



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

ESPE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PROYECTO DE GRADO

**“INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE UN BICOMBUSTIBLE ALCOHOL Y
GASOLINA COMO MEDIO ALTERNATIVO PARA MOTORES DE
COMBUSTIÓN INTERNA”**

REALIZADO POR:

ABEL POLIVIO REMACHE COYAGO

DANILO ISRAEL OTÁÑEZ SEGOVIA

LATACUNGA – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Abel Polivio Remache Coyago y el Sr. Danilo Israel Otáñez Segovia, bajo nuestra dirección, codirección y supervisión,

Ing. Guido Torres
DIRECTOR

Ing. Georgina Tirado
CODIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a todas las personas que estuvieron cerca de mi durante mi carrera universitaria; mi familia, mis profesores, mis compañeros, aquellos que de una u otra manera por medio de su consejo, apoyo o presencia han ido construyendo y forjando en mi, un espíritu y conciencia diferentes.

Abel Polivio Remache Coyago

AGRADECIMIENTO

A Dios y a María, porque ellos me han regalado inteligencia, sabiduría y me han dado la salud para seguir adelante en mis proyectos.

A mis padres, por darme su apoyo y consejo constantemente, siendo para mi una guía y sobretodo un buen ejemplo.

A mi hermana Martha quien ha puesto su esfuerzo y confianza en mi.

A mi familia, por estar siempre a mi lado y ser fuente de alegría y fortaleza en todo momento.

Abel Polivio Remache Coyago

DEDICATORIA

Dedicado de manera muy especial a mi madre OLGA, a mi hermana VERÓNICA y a mi novia quienes depositaron en mi toda su confianza con el pleno convencimiento que no las iba a defraudar, pero sobre todo por siempre brindarme su apoyo y amor incondicional, encaminándome siempre por el sendero del bien y la honestidad.

Se lo dedico también a JUANITO mi sobrino, al que espero le ayude como ejemplo y guía en su vida.

Danilo Israel Otáñez Segovia

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a DIOS por haberme colmado de bendiciones y darme la fortaleza para seguir adelante siempre y en todo momento.

A mis queridos padres por el amor, la entrega y la comprensión que me supieron dar en todo instante de mi vida.

De manera especial al Ing. Guido Torres e Ing. Georgina Tirado que en calidad de director y codirector me dieron su valiosa colaboración en la ejecución del proyecto de grado.

Al personal docente que conforma la carrera de Ingeniería Automotriz.

En especial al Ing. Germán Erazo por su ayuda incondicional.

Danilo Israel Otáñez Segovia

INTRODUCCIÓN

El tema del presente proyecto responde al deseo de disminuir las emisiones contaminantes causadas por la combustión de la gasolina en los motores de cuatro tiempos, estos gases afectan directamente a la salud de los seres vivos principalmente las personas. La concentración de miles de automóviles en los grandes centros urbanos hacen que se busquen acciones correctivas para proteger la salud de sus habitantes una de estas es la utilización de un bicomcombustible lo cual es objeto de nuestro estudio.

En el capítulo I se presentan las propiedades, parámetros de la gasolina y el etanol además presentamos la forma de obtención por laboratorio.

En el capítulo II se determina el diseño del sistema de alimentación y validación con el sistema estándar que posee el vehículo Chevrolet Rodeo 2.6L.

El capítulo III se presenta la adaptación y conexión del vehículo a los bancos de pruebas.

En el capítulo IV se determina los parámetros que se van a cuantificar en los bancos de prueba.

Finalmente en el capítulo V se realizan los cálculos para determinar rendimiento térmico, consumo de combustible, composición de las mezclas, poder calorífico, resultados de potencia, torque, emisiones de gases acompañados de los gráficos que nos indican los resultados.

ANTECEDENTES

La misión de la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, es formar profesionales teórico prácticos de excelencia, con capacidad de conducción y liderazgo, que impulsen el desarrollo de país.

