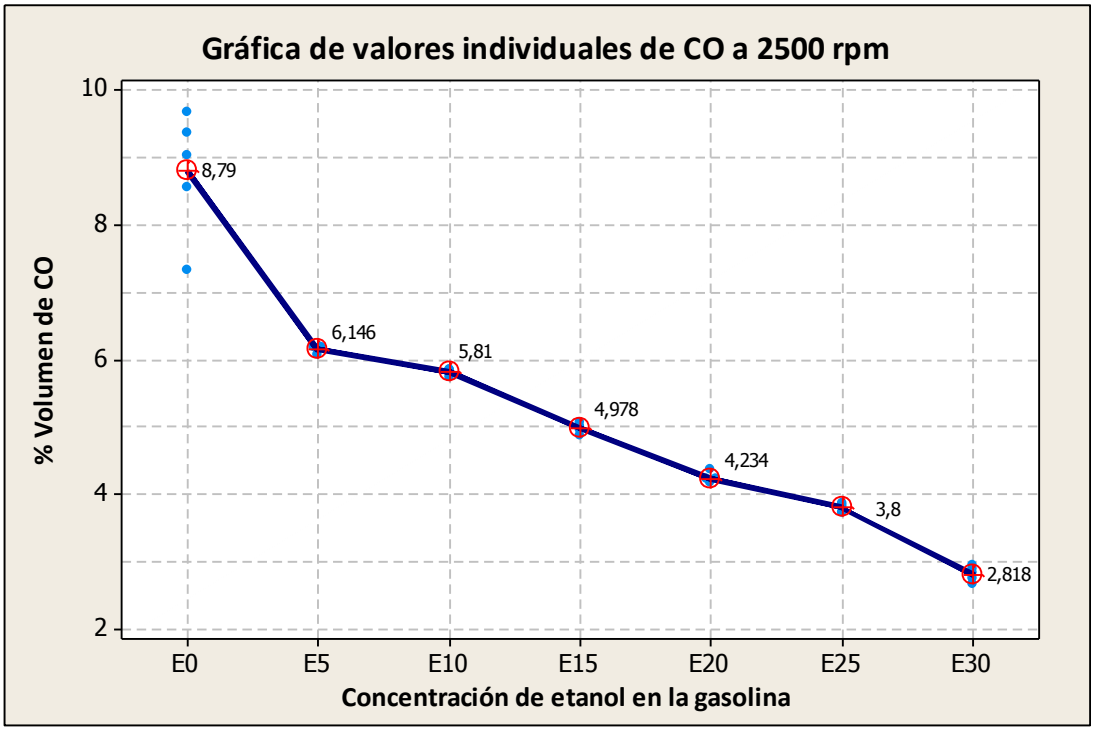
Tabla 4-6. Análisis de varianza para las observaciones de monóxido de carbono tomadas a 2500 rpm. Fuente: Los autores.

Con base a la prueba de medias de las observaciones de monóxido de carbono tomadas con el vehículo a 2500 rpm. Decidimos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, es decir, las observaciones son considerablemente significativas.

Todo esto lo fundamentamos con los resultados presentados en la hoja de análisis de la tabla 4-6. En donde vemos que la probabilidad no sobre pasa 0,05 (valor límite para aceptar *H0*) y el valor crítico de F (2,4452594) es menor al valor de F calculado, 152,80196.

El comportamiento de la curva de monóxido de carbono toma una forma descendente (Gráfica 4,4-2), como vemos entre los puntos E0 y E5 la contaminación de CO disminuye 30%. A partir de la concentración E5 hasta E20 disminuye 31%. Entre los tratamientos de E20 y E30 la contaminación de este gas disminuye aún más, 33%.

Por lo tanto, se nota claramente que la contaminación de monóxido de carbono a 2500 rpm disminuye drásticamente, 68% desde E0 hasta E30. Todo indica que existe una mejor combustión de la mezcla aire combustible en el interior del cilindro a 2500 rpm, gracias a la acción del oxígeno proveniente del etanol.



Gráfica 4.4-2. Comportamiento a 2500 rpm del Monóxido de Carbono en función de la concentración de la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

4.4.2 Dióxido de Carbono

En la tabla 4-7 mostramos la hoja de análisis de varianza de las cinco observaciones obtenidas del dióxido de carbono. Los tratamientos fueron aplicados con el vehículo en ralentí, el método de obtención de los datos es el planteado en la norma INEN 2203.

Variación del porcentaje en volumen del Dióxido de Carbono (CO2)						
CO2 a E0	***CO2 a E5***	***CO2 a E10***	***CO2 a E15***	***CO2 a E20***	***CO2 a E25***	***CO2 a E30***
12,2	13,6	13,4	13,6	13,6	13,6	13,3
12,3	13,4	13,5	13,7	13,6	13,7	13,5
12,6	13,5	13,4	13,7	13,5	13,6	13,3
12,6	13,3	13,3	13,6	13,6	13,6	13,1
12,6	13,2	13,4	13,6	13,5	13,5	13,1

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	***Cuenta***	***Suma***	***Promedio***	***Varianza***
CO2 a E0	5	62,3	12,46	0,038
CO2 a E5	5	67	13,4	0,025
CO2 a E10	5	67	13,4	0,005
CO2 a E15	5	68,2	13,64	0,003
CO2 a E20	5	67,8	13,56	0,003
CO2 a E25	5	68	13,6	0,005
CO2 a E30	5	66,3	13,26	0,028

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	*4,9674286*	*6*	*0,8279048*	*54,161994*	*4,02E-14*	*2,4452594*
Dentro de los grupos	*0,428*	*28*	*0,0152857*			
Total	*5,3954286*	*34*				

Comprobación de las hipótesis

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7

H1: al menos dos de las medidas no son iguales.

α=0,05

Región crítica: f > 2,45 con v1 = 6 y v2 =28 grados de libertad

Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-7. Análisis de varianza para las observaciones de Dióxido de Carbono tomadas en ralentí. Fuente: Los autores.

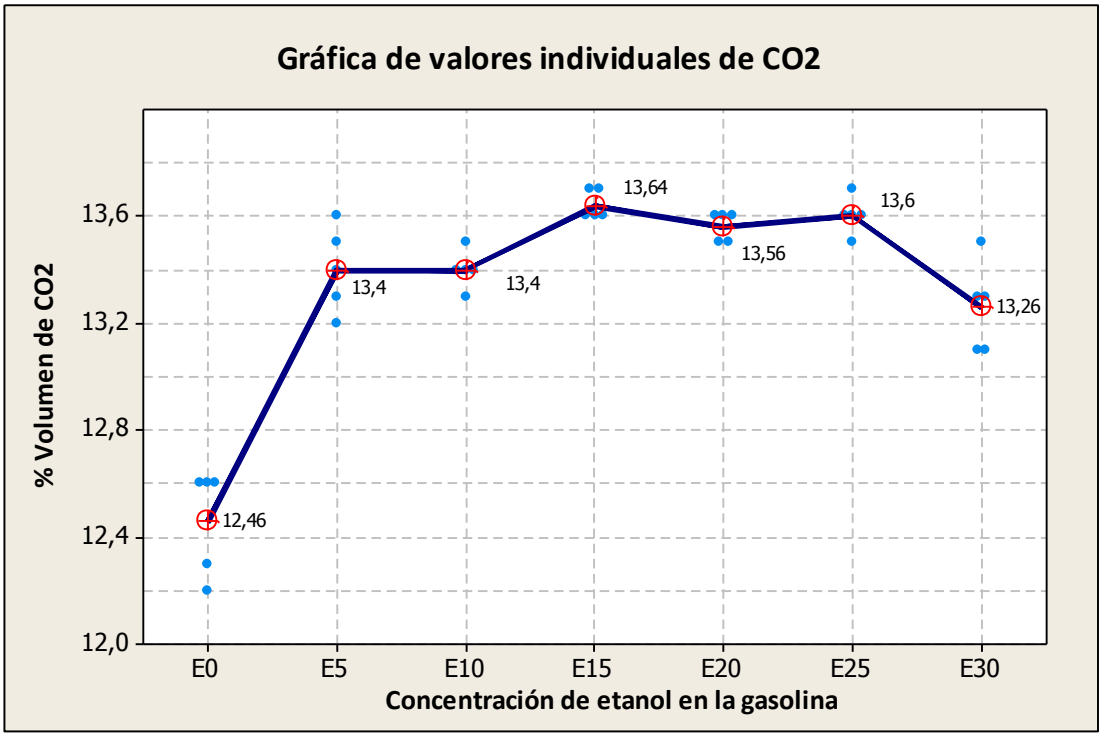
Con base a los resultados del análisis de varianza para el dióxido de carbono (CO_2), decidimos, rechazar la hipótesis nula (*H0*) ya que las medias de los grupos no son

iguales. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna (*H1*), fundamentándonos en el valor calculado de F (54,161994) el mismo que sobrepasa la región critica de 2,4452594. Además la probabilidad calculada no sobrepasa el valor permitido de 0,05.

El comportamiento que toma el dióxido de carbono se presenta en la gráfica 4.4-3. En la interpretación grafica con los valores obtenidos del dióxido de carbono con respecto a la variación de la concentración del etanol en la gasolina, observamos que el nivel de CO_2 con una mezcla E5 se incrementa 7,54% con respecto a E0, en la mezcla E10 no se tiene un incremento el nivel de CO_2 se mantiene constante.

Para la mezcla de E15 se tiene un incremento del 9,4% en relación a E0 en la mezcla de E20 disminuye un 2,78%, en la siguiente mezcla del E25 nuevamente se tiene un incremento del 9,1% y en la mezcla del E30 se obtiene una disminución en el nivel de CO_2.

A partir de la segunda mezcla (E5) se puede observar que no existe una variación considerable, lo que es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión. Como regla general, las lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo lo que representa una mala mezcla. Los valores normales deben oscilar entre el 13 y el 15%. En caso de un valor inferior al 12%, existe algún defecto en la combustión.



Gráfica 4.4-3. Comportamiento en ralentí del Dióxido de Carbono en función de la concentración de la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

En la tabla 4-8 presentamos la hoja de análisis de varianza de las cinco observaciones de dióxido de carbono tomadas en el vehículo estáticamente a 2500 rpm según el método de ensayo planteado por la norma INEN 2203.

Variación del en porcentaje de volumen del Dióxido de Carbono (CO2)						
CO2 a E0	***CO2 a E5***	***CO2 a E10***	***CO2 a E15***	***CO2 a E20***	***CO2 a E25***	***CO2 a E30***
8,2	10,5	10,6	11,4	11,5	12,1	12,8
9,4	10,4	10,6	11,3	11,5	12,1	12,7
8,5	10,5	10,6	11,3	11,5	12,1	12,6
8,9	10,5	10,5	11,3	11,5	12	12,6
9	10,4	10,5	11,2	11,4	12	12,6
Análisis de varianza de un factor *RESUMEN*						

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
CO2 a E0	5	44	8,8	0,215
CO2 a E5	5	52,3	10,46	0,003
CO2 a E10	5	52,8	10,56	0,003
CO2 a E15	5	56,5	11,3	0,005
CO2 a E20	5	57,4	11,48	0,002
CO2 a E25	5	60,3	12,06	0,003
CO2 a E30	5	63,3	12,66	0,008

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	47,550857	6	7,9251429	232,11715	1,542E-22	2,4452594
Dentro de los grupos	0,956	28	0,0341429			
Total	48,506857	34				

Comprobación de la hipótesis

H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$

H1: al menos uno de las medidas no son iguales

$\alpha = 0,05$

Región critica: f >2,45 con v1 = 6 y v2 = 28 grados de libertad

Decisión: Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-8. Análisis de varianza para las observaciones de Dióxido de Carbono tomadas a 2500 rpm. Fuente: Los autores.

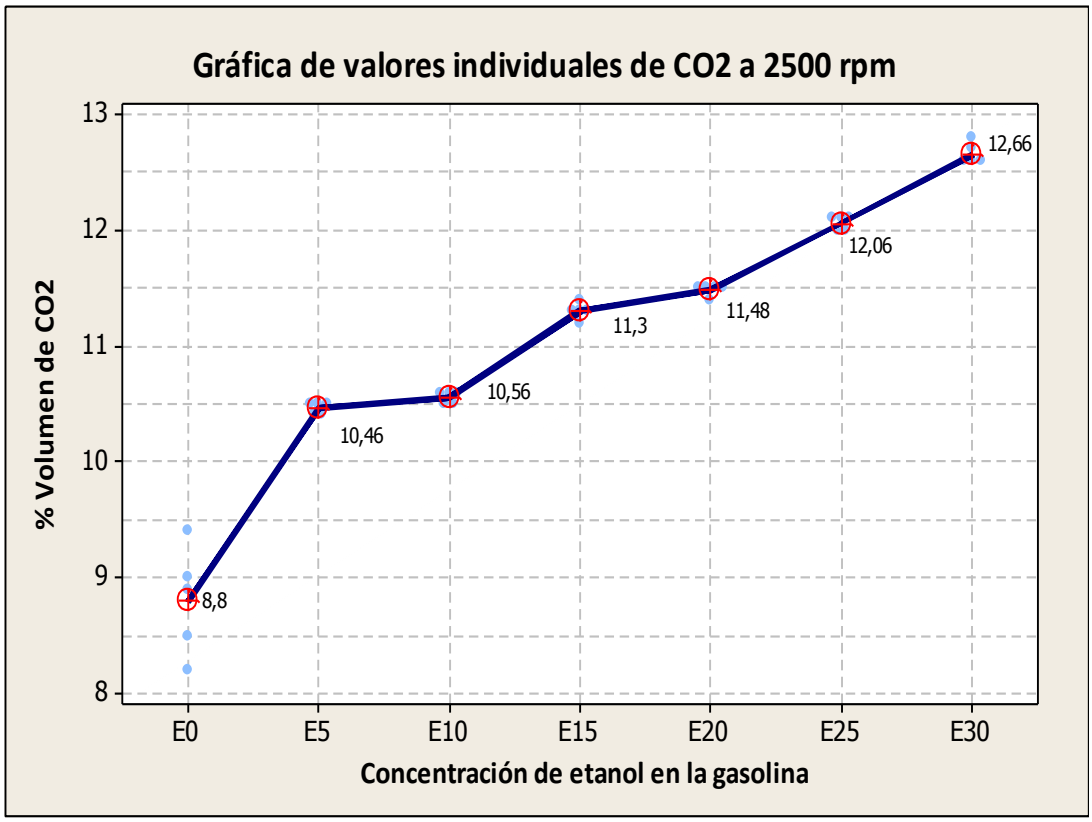
Mediante la prueba de medias presentado en la tabla 4-8, para las observaciones del dióxido de carbono (CO_2) a 2500 rpm, decidimos rechazar la hipótesis nula (*H0*) ya que como vemos el valor de $F = 232,11715$, mismo que no se encuentra dentro de

la región critica de 2,4452594. Además la probabilidad calculada es de 1,542E-22 la misma que es menor al valor permitido de 0,05 que es en donde se aprueba la hipótesis nula.

Por lo tanto, podemos decir que los tratamiento si influenciaron significativamente en las observaciones de los gases de dióxido de carbono tomados a 2500 rpm.

El comportamiento de la curva a 2500 rpm se muestra en la gráfica 4.4-4. Como vemos la curva crece cuanto mayor sea el porcentaje de etanol que remplace a la gasolina.

Desde E0 hasta E5 el dióxido de carbono aumenta 18% lo que indica que hay una mejor interacción de la mezcla aire-combustible. A partir de E5 la concentración de este gas incrementa casi 10% más hasta E20. En total desde E0 hasta E30 la combustión mejora en un 43%. Es decir, cuanto mejor sea la combustión, más alto será el CO_2.



Gráfica 4.4-4. Comportamiento a 2500 rpm del Dióxido de Carbono en función de la concentración de la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

4.4.3 Hidrocarburos

En la tabla 4-9 mostramos la hoja de análisis de varianza de las cinco observaciones de hidrocarburos. Los tratamientos fueron aplicados con el vehículo en ralentí, el método de obtención de los datos es el planteado en la norma INEN 2203.

Variación de Hidrocarburos (HC) en ppm

HC a E0	*HC a E5*	*HC a E10*	*HC a E15*	*HC a E20*	*HC a E25*	*HC a E30*
1132	325	297	290	273	295	363
802	339	301	299	275	299	308
737	302	353	302	289	301	346
820	377	304	271	290	304	422
1050	542	285	297	252	289	379

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
HC a E0	5	4541	908,2	29640,2
HC a E5	5	1885	377	9249,5
HC a E10	5	1540	308	685
HC a E15	5	1459	291,8	154,7
HC a E20	5	1379	275,8	237,7
HC a E25	5	1488	297,6	33,8
HC a E30	5	1818	363,6	1762,3

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	1530673,5	6	255112,25	42,759792	7,89465E-13	2,4452594
Dentro de los grupos	167052,8	28	5966,1714			
Total	1697726,3	34				

Comprobación de las hipótesis
H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$
H1: al menos dos de las medidas no son iguales.
α=0,05
Región crítica: f > 2,45 con v1 = 6 y v2 =28 grados de libertad
Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-9. Análisis de varianza para las observaciones de hidrocarburos tomadas a ralentí. Fuente: Los autores.

Para las observaciones de hidrocarburos (*HC*) presentadas en el análisis de varianza de la tabla 4-9, decidimos rechazar la hipótesis nula (*H0*) ya que la probabilidad calculada no sobrepasa el valor de 0,05. Y el valor de $F = 42{,}759792$ está fuera del valor critico en donde podemos aceptar la hipótesis nula.

Por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna de que al menos dos de las medias no son iguales ya que los tratamientos de gasolina/etanol si influenciaron significativamente en los resultados.

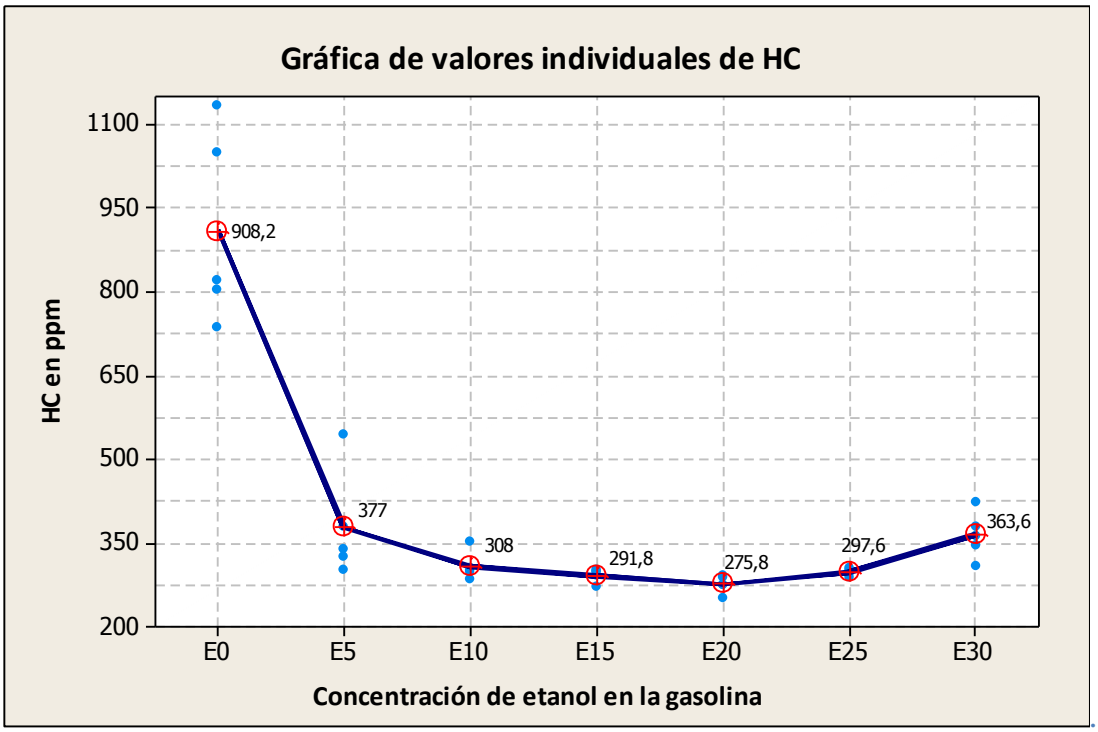
En la gráfica 4.4-5 presentamos el comportamiento que tienen los hidrocarburos cuando son tomados en ralentí.

Desde la concentración E0 hasta E5 los hidrocarburos disminuyen 58,4%, es una disminución bastante favorable ya que nos indica que la acción del etanol mejora la combustión en el interior de la cámara.

A partir de E0 la contaminación sigue disminuyendo, 69,6% hasta llegar a la concentración E20. Seguidamente en la concentración E25 se nota un ligero incremento de la contaminación, así también en E30 la contaminación ha subido notablemente.

Por lo tanto podemos decir que antes del introducir la mezcla gasolina/etanol el motor trabajaba con exceso de gasolina. Es decir, existía una combustión incompleta

por exceso de gasolina y poco oxígeno. El etanol nos ayudó a suplir estos inconvenientes permitiendo en ralentí disminuir la contaminación.



Gráfica 4.4-5. Comportamiento en ralentí de los hidrocarburos en función de la concentración de la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

En la tabla 4-10 presentamos la hoja de análisis de varianza de las cinco observaciones de hidrocarburos tomados en el vehículo estáticamente a 2500 rpm según el método de ensayo planteado por la norma INEN 2203.

Variación de hidrocarburos en ppm						
HC a E0	***HC a E5***	***HC a E10***	***HC a E15***	***HC a E20***	***HC a E25***	***HC a E30***
530	228	224	207	217	221	186
419	231	226	210	222	214	195
520	232	228	214	225	220	205
450	240	232	219	227	229	212
490	241	246	256	250	239	221

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	*Cuenta*	*Suma*	*Promedio*	*Varianza*
HC a E0	5	2409	481,8	2201,2
HC a E5	5	1172	234,4	33,3
HC a E10	5	1156	231,2	77,2
HC a E15	5	1106	221,2	398,7
HC a E20	5	1141	228,2	162,7
HC a E25	5	1123	224,6	93,3
HC a E30	5	1019	203,8	189,7

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	288022,29	6	48003,714	106,46874	5,87E-18	2,4452594
Dentro de los grupos	12624,4	28	450,87143			
Total	300646,69	34				

Comprobación de la hipótesis

H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$

H1: al menos uno de las medidas no son iguales

$\alpha = 0,05$

Región critica: f >2,45 con v1 = 6 y v2 = 28 grados de libertad

Decisión: Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-10. Análisis de varianza para las observaciones de hidrocarburos tomadas a 2500 rpm. Fuente: Los autores.