La Carrera de Ingeniería Automotriz, forma profesionales calificados para la construcción, repotenciación y mantenimiento de sistemas automotrices.

El tema de Proyecto esta orientado al uso de combustibles alternativos, los cuales deben ser implementados en un vehículo luego de un estudio técnico y científico.

La adaptación de estos cambios en el vehículo deben tener por excelencia una mejora en varios aspectos de combustión y contaminación ambiental dentro de un vehículo, esta es la base primordial de un combustible alternativo.

En nuestro medio, y principalmente en las grandes ciudades, el tema de la contaminación es de gran interés y todos los proyectos relacionados al mismo son acogidos de inmediato por las autoridades encargadas. La utilización del etanol como carburante no solo reduce la contaminación sino, incrementa las fuentes de trabajo ya que la base del etanol en nuestro país son las plantaciones de caña.

Los países que ocupan este medio y cuentan con una tecnología avanzada son Japón y Brasil, en los cuales se ha pensado en estos dos puntos principales: contaminación y fuentes económicas.

JUSTIFICATIVOS

En Ecuador, la producción de petróleo ha sido y es una fuente de ingresos importante en los últimos años, pero tenemos una fecha límite de reservas que nos llevan a pensar en una racionalización y ahorro de combustible en nuestro país.

Existe hoy en día, otro problema por resolver que es el de la contaminación ambiental. El crecimiento vehicular en nuestro país y en las principales ciudades ha incrementado las enfermedades pulmonares y cancerígenas causadas por la emanación de gases tóxicos de combustiones incompletas de los derivados del petróleo.

Muchas ciudades como la capital, Quito, han implementado programas de buses ecológicos, y eléctricos (trolebús), en lo que se refiere al uso del diesel, pero no existe un programa específico para vehículos a gasolina.

Este proyecto tiene una importancia ilimitada puesto que ayuda al ahorro de combustible y uso de fuentes nuevas de energía; disminuye la contaminación ambiental al tratarse de un combustible alternativo y finalmente puede actuar como fuente económica, ya que ocupa mano de obra directa e indirecta y consume importante materia prima del país como es la caña, principal fuente de alcohol.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

“INVESTIGAR Y PROBAR EL BICOMBUSTIBLE: ALCOHOL Y GASOLINA, COMO CARBURANTE EN MOTORES DE CUATRO TIEMPOS.”

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Investigar y recomendar el alcohol específico para la combustión en motores de cuatro tiempos.
2. Diseñar y probar la obtención del alcohol anteriormente dicho.
3. Experimentar en un laboratorio termodinámico la combustión del bicomcombustible y verificar ventajas y desventajas.
4. Obtener los parámetros de operación del bicomcombustible y calcular sus curvas de operación, verificando el porcentaje alcohol - gasolina.
5. Establecer la mezcla óptima del bicomcombustible, para obtener un rendimiento efectivo, baja contaminación, sin rediseñar los elementos del motor.
6. Establecer los resultados generales y recomendaciones sobre la experiencia.

METAS DEL PROYECTO

1. Investigar y aplicar un proyecto de investigación científica en el plazo de 1 año.
2. Incentivar al consumo del bicomcombustible y proponerlo como programa de descontaminación.
3. Dejar abierta la posibilidad de un estudio futuro de la utilización al 100%, de alcohol en motores de cuatro tiempos y aplicación de un bicomcombustible diesel – alcohol.
4. Promover y establecer un nuevo combustible para las prácticas, en la cual podremos establecer las propiedades y similitudes del alcohol con la gasolina.

INDICE

I. INTRODUCCION A LAS PROPIEDADES Y PARAMETROS DEL ALCOHOL Y LA GASOLINA	6
1.1 EL ALCOHOL Y SUS PROPIEDADES... ..	6
1.1.1 CARACTERISTICAS	6
1.1.1.1 METANOL	6
1.1.1.2 ETANOL	7
1.1.1.2.1 DATOS FÍSICO QUÍMICOS	8
1.2 COMBUSTIÓN	11
1.3 APLICACIONES	11
1.4 GASOLINA Y SUS PROPIEDADES	11
1.4.1 DESINTEGRACIÓN TÉRMICA	11
1.4.2 DESINTEGRACIÓN CATALÍTICA	12
1.4.3 CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIÓN EN UN MOTOR	12
1.4.4 APLICACIONES	13
1.5 BICOMBUSTIBLE ALCOHOL – GASOLINA	13
1.5.1 ANALISIS DE SU COMPATIBILIDAD	14
1.5.2 EXPERIENCIAS	15
1.6 ALCOHOL ANHIDRO	17
1.6.1 FORMAS DE OBTENCIÓN POR LABORATORIO	17
1.7 CONSTRUCCIÓN Y OBTENCIÓN POR LABORATORIO	18
1.7.1 DISEÑO DEL APARATO	18
1.8 PARAMETROS A TOMAR PREVIA OBTENCIÓN	20
II. DISEÑO DEL SISTEMA	21
2.1 DISEÑO DEL TANQUE DEL BICOMBUSTIBLE	21
2.1.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL TANQUE PARA BICOMBUSTIBLE	21
2.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	25

2.2.1	DIBUJO DEL SISTEMA	25
2.2.2	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL	25
2.2.3	DETERMINACIÓN DE LA ALTURA O COLUMNA TOTAL	27
2.2.4	CORRECCIÓN POR VISCOSIDAD	29
2.3	DISEÑO DE LAS BASES	30
2.3.1	DETERMINACIÓN DE LA CARGA PERMISIBLE	30
III.	ADAPTACIÓN A LOS BANCOS DE PRUEBAS	34
3.1	ELEMENTOS QUE FORMAN EL DINAMÓMETRO DE RODILLOS DYNO RACE	34
3.1.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	35
3.1.2	UBICACIÓN Y VISTA EN PLANTA ESQUEMÁTICA	35
3.2	ADAPTACIÓN Y ACCESORIOS	37
3.2.1	CADENAS DE SEGURIDAD	38
3.2.2	ADAPTACIÓN DE SOFTWARE AL SISTEMA	39
3.2.3	EQUIPO DE VENTILACIÓN	39
3.3	ANALIZADOR DE GASES	40
3.3.1	EQUIPO	40
3.3.2	ESPECIFICACIONES	41
3.3.3	CONEXIONES AL ANALIZADOR DE GASES	43
IV.	EXPERIMENTACIÓN Y PROCESOS EN EL BANCO DE PRUEBAS	45
4.1	BANCO DE PRUEBAS	45
4.1.1	PARÁMETROS A TOMAR	45
4.2	EXPERIMENTACIÓN	46
4.3	PRUEBAS EN EL ANALIZADOR DE GASES	48
4.3.1	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	49
4.3.2	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	50
4.3.3	HIDROCARBUROS (HC)	51
4.3.4	OXÍGENO (O ₂)	52
4.3.5	ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x)	52
4.3.6	RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE	53
4.3.6.1	RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE (AFR)	53