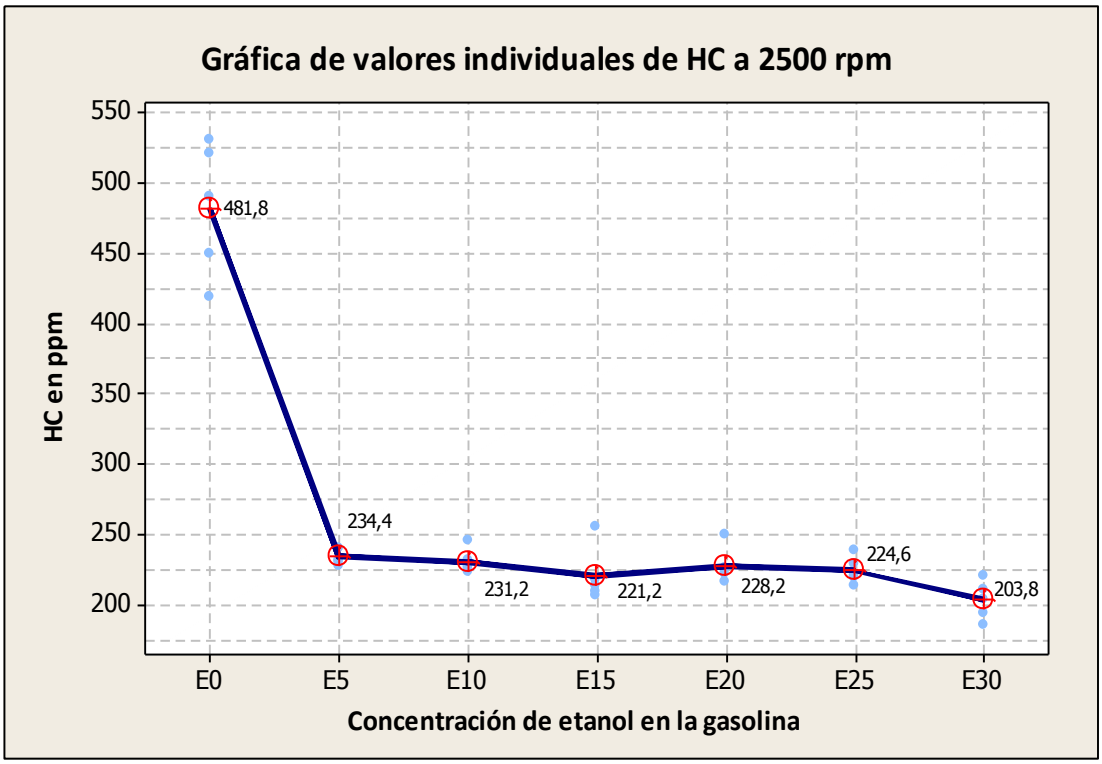
Con base a los resultados del análisis de varianza para los hidrocarburos (*HC*) medido a 2500 rpm, decidimos rechazar la hipótesis alterna de que las medias de las

observaciones son iguales. Fundamentándonos en la probabilidad calculada que no sobrepasa el valor establecido de 0,05. Además de que el valor de $F = 106{,}46874$ no se encuentra dentro del rango crítico.

Entonces, aceptamos la hipótesis alterna ya que los tratamientos si influenciaron significativamente en los resultados obtenidos a 2500 rpm.

El comportamiento de la curva de los gases hidrocarburos a 2500 rpm se presentan en la gráfica 4.4-6. Como podemos darnos cuenta este gas contamínate se reduce notablemente, 51,4%, con solo aplicar la concentración E5. Para la concentración de E15 la contaminación disminuye hasta los 2,7% más con respecto E5.

Como vemos la acción de etanol favorece la combustión ya que se queman mejor la mezcla aire-gasolina/etanol, con respecto a una mezcla de aire-gasolina. En definitiva la contaminación disminuyo 57,7% desde E0 hasta E30.



Gráfica 4.4-6. Comportamiento a 2500 rpm de los hidrocarburos en función de la concentración de la mezcla gasolina/etanol. Fuente: Los autores.

4.4.4 Oxigeno

La presencia de oxígeno en los gases de escape indica que la combustión no es perfecta. El oxígeno indica que parte del etanol y el aire no se ha quemado, dando origen a emisiones de hidrocarburos (HC) y de monóxido de carbono (CO). Las mezclas pobres originan una gran emisión de oxígeno y las mezclas ricas casi les eliminan por completo, pero sin llegar a eliminarle.

La medición del oxígeno se realiza sobre la totalidad de los gases emitidos y se indica en porcentaje. Los resultados de las cinco observaciones medidas en ralentí se presentan en la tabla 4-11.

Variación del volumen de Oxigeno (O2) en porcentaje

O2 a E0	***O2 a E5***	***O2 a E10***	***O2 a E15***	***O2 a E20***	***O2 a E25***	***O2 a E30***
0,94	0,81	0,69	0,77	0,69	0,9	0,99
0,65	0,87	0,74	0,95	0,62	0,76	0,96
0,79	0,84	0,7	0,8	0,63	0,86	1,08
0,9	0,92	0,59	0,99	0,73	0,86	1,11
0,85	0,85	0,92	0,86	0,9	0,94	0,9

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	***Cuenta***	***Suma***	***Promedio***	***Varianza***
O2 a E0	5	4,13	0,826	0,01283
O2 a E5	5	4,29	0,858	0,00167
O2 a E10	5	3,64	0,728	0,01457
O2 a E15	5	4,37	0,874	0,00893
O2 a E20	5	3,57	0,714	0,01283
O2 a E25	5	4,32	0,864	0,00448
O2 a E30	5	5,04	1,008	0,00747

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	*0,2944343*	*6*	*0,0490724*	*5,4715939*	*0,0007503*	*2,4452594*
Dentro de los grupos	*0,25112*	*28*	*0,0089686*			
Total	*0,5455543*	*34*				

Comprobación de las hipótesis

H0: $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots\ldots = \mu 7$

H1: al menos dos de las medidas no son iguales.

α=0,05

Región crítica: f > 2,45 con v1 = 6 y v2 =28 grados de libertad

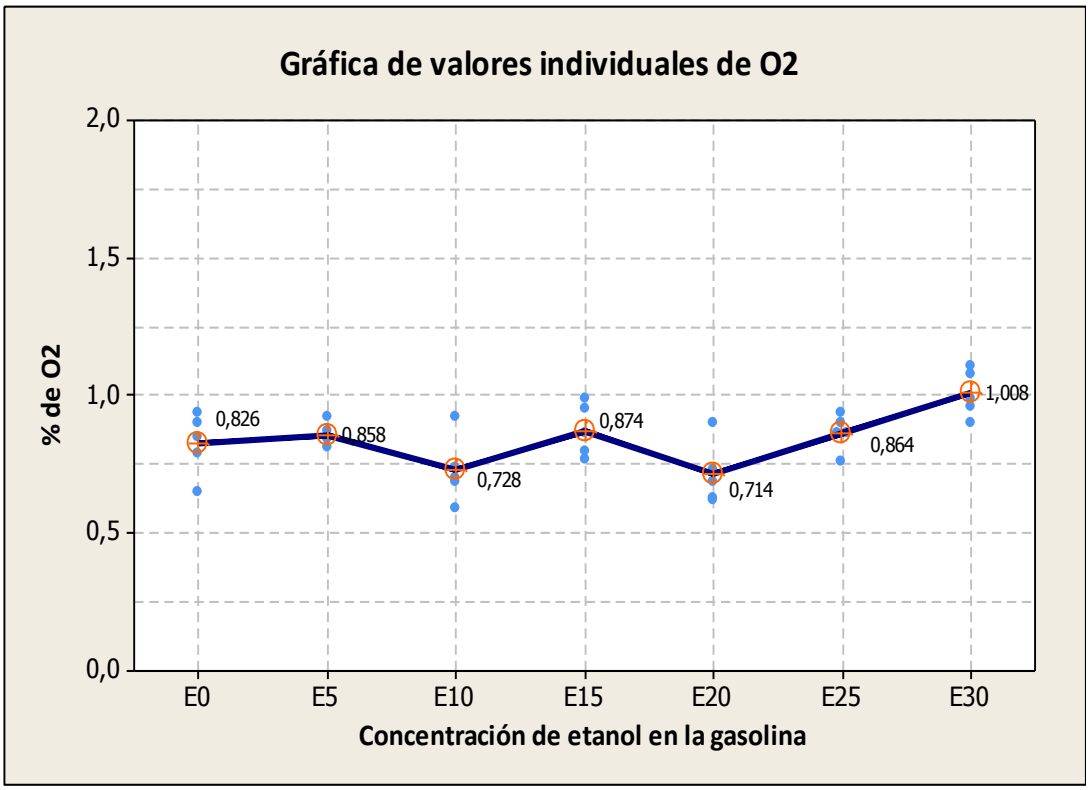
Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-11. Análisis de varianza para las observaciones de oxígenos tomadas en ralentí. Fuente: Los autores.

Según la tabla de análisis de varianza de las observaciones de oxígeno tomadas en ralentí, decidimos rechazar la hipótesis nula ya que la probabilidad calculada no excede el valor permitido $(0{,}05)$ además el valor de $F = 5{,}4715939$ no se encuentra dentro del rango crítico. Por tanto, los tratamientos influenciaron en los resultados.

En la gráfica 4.4-7 presentamos el comportamiento de la curva que toma el oxígeno en función de los diferentes tratamientos.

Los promedios de las concentraciones varían entre $0{,}714\%$ y $1{,}008\%$. Los cuales forman una curva oscilante dentro de los parámetros normales que es 2% máximo de O_2.



Gráfica 4.4-7. Comportamiento del oxígeno medido en ralentí a la salida del tubo de escape. Fuente: Los autores.

Para que los valores medidos de todos los gases sean objeto de comparación es necesario regular la cantidad de aire, caso contrario existirá exceso de oxígenos en la cámara produciendo niveles altos de contaminación. El resultado del analizador de gases sin disminuir la cantidad del aire para una mezcla de E5 se indica en la figura 4-7.

Resultados del Analizador de Gases

CO	0,48	% Vol
CO_2	10,60	% Vol
CO corregido	0,65	% Vol
HC	608	ppm
O_2	4,66	% Vol
NO_x	28	ppm
Lambda	1,236	

Figura 4-7. Gases medidos sin regular la cantidad de aire. Fuente: Analizador de gases MGT 5, UPS.

En la tabla 4-12 presentamos el análisis de varianza para las observaciones de oxigeno tomadas a 2500 rpm.

Variación en porcentaje de volumen del oxígeno (O2)

O2 a E0	***O2 a E5***	***O2 a E10***	***O2 a E15***	***O2 a E20***	***O2 a E25***	***O2 a E30***
0,29	0,17	0,16	0,16	0,19	0,17	0,16
0,21	0,18	0,16	0,16	0,19	0,17	0,16
0,27	0,17	0,16	0,16	0,19	0,18	0,16
0,25	0,18	0,16	0,16	0,19	0,18	0,16
0,28	0,18	0,16	0,16	0,2	0,19	0,16

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	**Cuenta**	***Suma***	***Promedio***	***Varianza***
O2 a E0	5	1,3	0,26	0,001
O2 a E5	5	0,88	0,176	3E-05
O2 a E10	5	0,8	0,16	0
O2 a E15	5	0,8	0,16	0
O2 a E20	5	0,96	0,192	0,00002
O2 a E25	5	0,89	0,178	7E-05
O2 a E30	5	0,8	0,16	0

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	0,038337	6	0,006389	39,9345	1,842E-12	2,445259
Dentro de los grupos	0,00448	28	0,00016			
Total	0,042817	34				

Comprobación de la hipótesis

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7

H1: al menos uno de las medidas no son iguales

α = 0,05

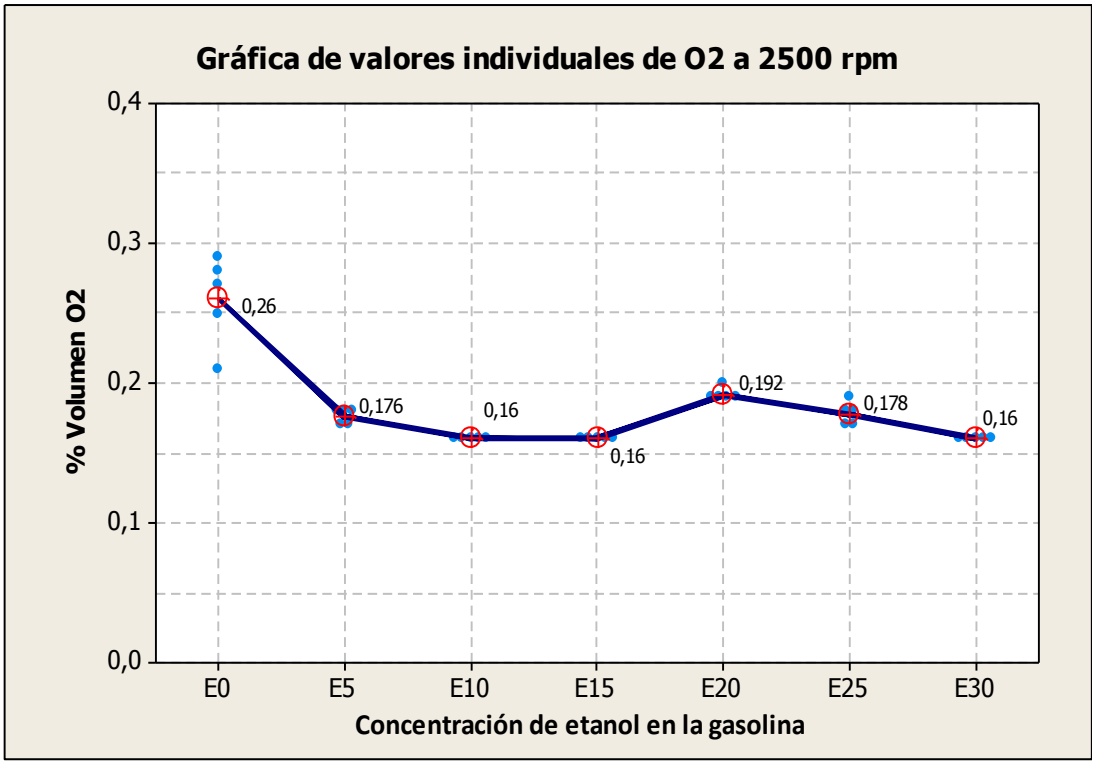
Región critica: f >2,45 con v1 = 6 y v2 = 28 grados de libertad

Decisión: Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-12. Análisis de varianza para las observaciones de oxigeno tomadas a 2500 rpm. Fuente: Los autores.

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en las observaciones del oxígeno a 2500 rpm, decidimos rechazar la hipótesis nula (H0) ya que la probabilidad calculada no excede el valor crítico de 0,05. Además el valor de F=39,934524 no se encuentra dentro del valor crítico. Por lo tanto los tratamientos influenciaron en los resultados.

En la gráfica de valores individuales 4,4-8 se presenta el comportamiento del oxígeno a 2500 rpm, se puede observar que con una mezcla de E5, el oxígeno baja el 32,3%. A partir de esta mezcla el nivel del oxígeno medido en los restantes tratamientos comienza a oscilar entre los valores de 0,16% y 0,19%, entonces podemos decir que con la mezcla del etanol en la gasolina el oxígeno baja para luego mantenerse en un rango independientemente de la cantidad de la mezcla.



Gráfica 4.4-8. Comportamiento del oxígeno medido a 2500 rpm. Fuente: Los autores

4.4.5 Lambda

En la tabla 4-13 se presenta las cinco observaciones de lambda a las cuales se realizara el análisis de varianza con la finalidad de considerar a los tratamientos como influyentes en los resultados.

Variación de Lambda (λ)						
λ a E0	***λ a E5***	***λ a E10***	***λ a E15***	***λ a E20***	***λ a E25***	***λ a E30***
1,008	1,001	1,007	1,001	1,001	1,006	1,008
0,997	1,001	1,001	1,009	0,997	1	1,004
1	1,003	1,007	1,002	1,003	1,003	1,004
1,003	1,005	1	1,006	1,008	1,008	1,008

1,008	1,001	1,003	1,009	1,001	1,003	1

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	***Cuenta***	***Suma***	***Promedio***	***Varianza***
λ a E0	5	5,016	1,0032	2,37E-05
λ a E5	5	5,011	1,0022	3,2E-06
λ a E10	5	5,018	1,0036	1,08E-05
λ a E15	5	5,027	1,0054	1,43E-05
λ a E20	5	5,01	1,002	1,6E-05
λ a E25	5	5,02	1,004	9,5E-06
λ a E30	5	5,024	1,0048	0,0000112

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	4,76E-05	6	7,933E-06	0,6260804	0,7079668	2,4452594
Dentro de los grupos	0,0003548	28	1,267E-05			
Total	0,0004024	34				

Comprobación de las hipótesis

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7

H1: al menos dos de las medidas no son iguales.

α=0,05

Región crítica: f > 2,45 con v1 = 6 y v2 =28 grados de libertad

Decisión: aceptamos H0 de que las medias son iguales

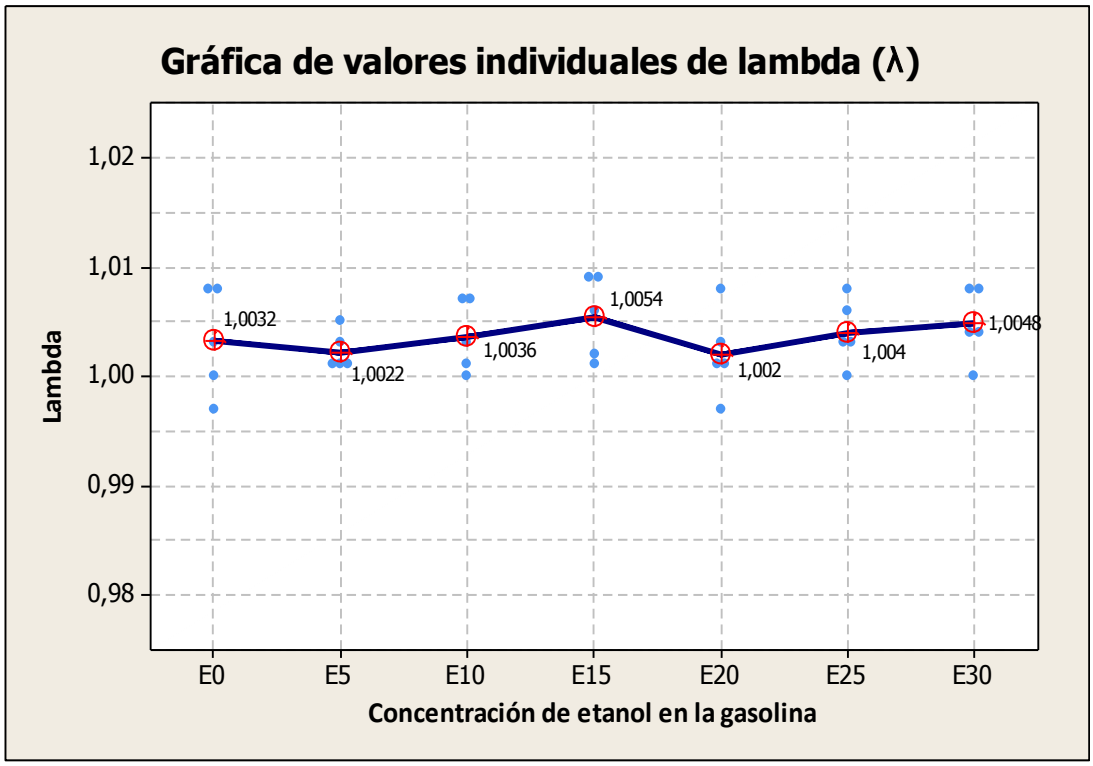
Tabla 4-13. Análisis de la varianza para las observaciones de lambda tomadas en ralentí. Fuente: Los autores.

En base a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de las observaciones de lambda en ralentí, concluimos que se debe aceptar la hipótesis nula (H0) de que todas

las medias son iguales ya que la probabilidad calculada excede el valor crítico de 0,05. Además el valor de F = 0,6260804 está dentro del valor critico que es de 2,4452594.

Este resultado es conveniente en nuestro análisis de gases debido a que se necesitan realizar comparaciones entre cada gas contaminante. Por lo tanto se necesita mantener el valor de lambda =1. De tal manera de reducir la cantidad de oxigeno que proviene del aire ya que va ser remplazado con el oxígeno de etanol.

El comportamiento de la curva de lambda medido en ralentí se presenta en la gráfica 4,4-9. Lambda están entre 1,0022 y 1,0054 con esto podemos decir que en todas las mezclas el valor de lambda se mantiene constante.



Gráfica 4.4-9. Comportamiento de las observaciones de lambda tomadas en ralentí. Fuente: Los autores.

Las cinco observaciones de lambda tomadas a 2500 rpm son presentadas en la tabla 4-14 las cuales serán sometidas a una prueba de medias para determinar sin varían significativamente.

Variación del valor lambda (λ)

λ a E0	***λ a E5***	***λ a E10***	***λ a E15***	***λ a E20***	***λ a E25***	***λ a E30***
0,793	0,828	0,837	0,863	0,879	0,897	0,923
0,801	0,827	0,836	0,86	0,879	0,893	0,92
0,802	0,828	0,835	0,859	0,879	0,891	0,916
0,795	0,828	0,834	0,858	0,879	0,89	0,917
0,801	0,828	0,833	0,858	0,874	0,889	0,914

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	***Cuenta***	***Suma***	***Promedio***	***Varianza***
λ a E0	5	3,992	0,7984	0,0000168
λ a E5	5	4,139	0,8278	0,0000002
λ a E10	5	4,175	0,835	0,0000025
λ a E15	5	4,298	0,8596	4,3E-06
λ a E20	5	4,39	0,878	5E-06
λ a E25	5	4,46	0,892	0,00001
λ a E30	5	4,59	0,918	0,0000125

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	***Suma de cuadrados***	***Grados de libertad***	***Promedio de los cuadrados***	***F***	***Probabilidad***	***Valor crítico para F***
Entre grupos	0,0507532	6	0,0084589	1154,2313	3,511E-32	2,4452594
Dentro de los grupos	0,0002052	28	7,329E-06			
Total	0,0509584	34				

Comprobación de la hipótesis

H0: μ1 = μ2 = μ3……= μ7

H1: al menos uno de las medidas no son iguales

α = 0,05

Región critica: f >2,45 con v1 = 6 y v2 = 28 grados de libertad

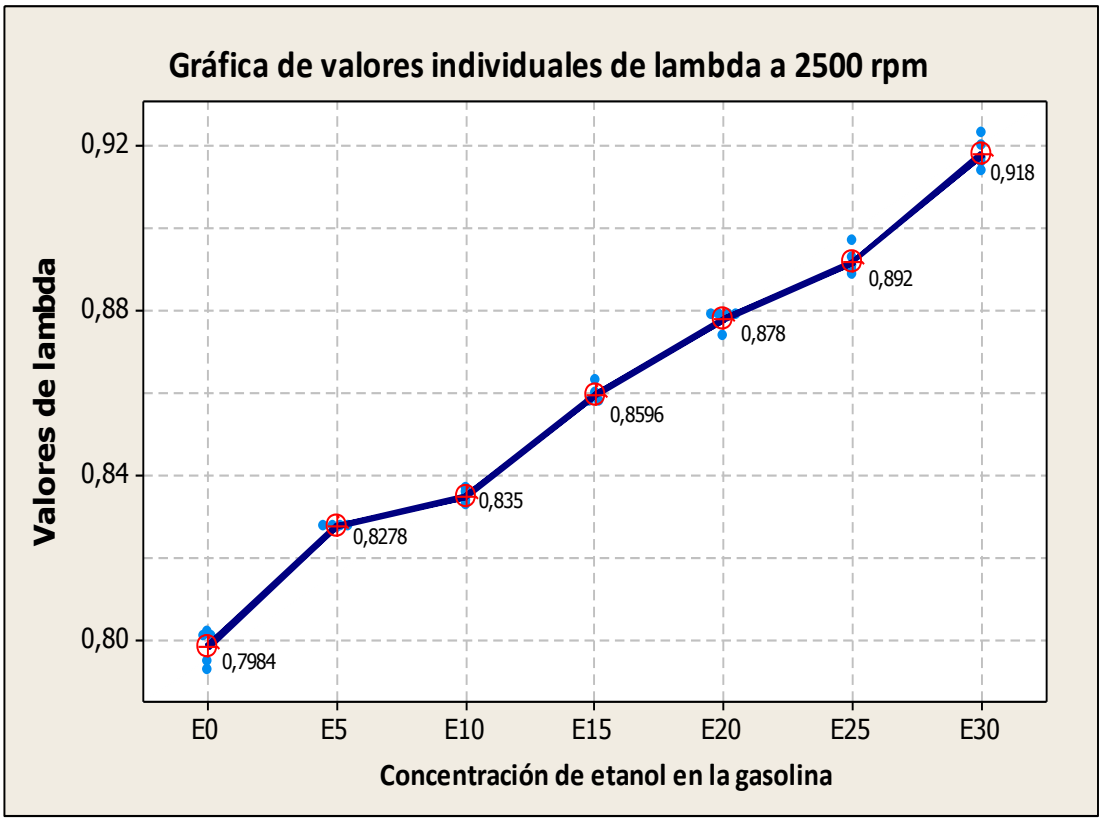
Decisión: Decisión: rechazar H0 de que las medias son iguales y aceptar la H1 de que al menos dos de las medias no son iguales.

Tabla 4-14. Análisis de la varianza para las observaciones de lambda tomadas a 2500 rpm. Fuente: Los autores.

Con base a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, de las observaciones de lambda a 2500 rpm, concluimos que se debe rechazar la hipótesis nula (H0), ya que la probabilidad calculada no excede el valor crítico de 0,05. Además el valor de F =1154,2313 no está dentro del valor critico que es de 2,4452594. Por lo tanto los tratamientos influenciaron en los resultados.

El comportamiento de la curva se presenta en la gráfica 4.4-10. En la gráfica de los valores individuales de lambda a 2500 rpm, tiene un incremento promedio de 2,34% para cada mezcla.

Sabiendo que para valores de lambda comprendidos en 0,85 y 0,95 se genera el máximo de potencia, en nuestro caso tendríamos que partir de los tratamientos comprendidos entre E15 y E30 la mayor potencia del motor J15.



Gráfica 4.4-10. Comportamiento de las observaciones de ralentí tomadas a 2500 rpm. Fuente: Los autores

4.5 Análisis dinámico de gases bajo carga

El objetivo es determinar la variación de los gases bajo carga, en donde los niveles de contaminación se mantengan estables en cada una de las concentraciones, es decir, cuando el motor alcance una velocidad constante en marcha directa. En el anexo 3-2 presentamos los resultados del analizador de gases.

4.5.1 Monóxido de carbono

En la siguiente tabla mostramos el resumen de las emisiones de monóxido de carbono obtenidas en las pruebas dinámicas en función de la concentración del etanol en la gasolina.

Concentración	*20 seg.*	*40 seg.*	*60 seg.*	*80 seg.*
E0	9,14%	9,58%	9,89%	9,71%
E5	9,51%	10,25%	9,5%	9,85%
E10	8,25%	9,13%	8,97%	8,92%
E15	8%	8,15%	8,33%	8,22%
E20	6,21%	7,19%	7,2%	7,09%
E25	6,56%	7,17%	7,12%	6,84%
E30	5,8%	5,88%	5,97%	5,93%

Tabla 4-15. Datos de CO obtenidos a diferentes concentraciones en la prueba dinámica. Fuente: equipo de gases MAHA MGT5. UPS. Laboratorio automotriz

En todas las concentraciones hasta los 40 segundos de prueba los niveles de monóxido de carbono varían entre 10,25% y 5,8% debido a las condiciones de manejo y a los esfuerzos por los cambios de marcha.

En 60 segundos de prueba los niveles de monóxido de carbono se estabilizan debido a la velocidad constante alcanzado por el motor en marcha directa. Entonces, entre E0 y E5 la contaminación de CO disminuye 4% y 9,3% hasta llegar a E10. El nivel más bajo de CO se da en E30 disminuyendo 40% con respecto a E0.

4.5.2 Hidrocarburos

En la tabla 4-16 resumimos los niveles de hidrocarburos analizados en diferentes concentraciones de gasolina/etanol.

Concentración	*20 seg.*	*40 seg.*	*60 seg.*	*80 seg.*
E0	658 ppm	584 ppm	552 ppm	540 ppm
E5	598 ppm	449 ppm	431 ppm	432 ppm
E10	868 ppm	388 ppm	350 ppm	357 ppm
E15	401 ppm	394 ppm	352 ppm	349 ppm
E20	694 ppm	370 ppm	337 ppm	328 ppm
E25	409 ppm	351 ppm	324 ppm	320 ppm
E30	421 ppm	366 ppm	354 ppm	359 ppm

Tabla 4-16. Datos de hidrocarburos obtenidos a diferentes concentraciones en la prueba dinámica. Fuente: equipo de gases MAHA MGT5. UPS. Laboratorio automotriz

Los niveles de contaminación HC en ppm tienen oscilaciones en los primeros 40 segundos de prueba debido a las condiciones de manejo. A partir de 60 segundos las ppm de HC se estabiliza y tiende a disminuir según aumente el grado de concentración del etanol.

Desde E0 hasta E5 en 60 segundos de ensayo la contaminación disminuye 21,9%. Mientras que, hasta E10 se reduce 36,5% con respecto a E0. Las ppm de HC más baja se registran en E25, siendo de 41% menos con respecto a E0.

4.5.3 Óxidos de nitrógeno

Una pequeña parte del nitrógeno contenido en el aire de admisión reacciona, a altas temperaturas de combustión, con el oxígeno del etanol y del mismo aire. Los niveles de NOx obtenidos del analizador de gases en todas las concentraciones se presentan en la siguiente tabla.

Concentración	*20 seg.*	*40 seg.*	*60 seg.*	*80 seg.*
E0	46 ppm	61 ppm	80 ppm	58 ppm
E5	46 ppm	58 ppm	58 ppm	54 ppm
E10	54 ppm	72 ppm	68 ppm	68 ppm
E15	52 ppm	73 ppm	70 ppm	70 ppm
E20	59 ppm	81 ppm	90 ppm	82 ppm
E25	80 ppm	93 ppm	77 ppm	87 ppm
E30	166 ppm	151 ppm	164 ppm	155 ppm

Tabla 4-17. Datos de óxidos de nitrógeno obtenidos a diferentes concentraciones en la prueba dinámica. Fuente: Equipo de gases MAHA MGT5.UPS.Laboratorio automotriz

Los niveles de contaminación de los NOx en ppm aumentan en función de la concentración del oxígeno dentro de la cámara de combustión y con el tiempo de duración del ensayo.

En 80 segundos de ensayo a E20 las contaminación de NOx aumenta el 41% con respecto a E0. La contaminación más alta de la tabla 4-17, en el mismo tiempo de ensayo, es más de tres veces mayor con respecto a E0 es decir aumento 167%.

4.5.4 Dióxido de carbono

El resumen de los datos tomados por el analizador de gases se presenta en la tabla 4-18.

Concentración	*20 seg.*	*40 seg.*	*60 seg.*	*80 seg.*
E0	8,5%	8.2%	7,9 %	8,1%
E5	8%	7,7%	8,2%	7,9%
E10	7,9%	8,5%	8,7%	8,70%
E15	9,4%	9,3%	9,2%	9,2%
E20	10%	9,9%	8%	9.9%
E25	10,6%	10%	10,1%	10,2%

E30	9,5%	10,5%	10,6%	10,6%

Tabla 4-18. Datos de dióxido de carbono obtenidos a diferentes concentraciones en la prueba dinámica. Fuente: Equipo de gases MAHA MGT5.UPS. Laboratorio automotriz.

Los niveles de dióxido de carbono aumentan conforme se eleve las concentraciones de etanol, es un claro indicativo de una mejor eficiencia en la combustión. Podemos decir que desde E0 hasta E30 la los niveles de CO_2 aumentan 2,1% de volumen total.

4.5.5 Oxígeno

Los niveles de oxígeno se presentan en la tabla 4-19

Concentración	***20 seg.***	***40 seg.***	***60 seg.***	***80 seg.***
E0	0,6%	0,36%	0,34 %	0,34%
E5	1,14%	0,34%	0,34%	0,34%
E10	1,78%	0,30%	0,30%	0,29%%
E15	0,52%	0,28%	0,25%	0,25%
E20	1,80 %	0,33%	0,30%	0,29%
E25	0,37%	0,24%	0,24%	0,24%
E30	0,47%	0,29%	0,29%	0,29%

Tabla 4-19 Datos de oxigeno obtenidos a diferentes concentraciones en la prueba dinámica. Fuente: Equipo de gases MAHA MGT5.UPS. Laboratorio automotriz.

Los niveles bajos de oxígeno nos indican que la combustión en el interior del cilindro es buena debido a que la mezcla entre combustible y oxigeno es homogénea. Desde E0 hasta E30 la reducción de los niveles de oxígeno es de 5% de volumen total.

CONCLUSIONES:

- Con la puesta a punto del motor J15 logramos verificar y corregir las deficiencias mecánicas del motor obteniendo una mejor eficacia de trabajo y listo para ser sometido a una alimentación de varias mezclas de combustible gasolina/etanol.

- Al final de la puesta a punto del motor conseguimos aumentar la compresión del motor a 120 PSI, todo esto gracias a la reparación y el encamisado de los cilindros del motor J15, consiguiendo además una cilindrada estándar de 1498cc y una relación de compresión de 8,9:1

- Por medio de un análisis investigativo y práctico logramos obtener mezclas de gasolina con etanol en diferentes proporciones sin causar daño a los elementos del motor, siendo 30% la concentración más elevada de etanol anhidro que remplace a la gasolina.

- Mediante el estudio de la composición química de la gasolina, el etanol anhidro y el aire pudimos obtener de manera teórica la Relación Aire Combustible (A/C) para la gasolina y para cada una de las concentraciones de gasolina/etanol.

- Además por medio del cálculo obtuvimos el exceso de oxígeno presente en un kilo mol de combustible para cada una de las concentraciones. El promedio calculado de exceso de oxígeno en cada mezcla es de 3,95%.

- Por medio de la entalpia de combustión obtuvimos el poder calorífico de cada una de las concentraciones, en donde nos dimos cuenta que el PCI entre mezclas E0 y E30 disminuye 5,6% según se incremente la concentración del etanol en la gasolina.

- También por medio de un análisis de laboratorio pudimos corroborar los resultados calculados de PCI ya que tienen una pequeña diferencia de 2,4% entre métodos.

- Con el estudio del ciclo Otto pudimos obtener datos de temperaturas y presiones en todos los estados del ciclo de muestro motor J15, por medio de los cuales pudimos calcular la presión media indicada. Teniendo una variación entre la máxima y la mínima concentraciones de 0,81 bares.

- Además encontramos la potencia indicada para cada una de las mezclas de gasolina/etanol, donde variamos las revoluciones por minuto y la presión media efectiva. Claramente pudimos notar que existe una disminución de la potencia según la cantidad de etanol que remplace a la gasolina.

- También por medio de cálculo y análisis de la dinámica del motor pudimos encontrar las fuerzas producidas por la combustión que producen el momento de giro del motor.

- logramos también entender el funcionamiento y el alcance de los equipos MAHA como son el banco dinamométrico LPS3000 y el analizador de gases MGT5.

- Aplicando las mezclas de gasolina/etanol obtuvimos los datos de potencia y par motor en función de las rpm. Pudiendo darnos cuenta que los dos incrementan su valor según se aumente la cantidad del etanol.

- También por medio del equipo de gases obtuvimos las lecturas de los gases CO, CO_2, HC, NOx, O_2 y los niveles de contaminación que producen la mezcla de los combustibles aplicados, tanto en pruebas estáticas a ralentí y 2500 rpm, como en pruebas dinámicas.

- Mediante el método análisis de varianza pudimos validar los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos, mediante una prueba de medias. Para los cuales presentamos tres observaciones de cada concentración para los datos

de par motor y potencia. Y para los datos de emisión de gases tuvimos cinco observaciones ya sea en ralentí y en 2500 rpm.

- Además podemos decir en base a los estudios realizados que los niveles de monóxido de carbono CO, tanto en pruebas estáticas como en dinámicas, se reducen drásticamente gracias a una mejor combustión que produce el etanol.

- De igual manera las partes por millón de hidrocarburos HC disminuyen considerablemente esto en pruebas estáticas y dinámicas. Gracias a una combustión más eficiente en el interior del cilindro debido a la acción del oxígeno que contiene el etanol.

- En cuanto a los óxidos de nitrógeno su contaminación en partes por millón aumenta hasta tres veces más de su valor inicial debido a la mayor cantidad de oxígeno en la cámara de combustión con el cual puede reaccionar. Aun así los niveles alcanzados no sobrepasan los niveles máximos establecidos.

- El dióxido de carbono corrobora la eficiencia que tiene la combustión ya que sus niveles aumentan en comparación a la concentración inicial. Así también los niveles de oxígeno a la salida del tubo de escape disminuyen indicando que ha mejorado la combustión.

RECOMENDACIONES:

- Una de las recomendaciones a considerar es no utilizar grandes concentraciones de etanol en la gasolina, ya que pruebas realizadas demuestran que a mayor porcentaje de etanol en el combustible provocaría graves fallos en el motor por una mala combustión.

- Con los resultados obtenidos en el capítulo 4 podemos decir que la mejor mezcla a utilizar en este tipo de motor es la E20. Con esta concentración, los gases contaminantes disminuyen la mayor cantidad posible ya que tenemos la cantidad necesaria del oxígeno para una buena combustión. Y a partir de esta concentración, es decir con E25 y E30 la combustión comienza a subir nuevamente, este aumento de contaminación se debe al exceso de aire en la cámara de combustión ya que al tener mayor etanol dentro de la cámara tenemos mayor oxígeno, volviéndose una mezcla pobre.

- Con respecto a las mezclas E10 y E15 el incremento en la variación de la potencia no es muy notable, al utilizar estas concentraciones solamente estaríamos incrementando el coste del combustible ya que no se tiene una mayor ganancia en la potencia del vehículo, por lo que no sería conveniente utilizar estos tipos de concentraciones. Con las mezclas superiores a E20 se puede ver que la potencia sigue incrementándose pero también aumenta la contaminación ambiental por lo que no es recomendable utilizar mezclas superiores al E20.

Anexos

Anexo 1-1

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 935:2010,

Séptima revisión.

Gasolina. Requisitos.

Primera edición.

Anexo 1-2.

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2378:2004.

Aire requisitos.

Primera edición.

Anexo 1-3.

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2478:2009.

Etanol anhidro, requisitos.

Primera Edición.

Anexo 1-4.

PRODUCARGO S.A.

Ficha técnica: Alcohol Etílico Anhidro

Certificado de control de calidad.

Anexo 1-5.

GENGEL, Yanus,

Termodinámica, México 2003, 4ta Edición.

Tabla de entalpia de formación A-26.

Anexo 1-6.

Resultados Obtenidos P.C.-11-014.

Laboratorio de Termodinámica.

Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional.

Anexo 1-7

Tabla de propiedades de gas ideal para el aire.

Fuente: J.H Kennan y J. Kaye, *Gas Tables*, Wiley, New York ,1945.

Disponible en: http://www.wiziq.com/tutorial/73008-TABLA-TERMODINAMICA-DE-AIRE-COMO-GAS-IDEAL

Tabla A.22 Propiedades de gas ideal para el aire

T(K), h y u (kJ/kg), s° (kJ/kg · K)

				cuando $\Delta s = 0$[1]						cuando $\Delta s = 0$	
T	h	u	s°	p^a	v^a	T	h	u	s°	p^a	v^a
200	199,97	142,56	1,29559	0,3363	1707,	450	451,80	322,62	2,11161	5,775	223,6
210	209,97	149,69	1,34444	0,3987	1512,	460	462,02	329,97	2,13407	6,245	211,4
220	219,97	156,82	1,39105	0,4690	1346,	470	472,24	337,32	2,15604	6,742	200,1
230	230,02	164,00	1,43557	0,5477	1205,	480	482,49	344,70	2,17760	7,268	189,5
240	240,02	171,13	1,47824	0,6355	1084,	490	492,74	352,08	2,19876	7,824	179,7
250	250,05	178,28	1,51917	0,7329	979,	500	503,02	359,49	2,21952	8,411	170,6
260	260,09	185,45	1,55848	0,8405	887,8	510	513,32	366,92	2,23993	9,031	162,1
270	270,11	192,60	1,59634	0,9590	808,0	520	523,63	374,36	2,25997	9,684	154,1
280	280,13	199,75	1,63279	1,0889	738,0	530	533,98	381,84	2,27967	10,37	146,7
285	285,14	203,33	1,65055	1,1584	706,1	540	544,35	389,34	2,29906	11,10	139,7
290	290,16	206,91	1,66802	1,2311	676,1	550	554,74	396,86	2,31809	11,86	133,1
295	295,17	210,49	1,68515	1,3068	647,9	560	565,17	404,42	2,33685	12,66	127,0
300	300,19	214,07	1,70203	1,3860	621,2	570	575,59	411,97	2,35531	13,50	121,2
305	305,22	217,67	1,71865	1,4686	596,0	580	586,04	419,55	2,37348	14,38	115,7
310	310,24	221,25	1,73498	1,5546	572,3	590	596,52	427,15	2,39140	15,31	110,6
315	315,27	224,85	1,75106	1,6442	549,8	600	607,02	434,78	2,40902	16,28	105,8
320	320,29	228,42	1,76690	1,7375	528,6	610	617,53	442,42	2,42644	17,30	101,2
325	325,31	232,02	1,78249	1,8345	508,4	620	628,07	450,09	2,44356	18,36	96,92
330	330,34	235,61	1,79783	1,9352	489,4	630	638,63	457,78	2,46048	19,84	92,84
340	340,42	242,82	1,82790	2,149	454,1	640	649,22	465,50	2,47716	20,64	88,99
350	350,49	250,02	1,85708	2,379	422,2	650	659,84	473,25	2,49364	21,86	85,34
360	360,58	257,24	1,88543	2,626	393,4	660	670,47	481,01	2,50985	23,13	81,89
370	370,67	264,46	1,91313	2,892	367,2	670	681,14	488,81	2,52589	24,46	78,61
380	380,77	271,69	1,94001	3,176	343,4	680	691,82	496,62	2,54175	25,85	75,50
390	390,88	278,93	1,96633	3,481	321,5	690	702,52	504,45	2,55731	27,29	72,56
400	400,98	286,16	1,99194	3,806	301,6	700	713,27	512,33	2,57277	28,80	69,76
410	411,12	293,43	2,01699	4,153	283,3	710	724,04	520,23	2,58810	30,38	67,07
420	421,26	300,69	2,04142	4,522	266,6	720	734,82	528,14	2,60319	32,02	64,53
430	431,43	307,99	2,06533	4,915	251,1	730	745,62	536,07	2,61803	33,72	62,13
440	441,61	315,30	2,08870	5,332	236,8	740	756,44	544,02	2,63280	35,50	59,82

1. Datos de p^a y v^a (presión y volumen aparentes) para utilizar en las ecuaciones 6.34 y 6.44, respectivamente.

Nota: En la versión española se utilizan los símbolos p^a y v^a para identificar valores que no son de presión y volumen, respectivamente, sino el resultado de un cierto cálculo, por lo que se les denomina presión y volumen aparentes. Con esto se evita, además, la posible confusión con el concepto de presión relativa.

Tabla A.22 (Continuación)

T(K), h y u (kJ/kg), $s°$ (kJ/kg·K)

				cuando $\Delta s = 0$							cuando $\Delta s = 0$	
T	h	u	$s°$	p_r	v_r	T	h	u	$s°$	p_r	v_r
750	767,29	551,99	2,64737	37,35	57,63	1300	1395,97	1022,82	3,27345	330,9	11,275
760	778,18	560,01	2,66176	39,27	55,54	1320	1419,76	1040,88	3,29160	352,5	10,747
770	789,11	568,07	2,67595	41,31	53,39	1340	1443,60	1058,94	3,30959	375,3	10,247
780	800,03	576,12	2,69013	43,35	51,64	1360	1467,49	1077,10	3,32724	399,1	9,780
790	810,99	584,21	2,70400	45,55	49,86	1380	1491,44	1095,26	3,34474	424,2	9,337
800	821,95	592,30	2,71787	47,75	48,08	1400	1515,42	1113,52	3,36200	450,5	8,919
820	843,98	608,59	2,74504	52,59	44,84	1420	1539,44	1131,77	3,37901	478,0	8,526
840	866,08	624,95	2,77170	57,60	41,85	1440	1563,51	1150,13	3,39586	506,9	8,153
860	888,27	641,40	2,79783	63,09	39,12	1460	1587,63	1168,49	3,41247	537,1	7,801
880	910,56	657,95	2,82344	68,98	36,61	1480	1611,79	1186,95	3,42892	568,8	7,468
900	932,93	674,58	2 84856	75,29	34,31	1500	1635,97	1205,41	3,44516	601,9	7,152
920	955,38	691,28	2,87324	82,05	32,18	1520	1660,23	1223,87	3,46120	636,5	6,854
940	977,92	708,08	2,89748	89,28	30,22	1540	1684,51	1242,43	3,47712	672,8	6,569
960	1000,55	725,02	2,92128	97,00	28,40	1560	1708,82	1260,99	3,49276	710,5	6,301
980	1023,25	741,98	2,94468	105,2	26,73	1580	1733,17	1279,65	3,50829	750,0	6,046
1000	1046,04	758,94	2,96770	114,0	25,17	1600	1757,57	1298,30	3,52364	791,2	5,804
1020	1068,89	776,10	2,99034	123,4	23,72	1620	1782,00	1316,96	3,53879	834,1	5,574
1040	1091,85	793,36	3,01260	133,3	22,39	1640	1806,46	1335,72	3,55381	878,9	5,355
1060	1114,86	810,62	3,03449	143,9	21,14	1660	1830,96	1354,48	3,56867	925,6	5,147
1080	1137,89	827,88	3,05608	155,2	19,98	1680	1855,50	1373,24	3,58335	974,2	4,949
1100	1161,07	845,33	3,07732	167,1	18,896	1700	1880,1	1392,7	3,5979	1025	4,761
1120	1184,28	862,79	3,09825	179,7	17,886	1750	1941,6	1439,8	3,6336	1161	4,328
1140	1207,57	880,35	3,11883	193,1	16,946	1800	2003,3	1487,2	3,6684	1310	3,944
1160	1230,92	897,91	3,13916	207,2	16,064	1850	2065,3	1534,9	3,7023	1475	3,601
1180	1254,34	915,57	3,15916	222,2	15,241	1900	2127,4	1582,6	3,7354	1655	3,295
1200	1277,79	933,33	3,17888	238,0	14,470	1950	2189,7	1630,6	3,7677	1852	3,022
1220	1301,31	951,09	3,19834	254,7	13,747	2000	2252,1	1678,7	3,7994	2068	2,776
1240	1324,93	968,95	3,21751	272,3	13,069	2050	2314,6	1726,8	3,8303	2303	2,555
1260	1348,55	986,90	3,23638	290,8	12,435	2100	2377,4	1775,3	3,8605	2559	2,356
1280	1372,24	1004,76	3,25510	310,4	11,835	2150	2440,3	1823,8	3,8901	2837	2,175
						2200	2503,2	1872,4	3,9191	3138	2,012
						2250	2566,4	1921,3	3,9474	3464	1,864

Fuente: Las tablas A-22 se basan en J. H. Keenan y J. Kaye, *Gas Tables*, Wiley, New York, 1945.