4.3.6.2	LAMBDA	54
4.4	TABLAS REGISTRADAS	55
V.	CÁLCULOS, CURVAS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS	58
5.1	OBTENCIÓN DE DATOS CARACTERÍSTICOS DE FUNCIONAMIENTO	58
5.1.1	DATOS DEL MOTOR IZUSU (CHEVROLET – RODEO)	58
5.1.2	CARACTERÍSTICAS, GASOLINA EXTRA Y ETANOL ANHIDRO ..58	
5.1.2.1	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL COMBUSTIBLE	59
5.1.2.1.1	GASOLINA EXTRA	59
5.1.2.1.2	GASOLINA EXTRA 95% - ETANOL 5%	62
5.1.2.1.3	GASOLINA EXTRA 90% - ETANOL 10%	65
5.1.2.1.4	GASOLINA EXTRA 85% - ETANOL 15%	67
5.1.2.1.5	GASOLINA EXTRA 80% - ETANOL 20%	70
5.1.3	DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA Y TORQUE	75
5.1.3.1	GASOLINA EXTRA 100%	76
5.1.3.2	GASOLINA EXTRA 95% - ETANOL 5%	77
5.1.3.3	GASOLINA EXTRA 90% - ETANOL 10%	78
5.1.3.4	GASOLINA EXTRA 85% - ETANOL 15%	79
5.1.3.5	GASOLINA EXTRA 80% - ETANOL 20%	80
5.2	TABULACIÓN DE DATOS	81
5.2.1	POTENCIA Y TORQUE	81
5.3	CÁLCULOS	84
5.3.1	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉRMICO	84
5.3.2	DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE	87
5.3.3	TABULACIÓN DE DATOS Y GRÁFICOS	87
5.4	CURVAS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS	90
5.4.1	CURVAS COMPARATIVAS POTENCIA	90
5.4.2	CURVAS COMPARATIVAS TORQUE	97
5.5	EMANACIÓN DE GASES TÓXICOS: RESULTADOS	104
5.5.1	EMANACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	104
5.5.2	EMANACIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)	110
5.5.3	EMANACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	117

5.5.4	EMANACIÓN DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x)	124
5.5.5	EMANACIÓN DE OXÍGENO (O ₂)	131
5.5.6	CURVAS DEL FACTOR DE EXCESO DE AIRE (λ)	138
5.5.7	CURVAS DE LA RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE (AFR)	142
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
6.1	CONCLUSIONES	143
6.2	RECOMENDACIONES	146
	ANEXOS	147
	BIBLIOGRAFIA	148

VII. INTRODUCCIÓN A LAS PROPIEDADES Y PARÁMETROS DEL ALCOHOL Y LA GASOLINA

1.1 EL ALCOHOL Y SUS PROPIEDADES

Debemos tomar en cuenta que el uso del alcohol en vehículos a gasolina inició en 1982 pero exclusivamente para elevar el octanaje y no con otro fin.

Dentro del estudio del alcohol para uso en motores de combustión interna, y para ciclos de cuatro tiempos específicamente, debemos referirnos a dos tipos principales que tienen características similares y que pueden ser ocupados en combinación con la gasolina, estos son Metanol y Etanol.

1.1.1 CARACTERÍSTICAS

1.1.1.1 METANOL

Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-OH}$, se obtiene de la madera, carbón y gas natural principalmente, aunque en la actualidad se la obtiene sintéticamente en laboratorios.

Es de tipo incoloro, y muy toxico, puede causar ceguera irreversible por destrucción del nervio óptico, e incluso al ser consumido en una cantidad de 30 ml, puede causar la muerte.

A continuación en el gráfico 1.1 tenemos el proceso general de obtención del metanol.

- ***Carbón, biomasa, desecho celulósico***
- ***Gas natural***
- ***Preparación de la materia prima***

- **Preparación de síntesis de gas**
- **Síntesis de Metanol**
- **Destilación y Limpieza**
- **Metanol**
- **MTBE: Methyl tertiary butyl ether**