Anexo 2-1

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PAR MOTOR Y POTENCIA REALIZADOS EN EL BANCO DINAMOMÉTRICO MAHA LPS 3000

Valores de la potencia y el par con E0

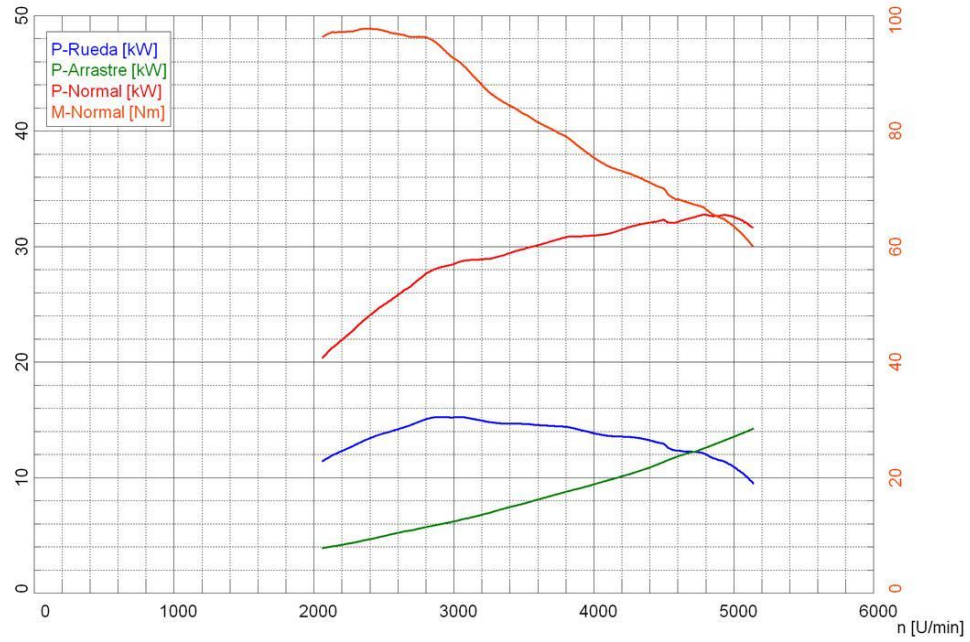
Prueba #1

LPS 3000 LKW

Vehículo:	DATSUN J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA 756	Caja Manual
Probador:	NICO	

Prueba 100% 1

Fecha de la medición: 03.06.2011 (12:42) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	32,7 kW	/	44,5 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	24,6 kW	/	33,4 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	12,1 kW	/	16,4 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	12,5 kW	/	17,0 PS	
Potencia máx.		4690 U/min	/	114,6 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	97,6 Nm			
Par máx.		2330 U/min	/	56,8 km/h	
RPM máx. alcanzado		5140 U/min	/	123,1 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	27,9 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	20,1 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	35,6 %
Presión del aire	p_{Aire}	760,5 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,4 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	51,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: DATSUN J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 100% 1

Fecha de la medición: 03.06.2011 (12:42) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	50,5	11,7	15,6	20,8	96,7	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	52,9	12,3	16,4	21,9	97,0	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,3	12,8	17,2	22,9	97,3	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,005
2400	57,7	13,4	18,0	24,0	97,6	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2500	60,1	13,8	18,7	24,9	97,3	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	62,5	14,2	19,3	25,8	96,7	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,005
2700	65,0	14,6	20,0	26,6	96,1	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	67,4	15,0	20,7	27,6	96,1	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	69,8	15,2	21,1	28,1	94,7	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	72,2	15,2	21,3	28,5	92,5	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,005
3100	74,6	15,1	21,6	28,8	90,5	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,005
3200	77,0	14,9	21,6	28,8	87,9	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3300	79,4	14,7	21,8	29,0	85,8	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	81,8	14,6	22,1	29,4	84,3	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	84,2	14,6	22,3	29,7	82,9	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	86,6	14,5	22,6	30,1	81,5	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,005
3700	89,0	14,4	22,8	30,4	80,2	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	91,4	14,4	23,1	30,8	79,0	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	93,8	14,1	23,1	30,8	77,1	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4000	96,2	13,8	23,2	30,9	75,3	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	98,6	13,6	23,3	31,1	73,9	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4200	101,0	13,5	23,6	31,4	73,0	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4300	103,4	13,4	23,9	31,8	72,1	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4400	105,8	13,2	24,0	32,0	71,0	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,005
4500	108,3	12,9	24,2	32,3	69,9	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4600	110,7	12,3	24,1	32,1	68,0	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4700	113,1	12,2	24,3	32,4	67,3	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,005
4800	115,5	12,0	24,5	32,7	66,4	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4900	117,9	11,5	24,5	32,6	64,9	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
5000	120,3	10,9	24,4	32,5	63,4	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004
5100	122,7	10,0	24,0	31,9	61,0	- 0,01	- 0,24	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Prueba #2

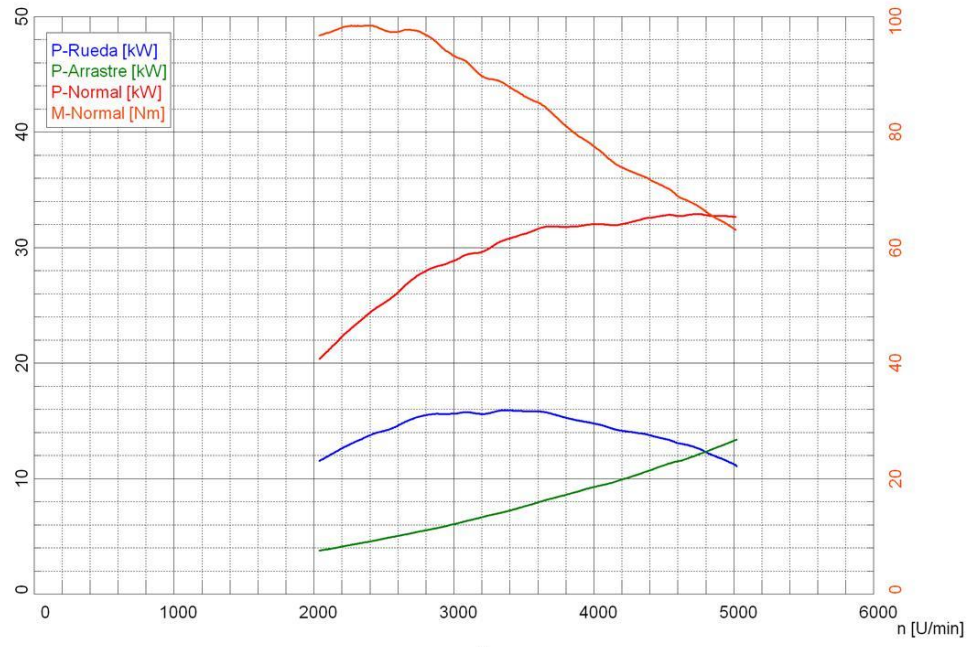
LPS 3000 LKW

Vehículo: DATSUN J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

GASOLINA 100%
PRUE. 2

Fecha de la medición: 03.06.2011 (14:54) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	32,8 kW	/	44,7 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	24,6 kW	/	33,5 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	12,6 kW	/	17,1 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	12,1 kW	/	16,4 PS	
Potencia máx.		4685 U/min	/	114,1 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	98,3 Nm			
Par máx.		2325 U/min	/	56,8 km/h	
RPM máx. alcanzado		5020 U/min	/	120,6 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	26,7 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	19,5 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	39,9 %
Presión del aire	p_{Aire}	759,1 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	14,0 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	70,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,- km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	----- U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,- km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	----- U/min
Deslizamiento		---,-- %

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,--- m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,- N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,--- m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,- N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,- N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0 kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0 kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0 kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: DATSUN J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

GASOLINA 100%
PRUE. 2

Fecha de la medición: 03.06.2011 (14:54) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	50,7	11,9	15,8	21,0	97,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,1	12,6	16,7	22,2	98,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
2300	55,5	13,2	17,5	23,3	98,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2400	57,9	13,7	18,2	24,3	98,3	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,3	14,1	18,9	25,2	97,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	62,7	14,5	19,6	26,1	97,3	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,1	15,1	20,4	27,2	97,5	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	67,5	15,5	20,9	27,9	96,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	69,9	15,6	21,3	28,4	94,9	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	72,4	15,6	21,6	28,8	93,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
3100	74,8	15,7	22,0	29,4	91,9	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3200	77,2	15,6	22,2	29,6	89,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3300	79,6	15,8	22,7	30,3	88,9	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,0	15,9	23,1	30,8	87,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	84,4	15,8	23,3	31,1	86,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	86,8	15,8	23,7	31,6	85,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	89,2	15,6	23,8	31,8	83,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	91,7	15,2	23,8	31,7	81,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	94,1	15,0	23,8	31,8	79,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
4000	96,5	14,7	24,0	32,0	77,5	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
4100	98,9	14,4	23,9	31,9	75,5	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4200	101,3	14,1	24,0	32,0	73,8	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4300	103,7	13,9	24,2	32,3	72,8	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4400	106,1	13,7	24,4	32,5	71,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4500	108,5	13,4	24,5	32,7	70,5	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4600	111,0	13,0	24,5	32,7	68,9	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4700	113,4	12,8	24,6	32,8	67,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4800	115,8	12,3	24,6	32,7	66,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4900	118,2	11,8	24,5	32,7	64,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
5000	120,6	11,2	24,5	32,6	63,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Prueba #3

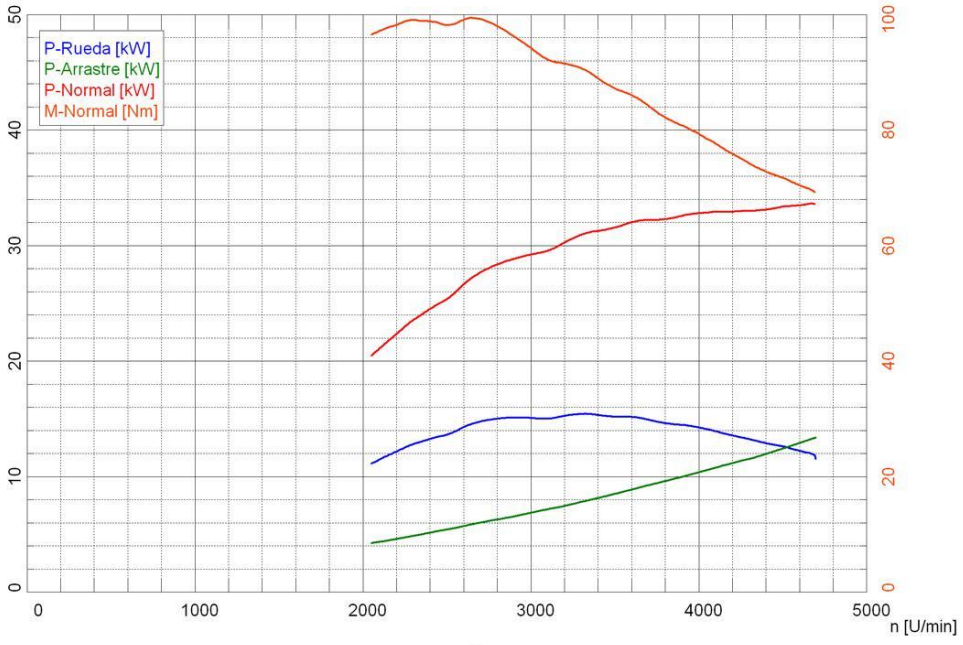
LPS 3000 LKW

Vehículo: DATSUN J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

PRUE. 3
GASOLINA 100%

Fecha de la medición: 03.06.2011 (14:25) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	33,6 kW	/	45,7 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	25,2 kW	/	34,2 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	11,9 kW	/	16,2 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	13,3 kW	/	18,0 PS	
Potencia máx.		4620 U/min	/	112,7 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	99,3 Nm			
Par máx.		2610 U/min	/	63,6 km/h	
RPM máx. alcanzado		4695 U/min	/	113,2 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	27,7 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	19,9 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	35,0 %
Presión del aire	p_{Aire}	759,3 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,0 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	66,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: DATSUN J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

PRUE. 3
GASOLINA 100%

Fecha de la medición: 03.06.2011 (14:25) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	50,7	11,5	15,8	21,1	97,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,1	12,1	16,7	22,3	98,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,5	12,8	17,6	23,5	99,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
2400	57,9	13,2	18,3	24,5	98,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2500	60,3	13,6	19,0	25,3	98,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
2600	62,7	14,3	19,9	26,6	99,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,1	14,7	20,7	27,7	99,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	67,6	15,0	21,2	28,3	97,9	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	70,0	15,1	21,6	28,8	96,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	72,4	15,0	21,9	29,2	94,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	74,8	15,0	22,1	29,5	92,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,005
3200	77,2	15,2	22,7	30,2	91,4	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3300	79,6	15,4	23,2	30,9	90,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,0	15,3	23,4	31,2	88,9	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	84,4	15,1	23,6	31,5	87,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	86,9	15,1	24,0	32,0	86,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	89,3	14,9	24,1	32,2	84,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	91,7	14,6	24,2	32,2	82,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	94,1	14,4	24,4	32,5	80,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4000	96,5	14,2	24,6	32,8	79,3	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	98,9	13,9	24,6	32,9	77,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4200	101,3	13,5	24,7	32,9	75,8	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	103,8	13,2	24,7	32,9	74,1	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4400	106,2	12,9	24,8	33,1	72,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4500	108,6	12,6	25,0	33,3	71,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4600	111,0	12,2	25,1	33,4	70,3	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Valores de la potencia y el par con E5

Prueba #1

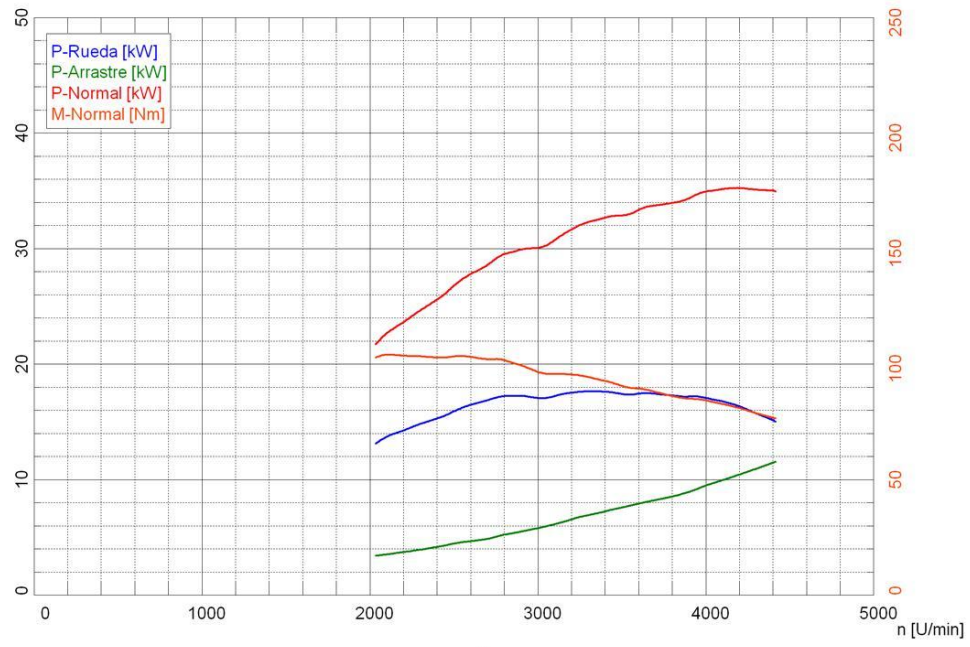
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun 1500 J15
Matrícula: ABA756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3GSL 95%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 16.06.2011 (14:17) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	35,2 kW	/	47,9 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	26,7 kW	/	36,3 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	16,4 kW	/	22,3 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	10,3 kW	/	14,0 PS	
Potencia máx.		4150 U/min	/	101,2 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	103,9 Nm			
Par máx.		2100 U/min	/	51,1 km/h	
RPM máx. alcanzado		4415 U/min	/	106,9 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,5 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	13,6 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	52,3 %
Presión del aire	p_{Aire}	760,7 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	11,9 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	81,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun 1500 J15
Matrícula: ABA756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3GSL 95%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 16.06.2011 (14:17) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	50,9	13,7	17,2	22,6	103,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,4	14,2	17,9	23,6	103,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,8	14,8	18,7	24,6	103,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,004
2400	58,2	15,3	19,4	25,5	102,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,002
2500	60,6	15,9	20,3	26,7	103,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2600	63,1	16,4	21,1	27,8	102,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,5	16,8	21,7	28,5	101,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	67,9	17,2	22,4	29,5	101,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	70,3	17,2	22,7	29,9	99,3	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3000	72,8	17,0	22,8	30,0	96,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	75,2	17,2	23,3	30,7	95,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3200	77,6	17,5	24,0	31,6	95,3	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,0	17,6	24,5	32,2	94,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,5	17,6	24,8	32,6	92,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3500	84,9	17,4	24,9	32,8	90,4	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	87,3	17,4	25,3	33,3	89,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	89,7	17,4	25,6	33,7	87,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	92,2	17,2	25,7	33,9	86,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,6	17,1	26,1	34,3	84,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
4000	97,0	17,0	26,5	34,9	84,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	99,4	16,7	26,7	35,1	82,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4200	101,9	16,3	26,7	35,2	80,8	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	104,3	15,7	26,6	35,0	78,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4400	106,7	15,1	26,5	35,0	76,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

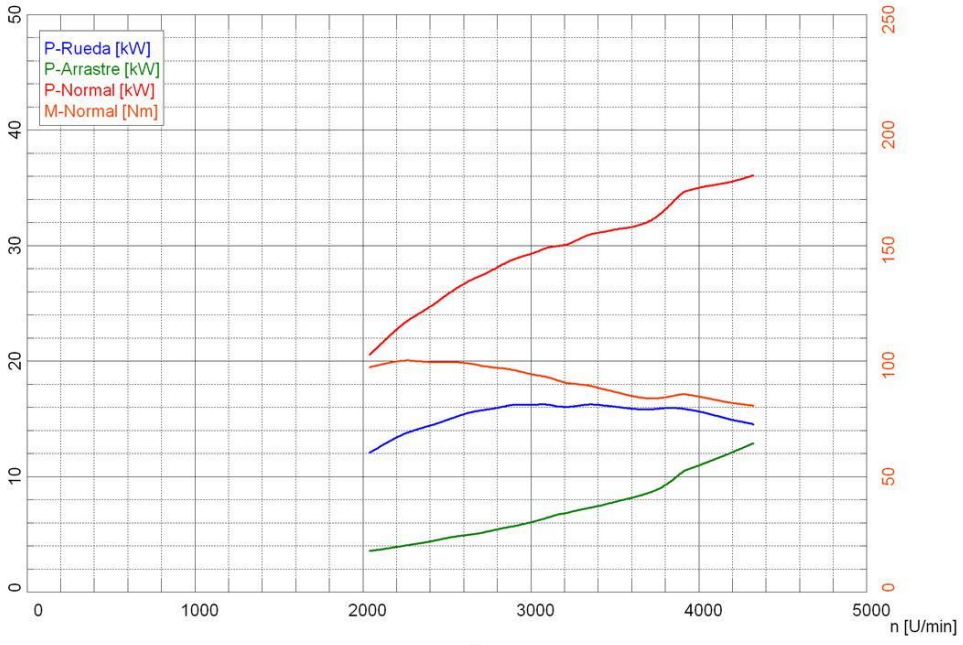
Prueba #2

LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun 1500 J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA756	Caja Manual
Probador:	NICO	

Prueba 2GSL 95%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 16.06.2011 (14:12) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	36,0 kW	/ 48,9	PS
Potencia motor	P_{Mot}	27,3 kW	/ 37,2	PS
Potencia ruedas	P_{Rueda}	14,5 kW	/ 19,7	PS
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	12,8 kW	/ 17,4	PS
Potencia máx.		4270 U/min	/ 104,3	km/h
Par 1)	M_{Normal}	100,0 Nm		
Par máx.		2250 U/min	/ 54,9	km/h
RPM máx. alcanzado		4325 U/min	/ 104,6	km/h

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,2	°C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	13,7	°C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	50,7	%
Presión del aire	p_{Aire}	760,8	hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	11,3	hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	76,0	°C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,-	°C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun 1500 J15
Matrícula: ABA756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2GSL 95%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 16.06.2011 (14:12) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	50,8	12,5	16,2	21,3	98,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,2	13,4	17,2	22,7	99,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,6	13,9	18,0	23,8	99,9	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,0	14,4	18,7	24,7	99,3	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,4	14,9	19,5	25,7	99,3	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	62,9	15,4	20,2	26,6	99,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,3	15,7	20,8	27,3	97,9	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	67,7	15,9	21,3	28,1	96,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2900	70,1	16,2	21,8	28,8	95,9	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	72,5	16,2	22,2	29,2	94,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3100	74,9	16,2	22,6	29,8	92,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3200	77,4	16,0	22,8	30,0	90,5	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	79,8	16,1	23,2	30,6	89,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,2	16,2	23,6	31,1	88,3	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	84,6	16,0	23,8	31,3	86,5	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	87,0	15,8	24,0	31,6	84,7	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	89,5	15,8	24,3	32,0	83,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,004
3800	91,9	15,9	25,1	33,1	84,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,3	15,8	26,2	34,5	85,4	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	96,7	15,6	26,5	34,9	84,4	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	99,1	15,2	26,7	35,2	83,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	101,5	14,9	26,9	35,5	81,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	104,0	14,6	27,3	35,9	80,7	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

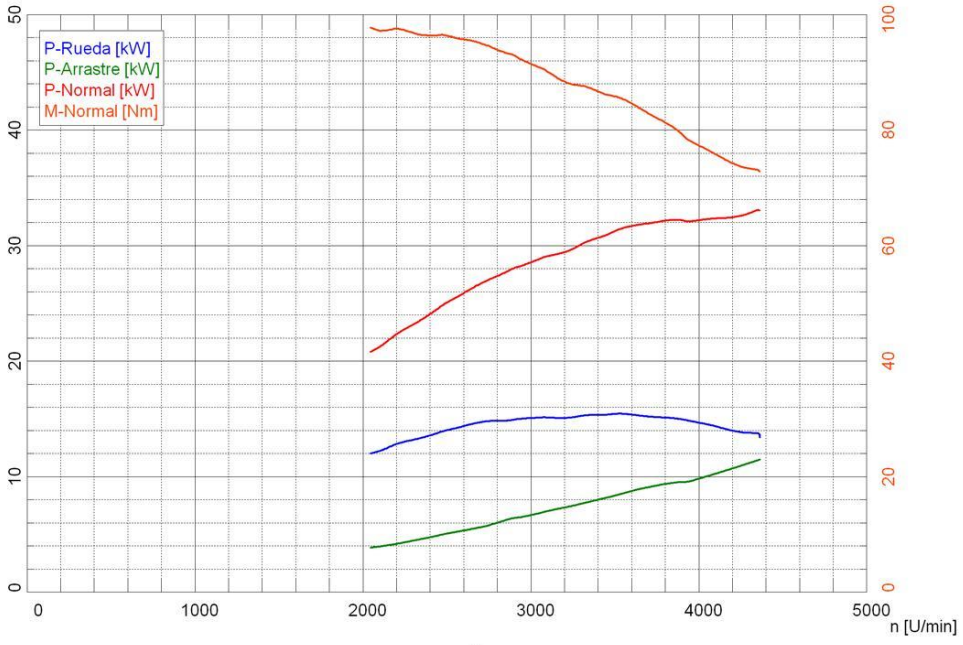
Prueba #3

LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun 1500 J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA756	Caja Manual
Probador:	NICO	

Prueba 1 GSL 95%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 16.06.2011 (14:06) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	33,1 kW	/ 44,9	PS
Potencia motor	P_{Mot}	25,1 kW	/ 34,1	PS
Potencia ruedas	P_{Rueda}	13,7 kW	/ 18,6	PS
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	11,4 kW	/ 15,5	PS
Potencia máx.		4335 U/min	/ 105,1	km/h
Par 1)	M_{Normal}	97,7 Nm		
Par máx.		2020 U/min	/ 49,2	km/h
RPM máx. alcanzado		4365 U/min	/ 105,3	km/h

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	18,5	°C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	13,5	°C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	52,5	%
Presión del aire	p_{Aire}	760,9	hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	11,2	hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	72,0	°C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,-	°C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun 1500 J15
Matrícula: ABA756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 1 GSL 95%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 16.06.2011 (14:06) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	50,7	12,2	16,1	21,2	97,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2200	53,1	12,8	16,9	22,3	97,4	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2300	55,5	13,2	17,6	23,1	96,7	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	57,9	13,5	18,3	24,0	96,3	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,3	14,0	19,0	25,0	96,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	62,7	14,3	19,6	25,8	95,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,2	14,7	20,3	26,7	94,9	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	67,6	14,8	20,8	27,3	93,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,0	14,9	21,3	28,0	92,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	72,4	15,0	21,7	28,5	91,4	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	74,8	15,1	22,1	29,0	90,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,2	15,0	22,3	29,4	88,3	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	79,6	15,2	22,8	30,1	87,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3400	82,0	15,3	23,3	30,6	86,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	84,5	15,4	23,7	31,2	85,7	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	86,9	15,3	24,0	31,6	84,5	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	89,3	15,2	24,2	31,9	82,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	91,7	15,1	24,4	32,1	81,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,1	14,9	24,4	32,1	79,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	96,5	14,6	24,4	32,1	77,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
4100	98,9	14,3	24,5	32,3	75,7	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	101,3	13,9	24,6	32,4	74,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	103,8	13,7	24,9	32,8	73,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Valores de la potencia y el par con E10

Prueba #1

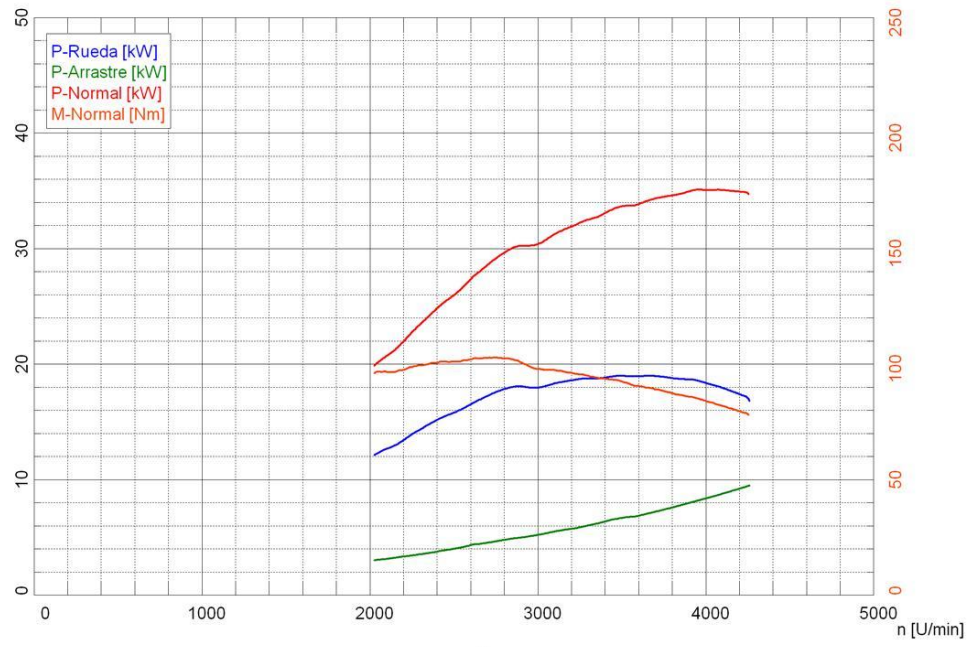
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3 GSL 90%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 17.06.2011 (21:43) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	35,1 kW	/	47,7 PS
Potencia motor	P_{Mot}	26,7 kW	/	36,3 PS
Potencia ruedas	P_{Rueda}	18,5 kW	/	25,1 PS
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	8,2 kW	/	11,1 PS
Potencia máx.		3940 U/min	/	96,2 km/h
Par 1)	M_{Normal}	102,7 Nm		
Par máx.		2710 U/min	/	66,4 km/h
RPM máx. alcanzado		4260 U/min	/	103,5 km/h

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	20,0 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,5 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,0 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,2 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	14,3 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	76,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3 GSL 90%
Continua a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 17.06.2011 (21:43) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,1	12,6	15,7	20,7	96,4	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,5	13,4	16,7	21,9	97,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2300	56,0	14,3	17,8	23,4	99,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,4	15,1	18,9	24,8	100,4	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,8	15,8	19,7	25,9	100,9	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	63,3	16,5	20,8	27,3	101,8	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,7	17,2	21,7	28,5	102,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,1	17,8	22,5	29,6	102,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,6	18,0	23,0	30,2	100,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	73,0	17,9	23,1	30,3	97,7	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3100	75,4	18,3	23,8	31,2	97,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,9	18,6	24,3	31,9	96,0	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,3	18,7	24,7	32,5	94,7	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3400	82,7	18,8	25,1	33,0	93,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	85,2	18,9	25,6	33,6	92,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3600	87,6	18,9	25,7	33,8	90,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3700	90,0	18,9	26,1	34,3	88,9	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	92,5	18,7	26,3	34,6	87,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	94,9	18,6	26,6	34,9	85,7	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,4	18,3	26,7	35,0	83,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	99,8	17,9	26,7	35,0	81,7	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4200	102,2	17,4	26,6	34,9	79,4	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

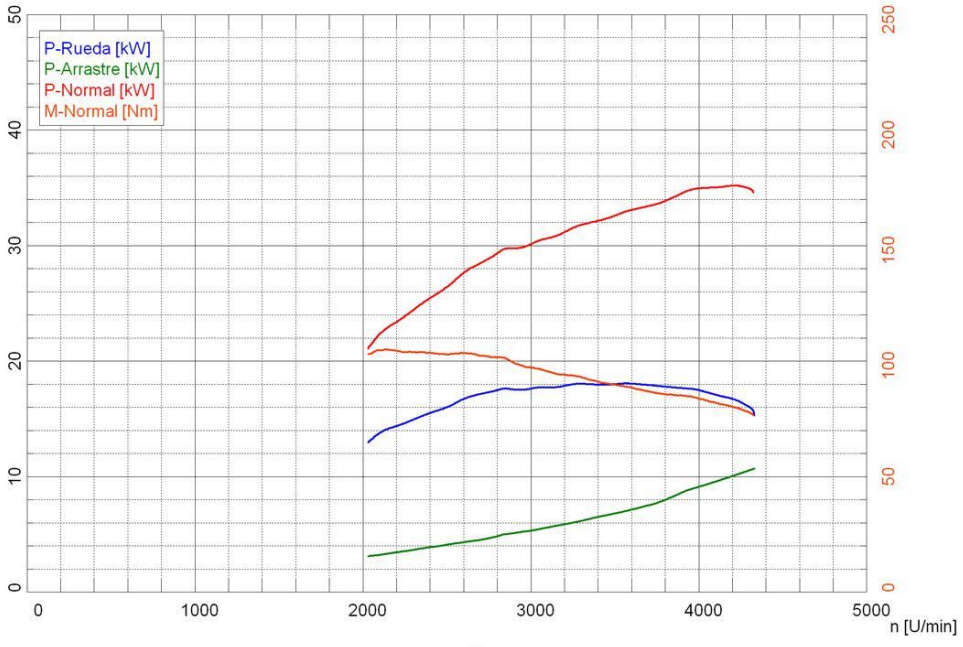
Prueba #2

LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA 756	Caja Manual
Probador:	nico	

Prueba 1 a GSL 90%
Continua a 5200 RPM
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 17.06.2011 (20:44) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	35,2 kW	/ 47,8 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	26,7 kW	/ 36,3 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	16,6 kW	/ 22,6 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	10,1 kW	/ 13,7 PS	
Potencia máx.		4190 U/min	/ 102,2 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	104,8 Nm		
Par máx.		2120 U/min	/ 51,6 km/h	
RPM máx. alcanzado		4330 U/min	/ 105,0 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	18,9 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	13,0 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,3 %
Presión del aire	p_{Aire}	760,6 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,4 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	74,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 1 a GSL 90%
Continua a 5200 RPM
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 17.06.2011 (20:44) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,0	13,8	16,9	22,3	104,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,4	14,3	17,7	23,3	104,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2300	55,8	14,9	18,5	24,4	103,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,2	15,5	19,3	25,4	103,4	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,7	16,0	20,0	26,4	102,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	63,1	16,7	21,0	27,6	103,3	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,5	17,1	21,6	28,4	102,1	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	67,9	17,5	22,3	29,3	101,5	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	70,4	17,5	22,6	29,7	99,2	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	72,8	17,6	22,9	30,1	97,0	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	75,2	17,7	23,2	30,6	95,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,6	17,8	23,7	31,1	93,9	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,1	18,0	24,1	31,8	92,9	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3400	82,5	17,9	24,4	32,1	91,0	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	84,9	18,0	24,7	32,6	89,6	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3600	87,4	18,0	25,1	33,0	88,3	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	89,8	17,9	25,4	33,4	86,7	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	92,2	17,7	25,7	33,8	85,4	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,6	17,6	26,2	34,5	84,9	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,1	17,4	26,5	34,9	83,5	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,001	- 0,003
4100	99,5	17,1	26,6	35,0	81,8	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	101,9	16,7	26,7	35,1	80,0	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	104,3	16,0	26,5	34,9	77,7	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

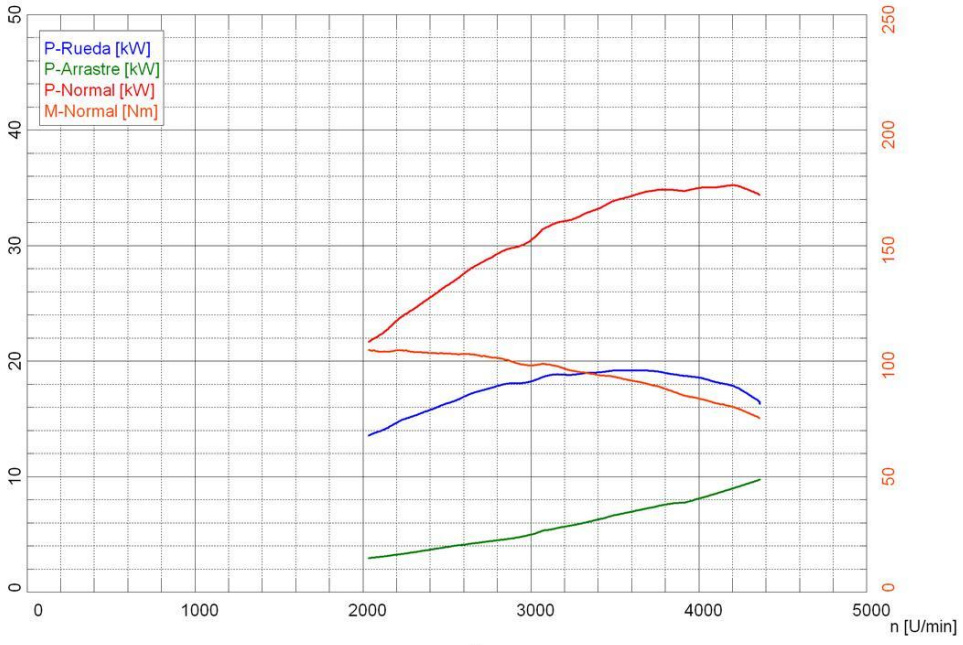
Prueba #3

LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA 756	Caja Manual
Probador:	Nico	

Prueba 2 GSL 90%
Continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 17.06.2011 (21:37) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	35,2 kW	/	47,8 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	26,8 kW	/	36,4 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,8 kW	/	24,2 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	9,0 kW	/	12,2 PS	
Potencia máx.		4190 U/min	/	102,2 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	104,6 Nm			
Par máx.		2015 U/min	/	49,3 km/h	
RPM máx. alcanzado		4365 U/min	/	106,1 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	20,0 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,6 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,1 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,2 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	14,3 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	76,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2 GSL 90%
Continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 17.06.2011 (21:37) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,1	13,9	16,9	22,2	103,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,5	14,6	17,8	23,4	104,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	56,0	15,2	18,6	24,5	103,8	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2400	58,4	15,7	19,4	25,5	103,3	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,8	16,3	20,2	26,5	103,0	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	63,3	16,9	20,9	27,5	102,8	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,7	17,4	21,7	28,4	102,1	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	68,1	17,8	22,3	29,2	101,1	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,6	18,0	22,7	29,8	99,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	73,0	18,2	23,1	30,4	97,9	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	75,4	18,7	24,0	31,6	98,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,8	18,8	24,4	32,1	96,6	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,3	18,9	24,8	32,6	94,9	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,7	19,0	25,2	33,1	93,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,1	19,1	25,8	33,9	93,0	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3600	87,6	19,1	26,1	34,2	91,3	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	90,0	19,1	26,4	34,6	89,8	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	92,4	18,9	26,5	34,8	87,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	94,9	18,7	26,4	34,7	85,2	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,3	18,5	26,6	34,9	83,6	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	99,7	18,1	26,6	35,0	81,6	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	102,2	17,8	26,8	35,2	80,1	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,002
4300	104,6	17,0	26,5	34,8	77,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Valores de la potencia y el par con E15

Prueba #1

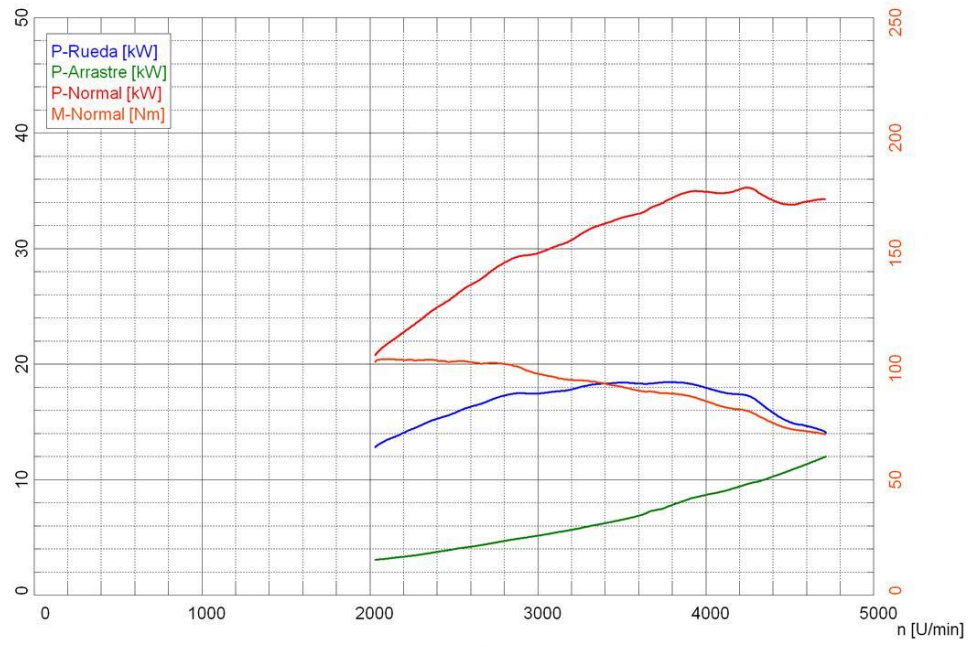
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 1 con GSL 85%
Prueba continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 18.06.2011 (21:31) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	35,2 kW	/	47,9 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	26,8 kW	/	36,5 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,2 kW	/	23,5 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	9,6 kW	/	13,0 PS	
Potencia máx.		4215 U/min	/	102,6 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	101,9 Nm			
Par máx.		2075 U/min	/	50,4 km/h	
RPM máx. alcanzado		4715 U/min	/	114,0 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,4 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,6 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,1 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,6 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,8 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	78,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 1 con GSL 85%
Prueba continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 18.06.2011 (21:31) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,0	13,4	16,5	21,7	101,9	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,4	14,0	17,3	22,7	101,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,8	14,6	18,1	23,8	101,5	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,3	15,2	18,9	24,9	101,4	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,7	15,7	19,6	25,8	100,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	63,1	16,3	20,4	26,8	100,6	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,6	16,7	21,1	27,7	100,1	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,0	17,2	21,9	28,7	99,9	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,002
2900	70,4	17,4	22,3	29,3	98,2	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	72,8	17,4	22,5	29,6	95,6	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3100	75,3	17,6	22,9	30,1	94,2	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,7	17,8	23,4	30,7	92,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,1	18,1	24,0	31,6	92,5	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,002
3400	82,6	18,3	24,5	32,1	91,3	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,0	18,4	24,8	32,6	90,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3600	87,4	18,3	25,1	33,0	88,3	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3700	89,8	18,3	25,6	33,7	87,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	92,3	18,4	26,1	34,3	87,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,7	18,3	26,6	34,9	86,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,1	17,9	26,6	34,9	83,8	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	99,6	17,5	26,5	34,7	81,4	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	102,0	17,3	26,7	35,1	80,2	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	104,4	16,9	26,6	35,0	78,0	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4400	106,8	15,8	26,0	34,1	74,4	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4500	109,3	14,9	25,7	33,8	71,8	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4600	111,7	14,6	25,9	34,0	70,7	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4700	114,1	14,2	26,1	34,2	69,6	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

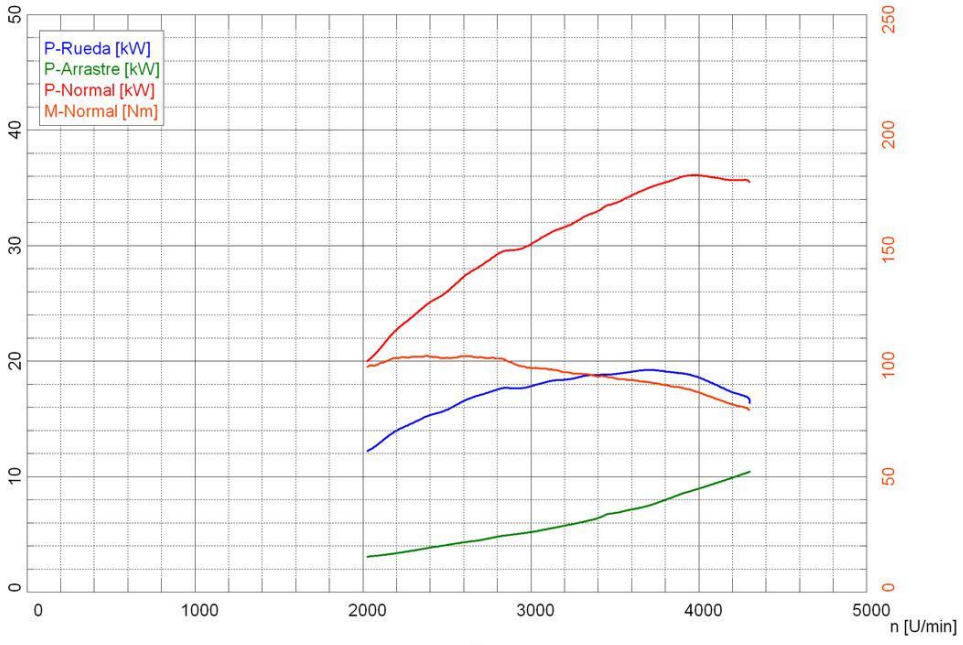
Prueba #2

LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA 756	Caja Manual
Probador:	Nico	

Prueba 2 a 85% de GSL
Continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 18.06.2011 (22:16) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	36,0 kW	/ 49,0 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	27,5 kW	/ 37,4 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	18,6 kW	/ 25,2 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	8,9 kW	/ 12,1 PS	
Potencia máx.		3980 U/min	/ 96,8 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	102,1 Nm		
Par máx.		2370 U/min	/ 57,6 km/h	
RPM máx. alcanzado		4305 U/min	/ 104,3 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,6 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,1 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,0 %
Presión del aire	p_{Aire}	762,0 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,9 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	83,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,- km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	----- U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,- km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	----- U/min
Deslizamiento		---,-- %

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,--- m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,- N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,--- m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,- N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,- N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0 kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0 kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0 kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2 a 85% de GSL
Continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 18.06.2011 (22:16) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,0	12,9	16,0	21,0	98,8	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,5	14,0	17,3	22,7	101,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2300	55,9	14,6	18,2	23,9	101,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2400	58,3	15,3	19,1	25,1	101,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,8	15,7	19,8	26,0	101,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	63,2	16,5	20,8	27,3	101,8	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2700	65,6	17,0	21,5	28,2	101,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,1	17,5	22,3	29,2	100,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	70,5	17,6	22,5	29,6	98,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	72,9	17,8	22,9	30,1	96,8	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3100	75,4	18,2	23,6	31,0	96,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,8	18,3	24,1	31,6	94,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,002
3300	80,2	18,6	24,6	32,3	94,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,002
3400	82,6	18,8	25,1	33,0	93,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,1	18,8	25,6	33,6	92,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3600	87,5	19,0	26,2	34,3	91,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	89,9	19,2	26,6	34,9	90,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	92,4	19,1	27,0	35,4	89,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,8	18,9	27,4	35,9	88,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,2	18,5	27,5	36,0	86,3	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	99,7	17,9	27,3	35,8	83,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	102,1	17,3	27,1	35,6	81,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	104,5	16,7	27,0	35,5	78,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

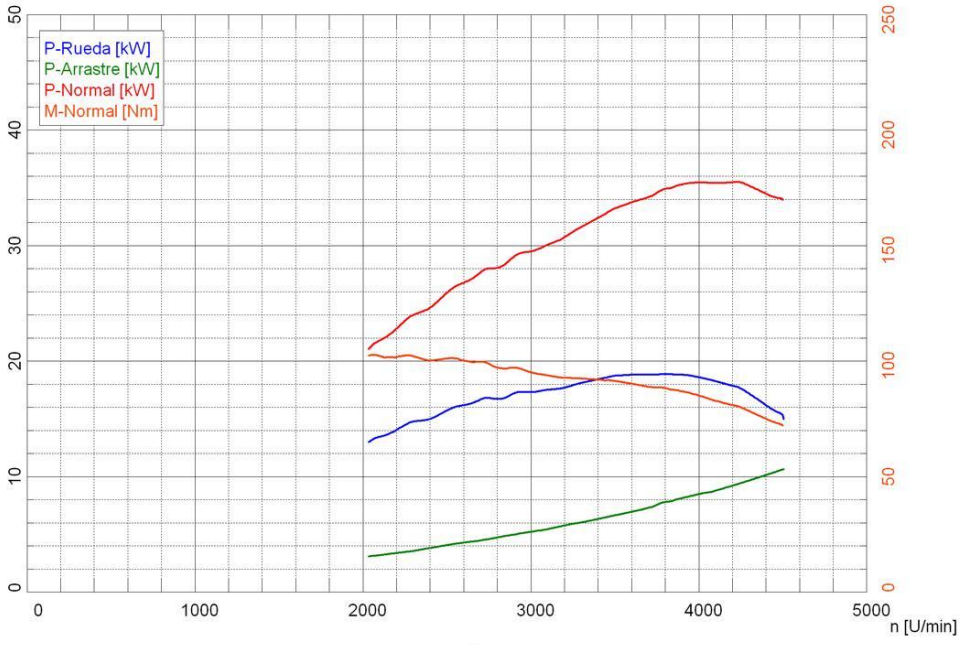
Prueba #3

LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA 756	Caja Manual
Probador:	Nico	

Prueba 3 a 85% de GSL
Continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 18.06.2011 (22:22) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	35,5 kW	/ 48,2 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	27,0 kW	/ 36,8 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,8 kW	/ 24,1 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	9,3 kW	/ 12,6 PS	
Potencia máx.		4205 U/min	/ 102,3 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	102,5 Nm		
Par máx.		2050 U/min	/ 49,9 km/h	
RPM máx. alcanzado		4505 U/min	/ 109,2 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,5 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,1 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,1 %
Presión del aire	p_{Aire}	762,0 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,9 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	83,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3 a 85% de GSL
Continua a 5200 rpm
Naranjo-- Sarate

Fecha de la medición: 18.06.2011 (22:22) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,0	13,4	16,6	21,7	102,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,4	14,0	17,4	22,8	101,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,8	14,7	18,3	24,0	101,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,3	15,0	18,8	24,6	100,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,7	15,7	19,7	25,9	100,9	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	63,1	16,1	20,4	26,7	100,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,6	16,6	21,1	27,6	99,5	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,0	16,7	21,4	28,0	97,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	70,4	17,2	22,1	29,0	96,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	72,8	17,3	22,5	29,4	95,0	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3100	75,3	17,5	22,9	30,0	93,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3200	77,7	17,7	23,4	30,7	92,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,1	18,1	24,1	31,6	92,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,002
3400	82,6	18,4	24,7	32,4	91,8	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,0	18,7	25,3	33,2	91,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3600	87,4	18,8	25,7	33,7	90,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	89,8	18,8	26,0	34,2	88,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3800	92,3	18,8	26,6	34,9	88,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,7	18,8	26,9	35,2	86,6	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
4000	97,1	18,6	27,0	35,4	84,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	99,5	18,2	27,0	35,4	82,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	102,0	17,8	27,0	35,4	80,8	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4300	104,4	17,2	26,8	35,1	78,2	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
4400	106,8	16,2	26,3	34,4	74,9	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4500	109,3	15,3	25,9	33,9	72,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