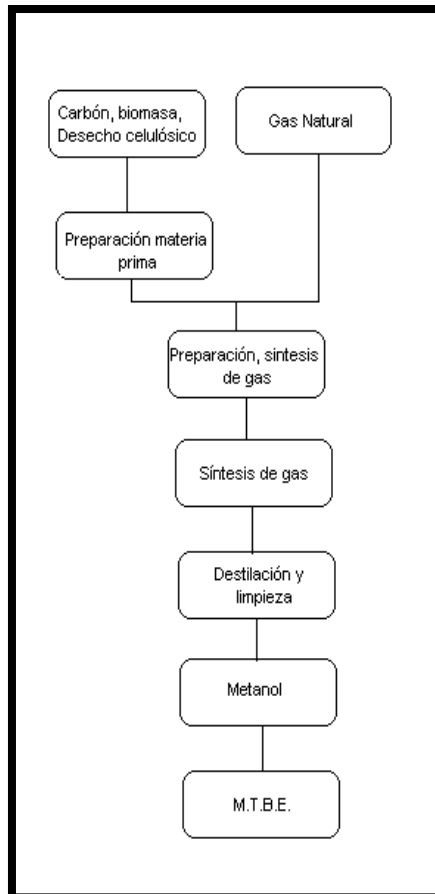


Gráfico 1.1 Proceso del metanol.¹

1.1.1.2 **ETANOL**

Químicamente su fórmula es $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$, y existen varias fuentes de obtención tales como:

- Caña de azúcar, melaza y sacarosa
- De cereales como trigo, cebada, maíz
- De almidones como la yuca, papa, camote
- De Celulosos, tales como la madera y de residuos agrícolas.

¹ www.bbiethanol.com/news.

1.1.1.2.1 DATOS FISICOQUÍMICOS

- Masa molecular: 46,07 g/mol
- Punto de ebullición: 78 °C
- Punto de fusión: -114 °C
- Densidad: 0,789 g/ml
- Concentración máxima permitida en los lugares de trabajo: 1.0000 ppm

Se debe tener muy en cuenta que la materia prima para obtener etanol puede ser cualquier vegetal que contenga almidón, es la gran ventaja en cuestión de producción.

Dentro de sus propiedades tenemos que es inflamable, aunque es mas estable que la gasolina incluso para su transportación, de tipo incoloro, presenta menor toxicidad que el metanol, y posee un alto octanaje.

Se debe resaltar que los alcoholes son muy solubles en el agua y por lo general los alcoholes comunes contienen porcentajes bajos de este liquido. Por los materiales que un motor y sus componentes esta conformado y para obtener la combustión adecuada, es recomendable ocupar un alcohol diferente y optimo para este estudio, aunque según pruebas hechas en Brasil, el alcohol anhidro o deshidratado es el que mejores resultados ha dado en lo vehículos.

A continuación en el gráfico 1.2 tenemos el proceso de obtención del etanol, el cual de respecto a experiencias y de acuerdo a la obtención es el mas factible de adquirir y producir en nuestro país.

- **Recolección cosecha de granos, azúcar,**
- **Celulosas (materia prima)**
- **Molienda seca o húmeda**
- **Conversión de encimas**
- **Fermentación**
- **Destilación**
- **Secamiento y limpieza**
- **Ethanol**
- **ETBE: Ethyl tertiary butyl ether**

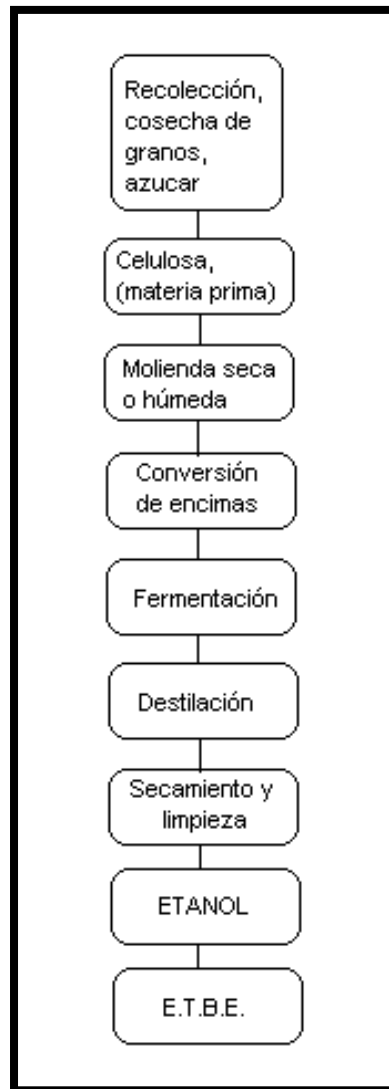


Grafico 1.2 Proceso del etanol.²

² www.bbiethanol.com/news.