Valores de la potencia y el par con E20

Prueba#1

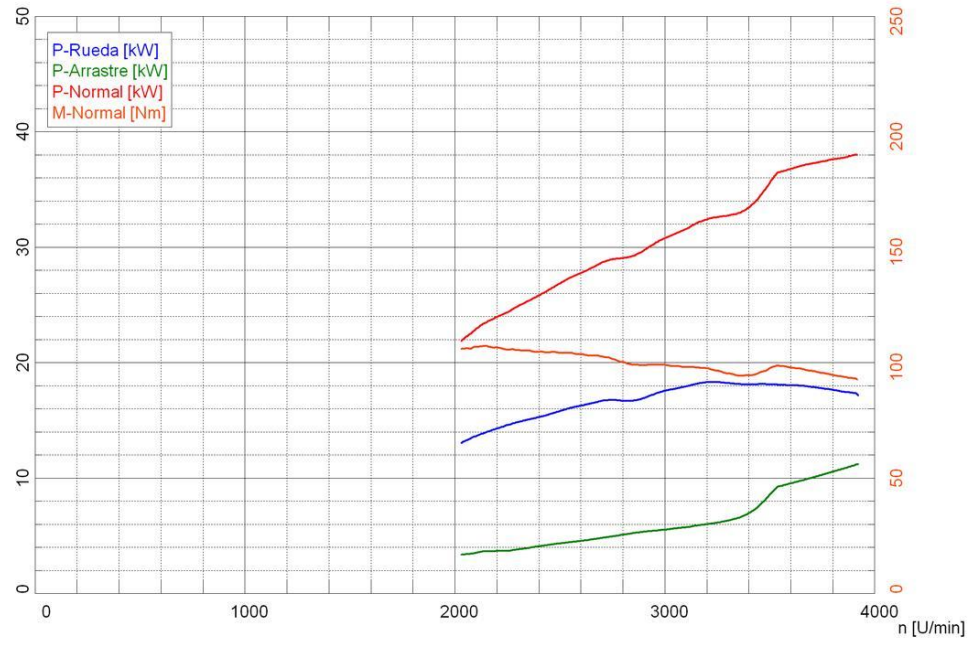
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 1 al 80% GSL
Naranjo
Sarate

Fecha de la medición: 24.11.2011 (14:16) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	38,0 kW	/	51,6 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	28,4 kW	/	38,7 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,3 kW	/	23,5 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	11,1 kW	/	15,1 PS	
Potencia máx.		3890 U/min	/	95,1 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	107,1 Nm			
Par máx.		2125 U/min	/	51,9 km/h	
RPM máx. alcanzado		3920 U/min	/	95,4 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	26,2	°C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	19,6	°C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	33,5	%
Presión del aire	p_{Aire}	758,0	hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	11,4	hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	81,0	°C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,-	°C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 1 al 80% GSL
Naranjo
Sarate

Fecha de la medición: 24.11.2011 (14:16) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,2	13,6	17,1	22,9	106,5	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,6	14,3	17,9	23,9	106,4	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	56,0	14,8	18,6	24,9	105,2	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2400	58,5	15,3	19,3	25,8	104,5	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,005
2500	60,9	15,8	20,1	26,8	104,1	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	63,3	16,2	20,8	27,7	103,5	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,8	16,7	21,4	28,6	102,5	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	68,2	16,7	21,7	29,0	100,1	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,6	16,9	22,2	29,7	98,7	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	73,1	17,5	23,0	30,7	98,8	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	75,5	17,9	23,6	31,5	97,8	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,9	18,3	24,2	32,4	97,3	0,00	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3300	80,4	18,2	24,5	32,7	95,1	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,8	18,1	25,0	33,4	94,2	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	85,3	18,1	26,6	35,5	97,4	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	87,7	18,0	27,5	36,7	97,7	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	90,1	17,9	27,9	37,2	96,3	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	92,6	17,6	28,1	37,6	94,4	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	95,0	17,3	28,4	37,9	93,0	- 0,01	- 0,25	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Prueba #2

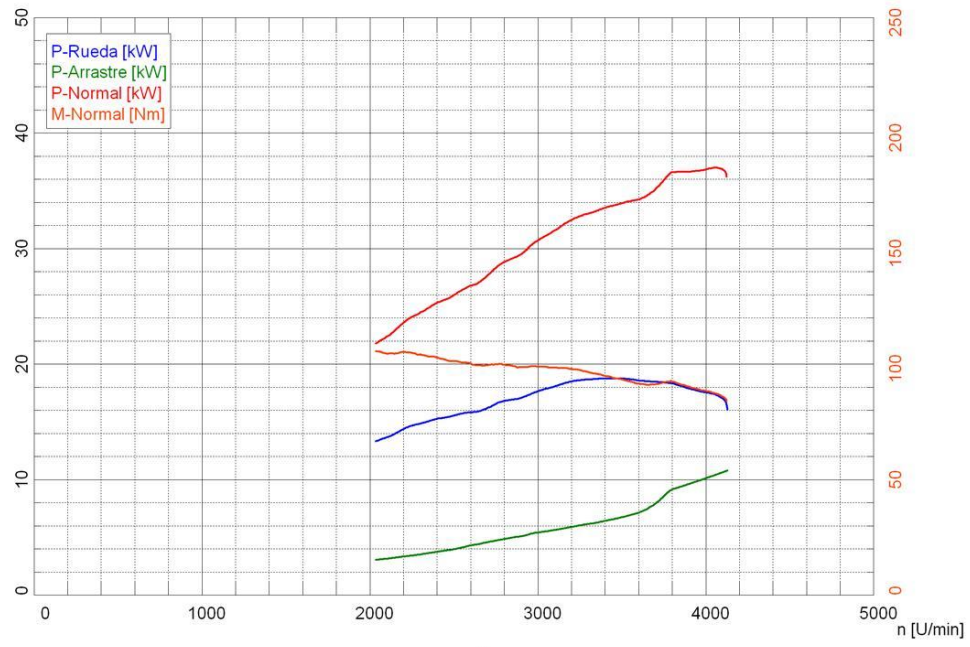
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3 a 80_% GSL
Naranjo
Sarate

Fecha de la medición: 24.11.2011 (14:53) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	37,0 kW	/	50,2 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	27,7 kW	/	37,7 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,4 kW	/	23,6 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	10,4 kW	/	14,1 PS	
Potencia máx.		4030 U/min	/	98,3 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	105,4 Nm			
Par máx.		2015 U/min	/	49,3 km/h	
RPM máx. alcanzado		4130 U/min	/	100,2 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	26,2 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	18,5 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	32,7 %
Presión del aire	p_{Aire}	757,7 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	11,1 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	82,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3 a 80_% GSL
Naranjo
Sarate

Fecha de la medición: 24.11.2011 (14:53) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,0	13,6	16,7	22,3	104,3	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,5	14,3	17,7	23,5	105,0	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2300	55,9	14,8	18,3	24,4	103,9	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2400	58,3	15,2	18,9	25,3	102,7	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,8	15,5	19,4	25,9	101,1	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	63,2	15,8	20,1	26,7	100,0	- 0,01	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2700	65,6	16,2	20,7	27,6	99,4	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	68,1	16,8	21,6	28,8	99,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2900	70,5	17,0	22,1	29,5	98,5	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	72,9	17,6	23,0	30,7	98,7	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	75,4	18,0	23,6	31,5	98,2	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3200	77,8	18,5	24,3	32,4	97,6	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3300	80,2	18,6	24,7	33,0	96,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,7	18,7	25,1	33,5	94,7	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	85,1	18,7	25,4	33,9	93,2	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	87,5	18,5	25,6	34,2	91,3	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	89,9	18,4	26,3	35,1	91,1	- 0,01	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	92,4	18,3	27,4	36,6	92,3	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	94,8	17,8	27,4	36,6	90,0	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4000	97,2	17,5	27,6	36,8	88,2	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,001	- 0,003
4100	99,7	17,0	27,6	36,8	85,9	0,00	- 0,27	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Prueba#3

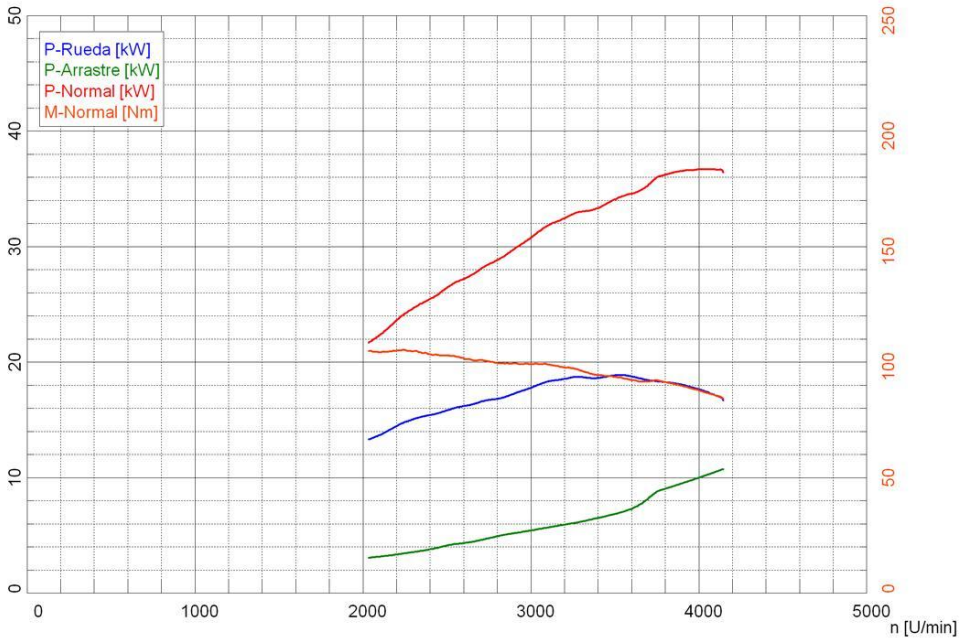
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

prueba 3 a 80% gsl
Naranjo
Sarate

Fecha de la medición: 24.11.2011 (15:15) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	36,6 kW	/	49,8 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	27,6 kW	/	37,5 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,6 kW	/	23,9 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	10,0 kW	/	13,6 PS	
Potencia máx.		4000 U/min	/	97,5 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	105,2 Nm			
Par máx.		2235 U/min	/	54,4 km/h	
RPM máx. alcanzado		4145 U/min	/	100,8 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	24,8 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	16,6 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	39,1 %
Presión del aire	p_{Aire}	758,0 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	12,2 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	81,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s²
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s²
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

prueba 3 a 80% gsl
Naranjo
Sarate

Fecha de la medición: 24.11.2011 (15:15) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,1	13,7	16,8	22,3	104,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,5	14,4	17,7	23,6	104,7	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	55,9	15,0	18,5	24,6	104,5	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2400	58,4	15,4	19,1	25,4	103,1	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	60,8	15,8	19,9	26,4	102,6	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2600	63,2	16,2	20,4	27,2	101,4	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,7	16,5	21,1	28,0	100,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,1	16,8	21,7	28,8	99,4	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,5	17,2	22,4	29,8	99,3	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	73,0	17,7	23,1	30,7	98,8	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,002
3100	75,4	18,3	23,9	31,8	98,8	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	77,8	18,5	24,4	32,4	97,5	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3300	80,3	18,7	24,8	33,0	96,1	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	82,7	18,6	25,1	33,3	94,1	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3500	85,1	18,8	25,6	34,0	93,3	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3600	87,6	18,7	26,0	34,5	92,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	90,0	18,4	26,6	35,3	91,4	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3800	92,4	18,2	27,2	36,2	91,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	94,9	18,0	27,5	36,5	89,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4000	97,3	17,6	27,6	36,6	87,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	99,7	17,1	27,6	36,6	85,4	0,00	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Valores de la potencia y el par con E25

Prueba#1

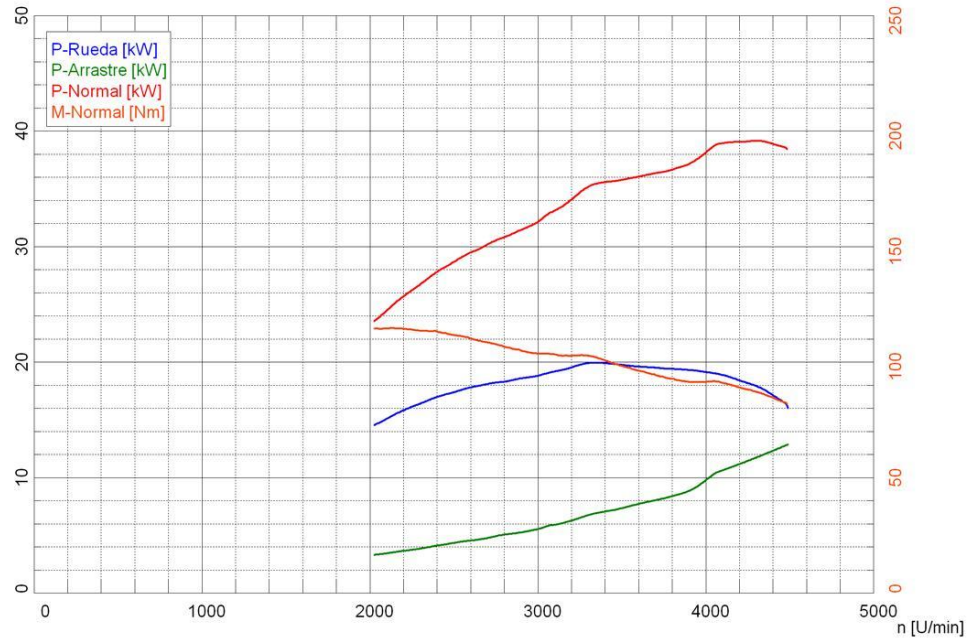
MAHA LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2 con GSL 75%
continua a 5200 rpm
Naranjo --Sarate

Fecha de la medición: 23.06.2011 (19:36) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	39,1 kW	/	53,2 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	29,6 kW	/	40,2 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	17,9 kW	/	24,4 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	11,7 kW	/	15,9 PS	
Potencia máx.		4265 U/min	/	104,8 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	114,7 Nm			
Par máx.		2110 U/min	/	51,8 km/h	
RPM máx. alcanzado		4490 U/min	/	109,6 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	21,0 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	14,9 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	51,8 %
Presión del aire	p_{Aire}	760,1 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	12,9 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	76,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s²
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s²
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2 con GSL 75%
continua a 5200 rpm
Naranjo --Sarate

Fecha de la medición: 23.06.2011 (19:36) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,3	15,1	18,5	24,4	114,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,7	15,8	19,4	25,6	114,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	56,2	16,4	20,2	26,7	113,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,6	16,9	21,0	27,8	113,1	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2500	61,0	17,4	21,7	28,6	111,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	63,5	17,8	22,3	29,4	110,0	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,9	18,1	22,8	30,1	108,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,4	18,3	23,3	30,8	106,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,8	18,5	23,8	31,4	104,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3000	73,3	18,8	24,3	32,1	103,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3100	75,7	19,2	25,0	33,1	103,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	78,1	19,5	25,7	34,0	102,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3300	80,6	19,9	26,6	35,1	102,5	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3400	83,0	19,9	26,9	35,5	100,6	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,5	19,7	27,0	35,7	98,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,002
3600	87,9	19,6	27,3	36,0	96,1	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	90,4	19,5	27,5	36,3	94,3	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3800	92,8	19,4	27,7	36,6	92,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	95,2	19,3	28,1	37,1	91,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4000	97,7	19,1	28,8	38,1	91,2	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	100,1	18,8	29,4	38,9	90,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	102,6	18,4	29,5	39,0	88,8	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	105,0	17,9	29,6	39,1	87,0	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4400	107,4	17,1	29,4	38,8	84,4	0,00	- 0,26	0,585	0,800	0,001	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Prueba#2

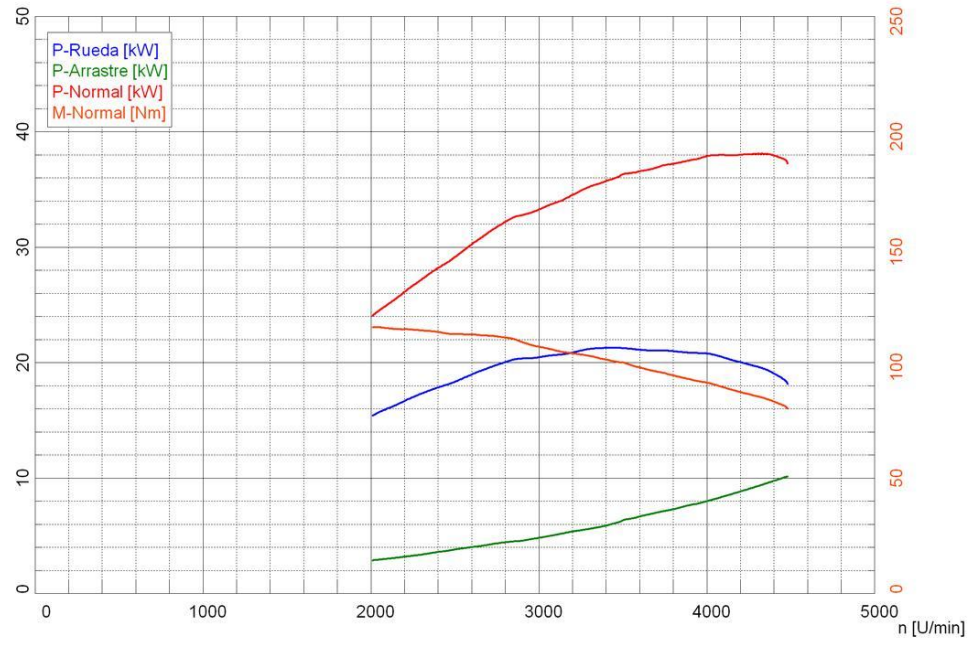
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 4 con GSL 75%
continua a 5200 rpm
Naranjo -- Sarate

Fecha de la medición: 23.06.2011 (20:42) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	38,0 kW	/	51,7 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	28,9 kW	/	39,3 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	19,6 kW	/	26,7 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	9,3 kW	/	12,6 PS	
Potencia máx.		4270 U/min	/	104,9 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	115,2 Nm			
Par máx.		2015 U/min	/	49,4 km/h	
RPM máx. alcanzado		4480 U/min	/	109,3 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	21,5 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	14,2 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	52,5 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,2 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,5 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	86,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 4 con GSL 75%
continua a 5200 rpm
Naranjo -- Sarate

Fecha de la medición: 23.06.2011 (20:42) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog	CO [% vol]	CO_2 [% vol]
2100	51,4	16,0	19,0	25,0	114,7	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,001	- 0,003	0,010	0,00
2200	53,8	16,6	19,8	26,1	114,2	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
2300	56,3	17,3	20,6	27,1	113,7	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,001	- 0,002	0,010	0,00
2400	58,7	17,8	21,4	28,2	113,1	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
2500	61,2	18,3	22,1	29,1	112,1	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
2600	63,6	18,9	22,9	30,2	111,9	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
2700	66,1	19,5	23,7	31,2	111,4	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,010	0,00
2800	68,5	20,0	24,4	32,2	110,6	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
2900	71,0	20,3	24,8	32,7	108,7	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
3000	73,4	20,4	25,2	33,2	106,7	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,020	0,00
3100	75,9	20,6	25,7	33,8	105,1	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,020	0,00
3200	78,3	20,8	26,2	34,5	103,8	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,020	0,00
3300	80,8	21,1	26,7	35,2	102,7	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,020	0,00
3400	83,2	21,2	27,1	35,7	101,1	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
3500	85,7	21,2	27,5	36,3	99,8	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
3600	88,1	21,1	27,7	36,5	97,8	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
3700	90,5	21,0	28,0	36,9	96,0	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,020	0,00
3800	93,0	20,9	28,2	37,2	94,2	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,020	0,00
3900	95,4	20,8	28,4	37,5	92,6	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,020	0,00
4000	97,9	20,7	28,7	37,8	91,1	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,020	0,00
4100	100,3	20,4	28,8	37,9	89,1	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,010	0,00
4200	102,8	20,0	28,8	37,9	87,0	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,010	0,00
4300	105,2	19,6	28,9	38,0	85,2	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,010	0,00
4400	107,7	19,0	28,8	37,9	83,0	0,00	- 0,23	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,010	0,00

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

Prueba #3

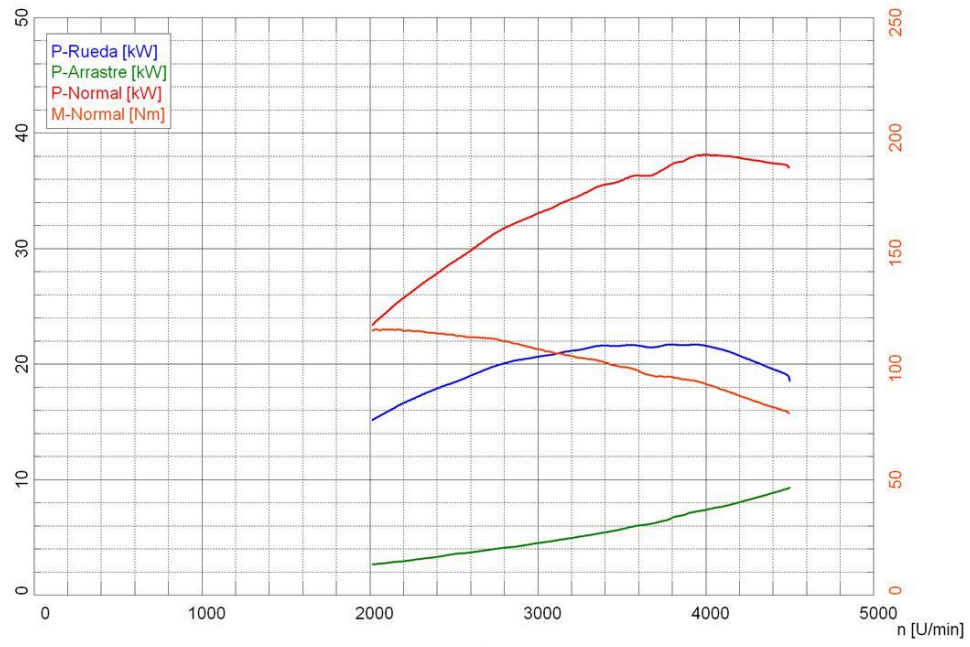
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 5 con GSL 75%
continua a 5200 rpm
Naranjo -- Sarate

Fecha de la medición: 23.06.2011 (20:48) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	38,1 kW	/	51,7 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	28,9 kW	/	39,3 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	21,5 kW	/	29,3 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	7,4 kW	/	10,0 PS	
Potencia máx.		3985 U/min	/	97,6 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	114,8 Nm			
Par máx.		2130 U/min	/	52,1 km/h	
RPM máx. alcanzado		4500 U/min	/	109,8 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	21,5 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	14,0 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	53,3 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,2 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	13,7 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	89,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 5 con GSL 75%
continua a 5200 rpm
Naranjo -- Sarate

Fecha de la medición: 23.06.2011 (20:48) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog	CO [% vol]	CO_2 [% vol]
2100	51,4	15,8	18,6	24,5	114,7	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2200	53,9	16,6	19,5	25,7	114,2	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2300	56,3	17,2	20,3	26,8	114,0	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2400	58,8	17,8	21,1	27,8	112,9	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2500	61,2	18,4	21,9	28,8	112,4	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2600	63,7	19,0	22,6	29,8	111,2	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2700	66,1	19,6	23,4	30,8	111,0	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
2800	68,6	20,0	24,1	31,7	109,6	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,000	0,00
2900	71,0	20,3	24,6	32,4	108,1	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,000	0,00
3000	73,5	20,6	25,1	33,0	106,2	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
3100	75,9	20,8	25,5	33,6	104,6	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
3200	78,4	21,1	26,0	34,2	103,3	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,000	0,00
3300	80,8	21,4	26,5	34,9	101,9	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,002	0,000	0,00
3400	83,3	21,6	26,9	35,5	100,5	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,000	0,00
3500	85,7	21,5	27,2	35,9	98,5	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
3600	88,2	21,5	27,5	36,3	96,9	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
3700	90,6	21,4	27,7	36,4	94,5	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
3800	93,1	21,6	28,3	37,3	94,2	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,000	0,00
3900	95,5	21,6	28,7	37,8	92,8	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
4000	98,0	21,5	28,9	38,1	91,2	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
4100	100,4	21,2	28,8	38,0	88,7	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
4200	102,9	20,7	28,7	37,8	86,2	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
4300	105,3	20,1	28,5	37,6	83,5	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,003	0,000	0,00
4400	107,8	19,5	28,3	37,3	81,1	0,00	- 0,19	0,585	0,800	0,000	- 0,004	0,000	0,00

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

Valores de la potencia y el par con E30

Prueba #1

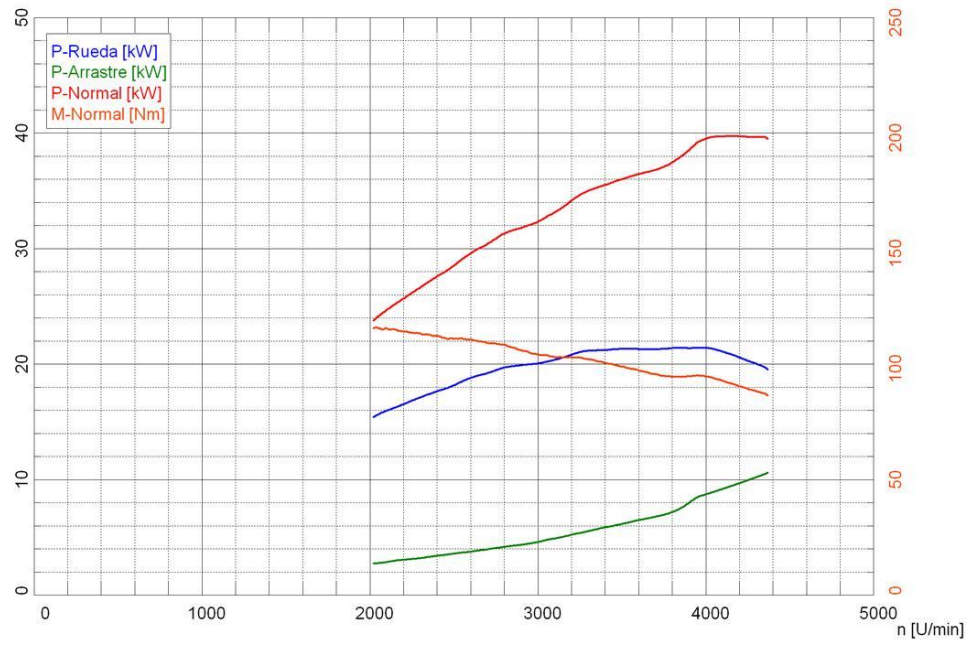
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3con 70% GSL
continuia a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 24.06.2011 (22:09) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	39,7 kW	/	54,0 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	30,2 kW	/	41,1 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	20,7 kW	/	28,1 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	9,5 kW	/	13,0 PS	
Potencia máx.		4165 U/min	/	101,9 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	115,6 Nm			
Par máx.		2040 U/min	/	49,8 km/h	
RPM máx. alcanzado		4370 U/min	/	106,8 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,7 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,8 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,1 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,8 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	14,0 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	88,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 3con 70% GSL
continuia a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 24.06.2011 (22:09) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,3	15,9	18,8	24,7	115,2	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,7	16,5	19,5	25,6	113,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2300	56,2	17,1	20,2	26,6	113,0	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,6	17,6	21,0	27,5	112,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2500	61,1	18,1	21,7	28,5	110,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,002
2600	63,5	18,8	22,5	29,5	110,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	66,0	19,2	23,1	30,4	108,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,4	19,7	23,8	31,3	108,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,004
2900	70,8	19,9	24,2	31,7	105,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	73,3	20,0	24,6	32,3	104,0	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3100	75,7	20,3	25,2	33,1	102,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3200	78,2	20,8	26,0	34,1	102,8	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,6	21,1	26,6	35,0	101,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3400	83,1	21,2	27,0	35,5	100,3	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,5	21,3	27,4	36,0	98,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3600	87,9	21,3	27,7	36,4	97,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3700	90,4	21,2	28,0	36,8	95,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	92,8	21,3	28,5	37,4	94,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	95,3	21,3	29,3	38,5	94,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4000	97,7	21,4	30,1	39,5	94,4	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4100	100,1	21,0	30,2	39,7	92,6	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4200	102,6	20,5	30,2	39,7	90,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	105,0	20,0	30,2	39,6	88,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Prueba #2

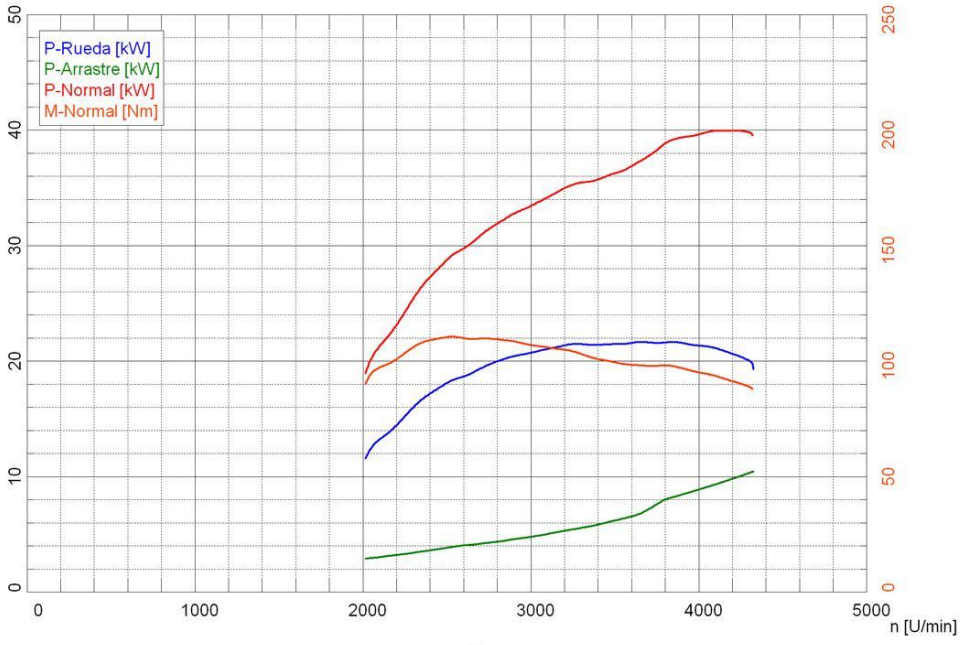
LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2con 70% GSL
continuia a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 24.06.2011 (22:05) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	39,9 kW	/	54,3 PS	
Potencia motor	P_{Mot}	30,4 kW	/	41,3 PS	
Potencia ruedas	P_{Rueda}	21,0 kW	/	28,6 PS	
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	9,4 kW	/	12,8 PS	
Potencia máx.		4100 U/min	/	100,5 km/h	
Par 1)	M_{Normal}	110,4 Nm			
Par máx.		2515 U/min	/	61,6 km/h	
RPM máx. alcanzado		4325 U/min	/	105,6 km/h	

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,6 °C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,7 °C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,2 %
Presión del aire	p_{Aire}	761,8 hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	14,0 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	89,0 °C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,- °C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,- km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	----- U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,- km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	----- U/min
Deslizamiento		---,-- %

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,--- m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,- N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,--- m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,- N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,- N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0 kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0 kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0 kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 2con 70% GSL
continuia a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 24.06.2011 (22:05) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,4	13,2	16,2	21,3	97,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2200	53,9	14,4	17,6	23,1	100,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2300	56,3	16,0	19,3	25,4	105,8	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,001	- 0,003
2400	58,8	17,2	20,7	27,2	108,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,002
2500	61,2	18,1	21,9	28,7	110,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,002
2600	63,7	18,6	22,6	29,7	109,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	66,1	19,3	23,5	30,8	109,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2800	68,6	19,9	24,3	31,9	109,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	71,0	20,4	24,9	32,7	108,3	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3000	73,4	20,7	25,4	33,4	106,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3100	75,9	21,0	26,0	34,2	105,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3200	78,3	21,3	26,6	34,9	104,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3300	80,8	21,4	27,0	35,4	102,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3400	83,2	21,4	27,2	35,7	100,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,7	21,4	27,6	36,2	99,3	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,001	- 0,003
3600	88,1	21,5	28,0	36,8	98,2	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3700	90,6	21,6	28,7	37,7	97,7	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	93,0	21,6	29,6	38,8	98,0	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3900	95,5	21,5	29,9	39,3	96,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,9	21,3	30,1	39,6	94,9	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	100,4	21,1	30,4	39,9	93,3	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,001	- 0,002
4200	102,8	20,6	30,4	39,9	91,1	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4300	105,3	20,0	30,3	39,8	88,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

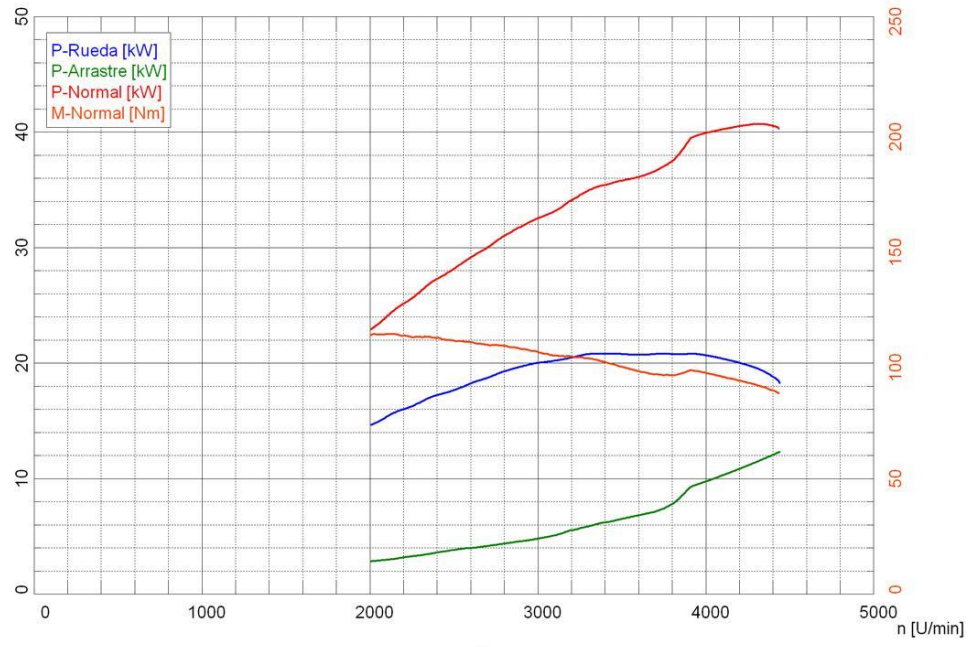
Prueba #3

MAHA Maschinenbau Haldenwang
LPS 3000 LKW

Vehículo:	Datsun J15	Motor Otto / Sin turbo
Matrícula:	ABA 756	Caja Manual
Probador:	NICO	

Prueba 5con 70% GSL
continuia a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 24.06.2011 (22:12) Página 1



Valores de potencia

Potencia normal 1)	P_{Normal}	40,6 kW	/ 55,3	PS
Potencia motor	P_{Mot}	31,0 kW	/ 42,1	PS
Potencia ruedas	P_{Rueda}	19,4 kW	/ 26,4	PS
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	11,6 kW	/ 15,7	PS
Potencia máx.		4295 U/min	/ 105,5	km/h
Par 1)	M_{Normal}	112,4 Nm		
Par máx.		2005 U/min	/ 49,1	km/h
RPM máx. alcanzado		4440 U/min	/ 108,4	km/h

1) Corrección según DIN 70020
Factor de corrección: Q_V = 0,00 %

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	19,7	°C
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	12,8	°C
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	61,1	%
Presión del aire	p_{Aire}	761,8	hPa
Presión del vapor	p_{Vapor}	14,0	hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	88,0	°C
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	----,-	°C

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$v_{sin\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	-----	U/min
Velocidad plena carga	$v_{plena\ carga}$	----,-	km/h
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	-----	U/min
Deslizamiento		---,--	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	a_1	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 1	F_1	-----,-	N
Acel.media en P.de inercia 2	a_2	---,---	m/s2
Fza.frenado en P.de inercia 2	F_2	-----,-	N
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	-----,-	N
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	510,0	kg
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	450,0	kg
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	60,0	kg

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) (100/000/0000/000/0000) LPS-EURO V1.24.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Motor Otto / Sin turbo
Caja Manual

Prueba 5con 70% GSL
continuia a 5200 rpm
Naranjo--Sarate

Fecha de la medición: 24.06.2011 (22:12) Página 2

Tabla de datos

n [U/min]	v [km/h]	P_{Rueda} [kW]	P_{Mot} [kW]	P_{Normal} [kW]	M_{Normal} [Nm]	Druck 1 [bar]	Druck 2 [bar]	Analog	Analog [mbar]	Analog	Analog
2100	51,3	15,3	18,3	24,0	112,3	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2200	53,7	16,0	19,1	25,1	111,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2300	56,2	16,6	19,9	26,1	111,2	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2400	58,6	17,2	20,8	27,3	110,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
2500	61,0	17,6	21,4	28,1	109,5	- 0,01	- 0,28	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2600	63,5	18,2	22,2	29,1	108,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2700	65,9	18,7	22,8	30,0	107,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2800	68,4	19,2	23,6	31,0	107,2	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
2900	70,8	19,7	24,2	31,8	105,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3000	73,2	20,0	24,7	32,5	104,7	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3100	75,7	20,2	25,2	33,1	102,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3200	78,1	20,4	25,9	34,0	102,6	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3300	80,6	20,7	26,6	34,9	101,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3400	83,0	20,8	26,9	35,4	100,2	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3500	85,4	20,7	27,2	35,7	98,2	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3600	87,9	20,7	27,5	36,1	96,3	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3700	90,3	20,7	27,9	36,6	95,0	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
3800	92,8	20,7	28,5	37,4	94,5	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
3900	95,2	20,8	29,9	39,2	96,5	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4000	97,7	20,6	30,4	39,9	95,6	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4100	100,1	20,3	30,6	40,2	93,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004
4200	102,5	20,0	30,8	40,5	92,1	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4300	105,0	19,5	30,9	40,6	90,4	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,003
4400	107,4	18,8	30,8	40,5	87,9	- 0,01	- 0,29	0,585	0,800	0,000	- 0,004

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) LPS-EURO V1.24.001

Anexo 2-2

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2203:2000.

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GASES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA PRUEBA ESTÁTICA.

NORMA TECNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2204:2002.

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA

Anexo 2-3

RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE ANÁLISIS DE GASES A RALENTÍ Y 2500 RPM

DATOS DE ANALIZADOR DE GASES MAHA MGT5

Análisis de gases en ralentí con E0

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 16.10.2011 21:13 Hora	Fecha 16.10.2011 Hora 21:42

Resultados del Analizador de Gases

CO	1,11	% Vol
CO_2	12,60	% Vol
CO corregido	1,21	% Vol
HC	737	ppm
O_2	1,44	% Vol
NO_x	33	ppm
Lambda	1,005	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases en ralentí con E5

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 28.10.2011 18:06 Hora	Fecha 28.10.2011 Hora 18:31

Resultados del Analizador de Gases

CO	1,04	% Vol
CO_2	12,50	% Vol
CO corregido	1,15	% Vol
HC	361	ppm
O_2	1,47	% Vol
NO_x	36	ppm
Lambda	1,012	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases en ralentí con E10

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 14:56 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 15:00

Resultados del Analizador de Gases

CO	0,94	% Vol
CO_2	13,00	% Vol
CO corregido	1,01	% Vol
HC	344	ppm
O_2	1,03	% Vol
NO_x	48	ppm
Lambda	1,007	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases en ralentí con E15

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 17:16 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 17:30

Resultados del Analizador de Gases

CO	0,89	% Vol
CO_2	13,10	% Vol
CO corregido	0,95	% Vol
HC	307	ppm
O_2	1,02	% Vol
NO_x	43	ppm
Lambda	1,010	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases en ralentí con E20

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 17:44 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 18:34

Resultados del Analizador de Gases

CO	0,84	% Vol
CO_2	13,30	% Vol
CO corregido	0,89	% Vol
HC	252	ppm
O_2	0,91	% Vol
NO_x	45	ppm
Lambda	1,008	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases en ralentí con E25

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 17:44 Hora	Fecha 13.10.2011 Hora 19:27

Resultados del Analizador de Gases

CO	0,79	% Vol
CO_2	13,40	% Vol
CO corregido	0,84	% Vol
HC	211	ppm
O_2	0,90	% Vol
NO_x	44	ppm
Lambda	1,011	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases en ralentí con E30

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 28.10.2011 19:28 Hora	Fecha 28.10.2011 Hora 19:35

Resultados del Analizador de Gases

CO	0,89	% Vol
CO_2	13,10	% Vol
CO corregido	0,95	% Vol
HC	299	ppm
O_2	1,00	% Vol
NO_x	36	ppm
Lambda	1,009	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E0

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 16.10.2011 21:13 Hora	Fecha 16.10.2011 Hora 21:45

Resultados del Analizador de Gases

CO	9,36	% Vol
CO_2	8,20	% Vol
CO corregido	9,36	% Vol
HC	530	ppm
O_2	0,29	% Vol
NO_x	36	ppm
Lambda	0,735	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E5

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 14:02 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 14:18

Resultados del Analizador de Gases

CO	9,52	% Vol
CO_2	8,30	% Vol
CO corregido	9,52	% Vol
HC	322	ppm
O_2	0,28	% Vol
NO_x	43	ppm
Lambda	0,740	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E10

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 14:56 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 15:23

Resultados del Analizador de Gases

CO	8,90	% Vol
CO_2	8,70	% Vol
CO corregido	8,90	% Vol
HC	305	ppm
O_2	0,27	% Vol
NO_x	41	ppm
Lambda	0,756	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E15

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 17:44 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 17:46

Resultados del Analizador de Gases

CO	8,10	% Vol
CO_2	9,40	% Vol
CO corregido	8,10	% Vol
HC	300	ppm
O_2	0,22	% Vol
NO_x	44	ppm
Lambda	0,778	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E20

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 17:44 Hora	Fecha 12.10.2011 Hora 18:39

Resultados del Analizador de Gases

CO	7,00	% Vol
CO_2	10,20	% Vol
CO corregido	7,00	% Vol
HC	252	ppm
O_2	0,20	% Vol
NO_x	48	ppm
Lambda	0,807	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E25

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 12.10.2011 17:44 Hora	Fecha 13.10.2011 Hora 19:34

Resultados del Analizador de Gases

CO	5,96	% Vol
CO_2	10,80	% Vol
CO corregido	5,96	% Vol
HC	239	ppm
O_2	0,19	% Vol
NO_x	48	ppm
Lambda	0,835	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Análisis de gases a 2500 rpm con E30

Werbezeile 1
Werbezeile 2
Werbezeile 3
Werbezeile 4

EUROSYSTEM

Cliente:	Matrícula:
Calle:	Fabricante:
Ciudad:	Modelo:
Teléfono:	Kilometraje
Medic. del 14.10.2011 21:47 Hora	Fecha 14.10.2011 Hora 21:48

Resultados del Analizador de Gases

CO	5,14	% Vol
CO_2	11,00	% Vol
CO corregido	5,14	% Vol
HC	227	ppm
O_2	0,23	% Vol
NO_x	58	ppm
Lambda	0,855	
RPM	0	min^{-1}
Temp. Aceite	0	°C

Werbezeile 5

Anexo 3-1

RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE ANÁLISIS PRUEBA DINÁMICA

DATOS DE ANALIZADOR DE GASES MAHA MGT5 Y LPS 3000

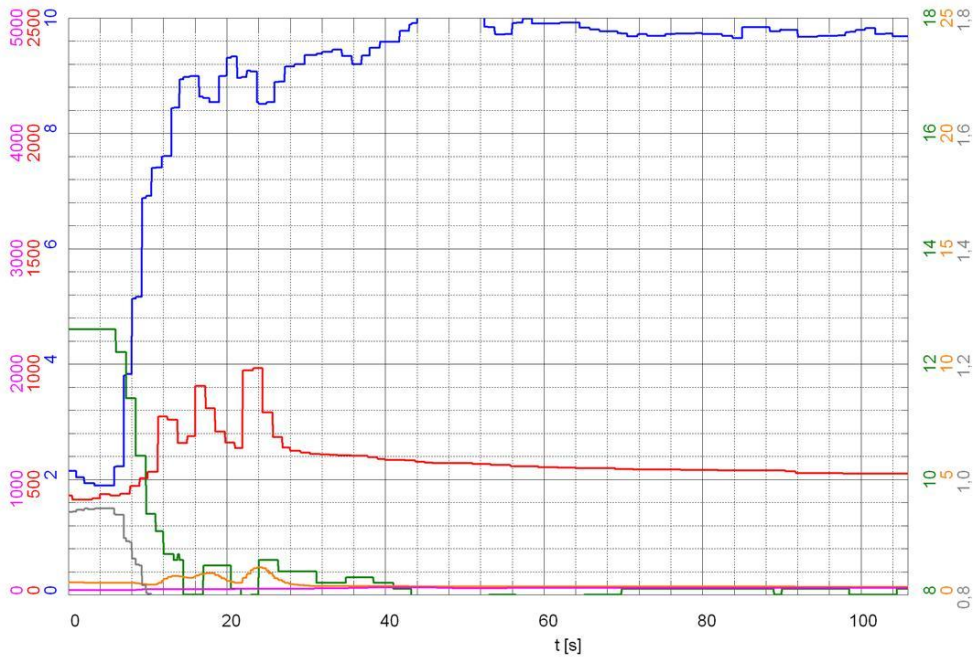
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E0

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Fecha de la medición: 15.10.2011 (21:47) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

100% gsl
Fuerza de traccion constante de 50 N
Naranjo----Sarate

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Fecha de la medición: 15.10.2011 (21:47) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	2,140	12,60	428,0	0,53	39,0	0,943
5,000	1,890	12,60	434,0	0,50	39,0	0,949
10,000	6,910	9,40	521,8	0,43	46,0	0,802
15,000	8,970	8,00	676,1	0,73	45,0	0,753
20,000	9,194	8,50	658,0	0,60	46,0	0,752
25,000	8,520	8,60	789,0	1,07	49,3	0,780
30,000	9,350	8,40	615,0	0,38	51,0	0,741
35,000	9,330	8,27	602,0	0,36	54,7	0,738
40,000	9,580	8,20	584,4	0,36	61,0	0,734
45,000	10,340	7,70	572,4	0,35	61,3	0,714
50,000	10,281	7,60	569,0	0,34	54,0	0,713
55,000	9,707	8,00	561,0	0,34	54,7	0,729
60,000	9,890	7,90	552,0	0,34	57,0	0,725
65,000	9,820	7,97	547,0	0,34	57,0	0,726
70,000	9,720	8,10	543,3	0,34	57,0	0,730
75,000	9,680	8,10	541,0	0,34	58,0	0,730
80,000	9,717	8,10	540,0	0,34	58,0	0,730
85,000	9,765	8,10	538,0	0,34	58,0	0,729
90,000	9,783	8,07	538,0	0,34	58,0	0,729
95,000	9,680	8,10	526,0	0,32	58,0	0,731
100,000	9,780	8,00	524,0	0,32	58,0	0,728
105,000	9,670	8,10	524,0	0,32	58,0	0,730

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

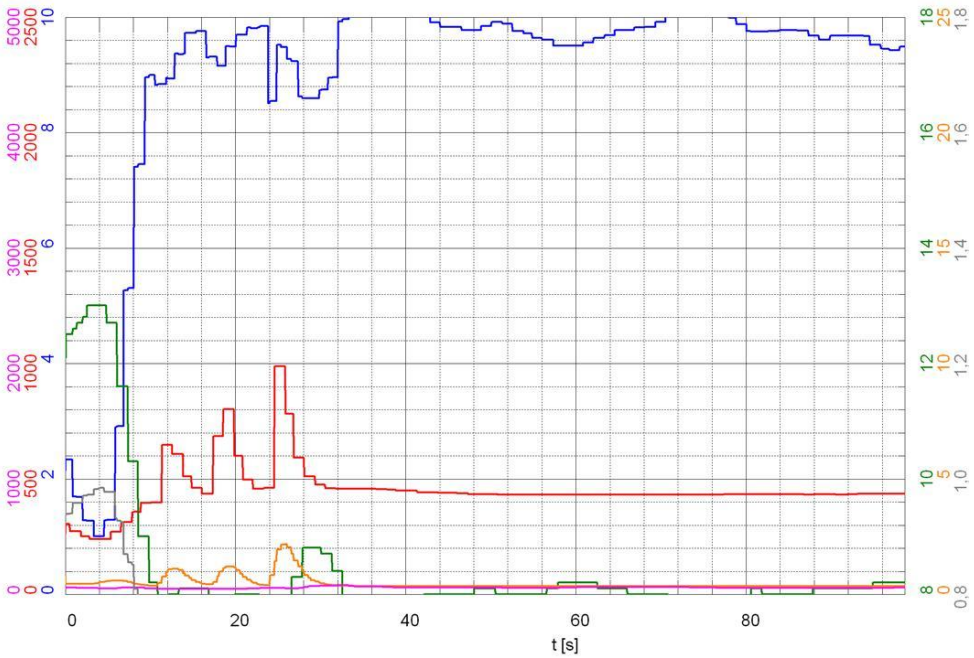
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E5

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Fecha de la medición: 12.10.2011 (14:20) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

95% GSL
FUERZA DE TRACCION CONSTANTE 50N
NARANJO--SARATE

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Fecha de la medición: 12.10.2011 (14:20) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	2,060	12,25	245,0	0,92	48,0	0,970
5,000	1,290	12,70	239,0	0,57	51,0	0,977
10,000	8,990	8,20	395,3	0,37	50,0	0,748
15,000	9,720	8,10	461,0	0,60	44,0	0,743
20,000	9,516	8,00	598,0	1,14	46,0	0,761
25,000	9,510	6,80	987,0	1,93	54,0	0,763
30,000	8,732	8,78	474,0	0,48	72,2	0,763
35,000	10,120	7,90	456,0	0,35	66,0	0,723
40,000	10,250	7,70	449,0	0,34	58,0	0,718
45,000	9,820	8,00	438,0	0,34	58,0	0,729
50,000	9,852	8,10	432,0	0,34	57,0	0,731
55,000	9,630	8,00	431,0	0,34	54,0	0,734
60,000	9,500	8,20	431,0	0,34	58,3	0,738
65,000	9,770	8,10	431,0	0,34	61,0	0,732
70,000	9,910	8,00	430,2	0,34	61,0	0,729
75,000	10,250	7,80	431,0	0,34	58,0	0,720
80,000	9,850	7,90	432,0	0,34	54,0	0,728
85,000	9,770	8,00	433,0	0,34	54,0	0,731
90,000	9,670	8,10	433,0	0,34	54,0	0,734
95,000	9,510	8,20	434,0	0,34	55,0	0,737

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

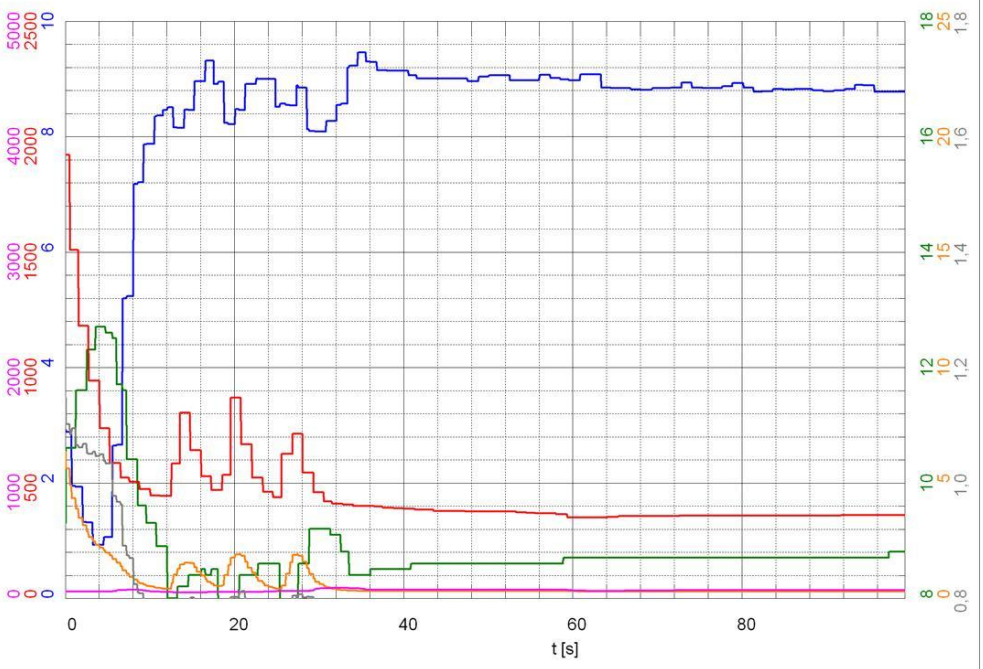
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E10

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (15:04) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

90% GSL
FUERZA DE TRACCION CONSTANTE 50 N
NARANJO-----SARATE

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (15:04) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	2,920	9,30	1920,0	6,34	58,0	1,147
5,000	1,060	12,60	735,0	1,97	58,0	1,033
10,000	7,870	9,30	467,4	0,52	62,3	0,788
15,000	8,450	8,40	641,0	1,51	49,0	0,801
20,000	8,254	7,90	868,0	1,78	54,0	0,802
25,000	8,510	8,60	436,0	0,41	61,0	0,763
30,000	8,080	9,20	458,0	0,69	80,6	0,790
35,000	9,450	8,40	398,0	0,31	80,0	0,742
40,000	9,130	8,50	388,7	0,30	72,8	0,749
45,000	9,000	8,60	378,0	0,30	73,0	0,752
50,000	9,033	8,60	375,0	0,30	74,0	0,753
55,000	8,970	8,60	369,0	0,30	74,0	0,754
60,000	8,970	8,70	350,0	0,30	68,7	0,755
65,000	8,830	8,70	352,0	0,29	62,0	0,757
70,000	8,830	8,70	356,0	0,29	67,0	0,757
75,000	8,840	8,70	357,0	0,29	68,0	0,757
80,000	8,920	8,70	357,0	0,29	68,0	0,755
85,000	8,810	8,70	357,0	0,29	68,0	0,757
90,000	8,780	8,70	357,0	0,29	68,0	0,758
95,000	8,880	8,70	359,0	0,29	68,0	0,757

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

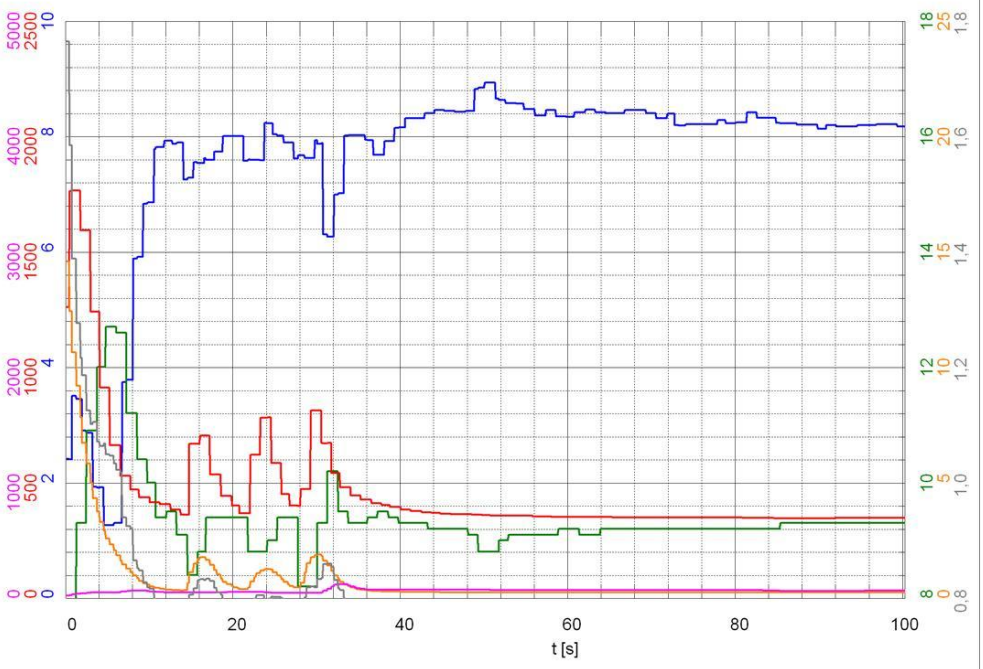
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E15

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (17:50) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

85% GSL
FUERZA DE TRACCION CONSTANTE 50N
NARANJO----SARATE

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (17:50) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	2,470	5,70	1258,0	16,48	14,0	0,000
5,000	1,260	12,70	911,0	2,59	48,0	1,049
10,000	6,850	10,00	436,0	0,58	61,0	0,819
15,000	7,280	8,40	668,0	1,11	49,0	0,806
20,000	8,000	9,40	401,0	0,52	52,0	0,789
25,000	8,030	9,00	585,0	1,12	46,0	0,802
30,000	7,930	8,20	812,0	1,88	47,0	0,819
35,000	8,020	9,30	445,0	0,39	84,0	0,781
40,000	8,150	9,30	394,0	0,28	73,0	0,775
45,000	8,450	9,20	366,0	0,25	73,0	0,768
50,000	8,840	8,80	359,0	0,25	74,0	0,756
55,000	8,470	9,10	358,0	0,25	70,0	0,766
60,000	8,330	9,20	352,0	0,25	70,0	0,771
65,000	8,400	9,20	351,0	0,25	70,0	0,769
70,000	8,400	9,20	350,0	0,25	70,0	0,769
75,000	8,210	9,20	350,0	0,25	70,0	0,774
80,000	8,220	9,20	349,0	0,25	70,0	0,774
85,000	8,230	9,20	346,0	0,25	64,0	0,773
90,000	8,130	9,30	346,0	0,25	63,0	0,776
95,000	8,190	9,30	347,0	0,25	63,0	0,775
100,000	8,170	9,30	347,0	0,25	64,0	0,775

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

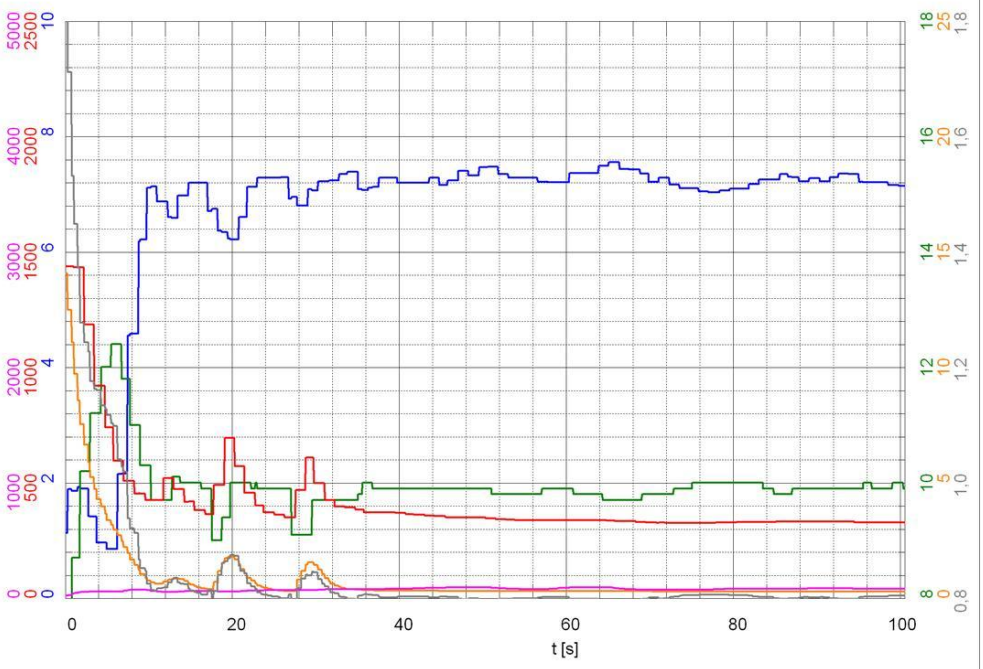
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E20

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (18:47) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

80% GSL
FUERZA DE TRACCION CONSTANTE 50N
NARANJO--SARATE

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (18:47) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	1,130	7,20	1437,0	14,07	22,0	1,931
5,000	0,850	12,00	740,0	3,38	57,0	1,117
10,000	7,110	10,30	424,0	0,76	68,0	0,825
15,000	7,190	10,00	418,0	0,58	63,0	0,813
20,000	6,210	10,00	694,0	1,80	59,0	0,875
25,000	7,280	9,90	370,4	0,37	68,0	0,803
30,000	7,060	9,70	497,0	1,44	70,0	0,845
35,000	7,335	9,71	384,0	0,36	78,9	0,799
40,000	7,190	9,90	370,0	0,33	81,0	0,803
45,000	7,150	9,90	356,0	0,31	91,0	0,803
50,000	7,460	9,90	349,0	0,31	94,0	0,797
55,000	7,280	9,80	337,0	0,30	78,0	0,800
60,000	7,200	9,90	337,0	0,30	90,0	0,802
65,000	7,498	9,70	335,0	0,30	92,9	0,795
70,000	7,210	9,80	327,0	0,30	72,0	0,801
75,000	7,100	9,91	326,0	0,29	72,0	0,805
80,000	7,090	10,00	328,0	0,29	82,0	0,805
85,000	7,250	9,80	330,1	0,29	83,0	0,800
90,000	7,270	9,90	332,0	0,29	84,0	0,801
95,000	7,323	9,90	328,0	0,29	81,0	0,799
100,000	7,140	10,00	327,0	0,29	80,0	0,804

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

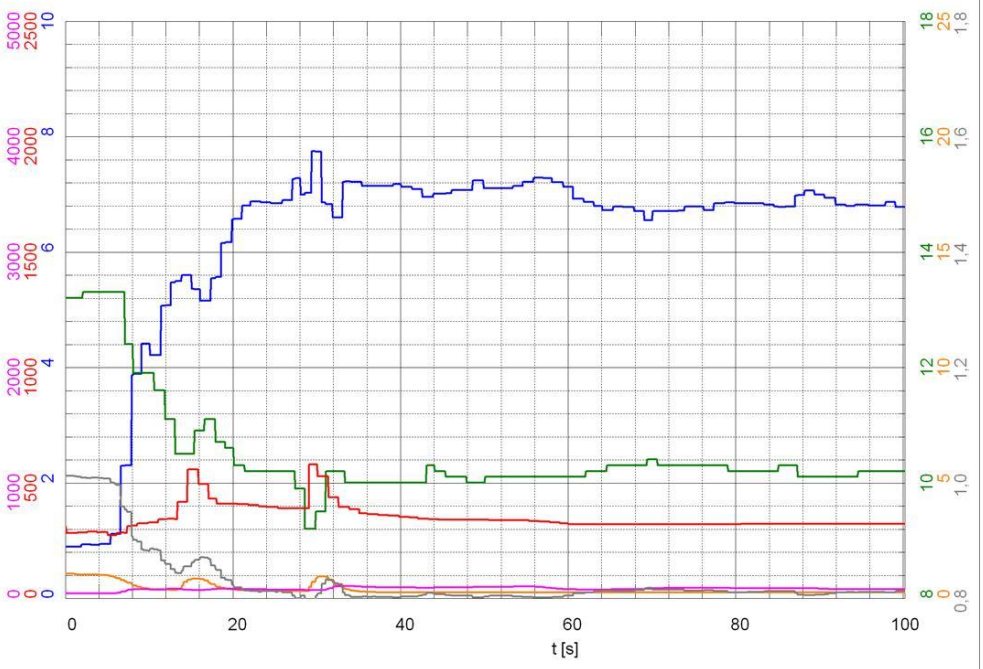
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E25

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (19:36) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

75% GSL
FUERZA DE TRACCION CONSTANTE 50N
NARANJ0-----SARATE

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: NICO

Fecha de la medición: 12.10.2011 (19:36) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	0,890	13,20	313,4	1,07	42,0	1,012
5,000	0,940	13,30	286,0	0,99	42,0	1,007
10,000	4,410	11,90	328,0	0,40	76,0	0,882
15,000	5,590	10,50	558,0	0,80	73,0	0,855
20,000	6,560	10,60	409,0	0,37	80,0	0,823
25,000	6,840	10,20	394,0	0,31	75,0	0,812
30,000	7,730	9,50	579,0	0,87	70,0	0,804
35,000	7,210	10,00	385,0	0,30	100,0	0,802
40,000	7,170	10,00	351,0	0,24	93,0	0,802
45,000	7,000	10,20	340,0	0,24	92,0	0,807
50,000	7,100	10,00	340,0	0,24	96,0	0,803
55,000	7,210	10,10	337,0	0,24	99,0	0,802
60,000	7,120	10,10	324,0	0,24	77,0	0,804
65,000	6,720	10,30	320,0	0,24	74,0	0,813
70,000	6,540	10,40	320,0	0,24	83,0	0,818
75,000	6,780	10,30	320,0	0,24	88,0	0,813
80,000	6,840	10,20	320,0	0,24	87,0	0,810
85,000	6,780	10,20	322,0	0,24	86,0	0,812
90,000	6,990	10,10	321,0	0,24	83,0	0,806
95,000	6,810	10,20	321,0	0,24	78,0	0,811
100,000	6,770	10,20	321,0	0,24	78,0	0,812

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

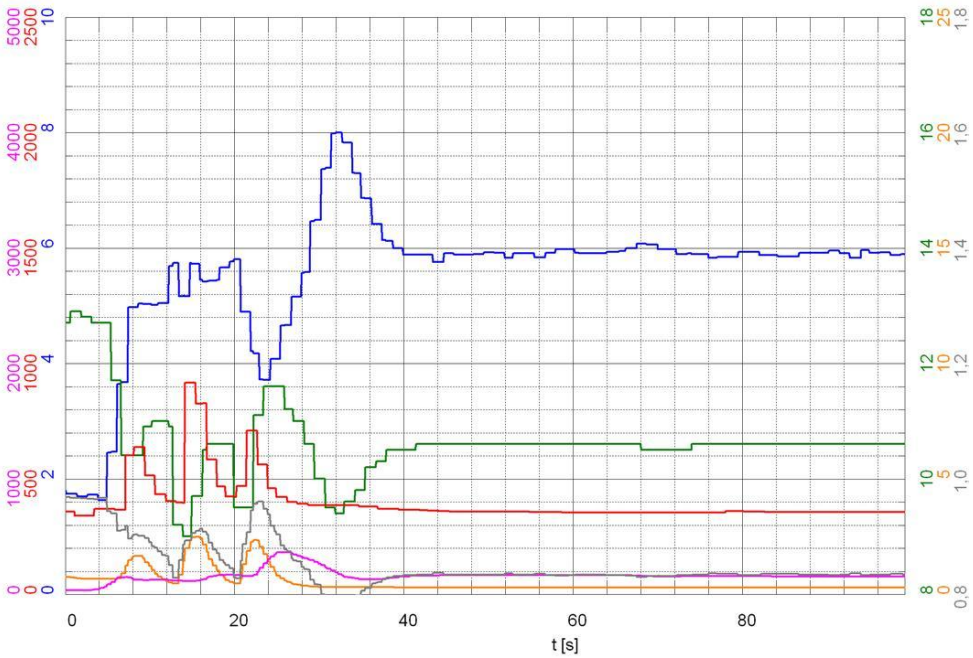
Análisis de gases dinámica aplicando una fuerza constante de 50N para E30

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Fecha de la medición: 13.10.2011 (21:50) Página 1

Curva de simulación de carga:



CO [% vol] | CO_2 [% vol] | HC [ppm vol] | O_2 [% vol] | NO [ppm vol] | Lambda

Comentarios:

70% gsl
FUERZA DE TRACCION CONSTANDE DE 50N
NARANJO-----SARATE

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

LPS 3000 LKW

Vehículo: Datsun J15
Matrícula: ABA 756
Probador: Nico

Fecha de la medición: 13.10.2011 (21:50) Página 2

Tablas de los datos de medición

Tiempo [s]	CO [% vol]	CO_2 [% vol]	HC [ppm vol]	O_2 [% vol]	NO [ppm vol]	Lambda
0,000	1,807	12,70	358,0	0,76	35,0	0,967
5,000	2,450	12,70	370,0	0,67	84,0	0,944
10,000	5,020	10,90	514,0	1,21	123,0	0,890
15,000	5,720	9,70	915,0	2,47	114,0	0,906
20,000	5,800	9,50	421,0	0,47	166,0	0,829
25,000	4,070	11,60	420,0	0,81	362,0	0,903
30,000	6,480	10,00	385,0	0,31	265,0	0,816
35,000	6,860	9,80	380,0	0,30	129,0	0,806
40,000	5,880	10,50	366,0	0,29	151,0	0,833
45,000	5,900	10,60	359,0	0,29	163,0	0,834
50,000	5,920	10,60	358,0	0,29	166,0	0,834
55,000	5,900	10,60	356,0	0,29	166,0	0,834
60,000	5,970	10,60	354,0	0,29	164,0	0,833
65,000	5,930	10,60	354,0	0,29	165,0	0,833
70,000	5,998	10,50	353,0	0,29	154,0	0,832
75,000	5,890	10,60	353,0	0,29	155,0	0,834
80,000	5,930	10,60	359,0	0,29	155,0	0,833
85,000	5,850	10,60	356,0	0,29	154,0	0,835
90,000	5,910	10,60	355,4	0,29	154,0	0,834
95,000	5,928	10,60	355,0	0,29	154,0	0,834

Valor mínimo Valor máximo

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007) Registro de valores de medición/regulador V1.09.001

BIBLIOGRAFÍA:

- GENGEL, Yanus, *Termodinámica*, México 2003, 4ta Edición.

- G.Hamm. *Tablas de la técnica del automóvil.* Alemania 1986. 14va edición.

- BOSCH, Robert, *Manual de la técnica del automóvil.* Alemania 2005. 4ta Edición.

- HORTA, Luis, *Aspectos Complementarios para la Definición de un Programa de Bioetanol en América Central*, CEPAL México 2004, p.22. Recuperado Junio 2011 en: *http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/14850/r857.pdf*

- TORRES Jaime. *Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades fisicoquímicas*. Colombia 2002. Recuperado Julio 2011 en: *http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE04_200612.pdf*

- ARIAS Patricia, *Determinación del poder calorífico por medio de la bomba calorimétrica.* Chile. Recuperado Septiembre 2011 en: *http://fisica.usach.cl/~pperez/termodinamica/Presentaciones-2009/poder%20calorifico.pdf*

- NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 935:2010. Gasolina requisitos. Séptima revisión.

- NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2378:2004. Aire requisitos. Primera revisión.

- NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2203:2000. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de gases de escape en condiciones de marcha mínima prueba estática.

- NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204:2000. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolinas.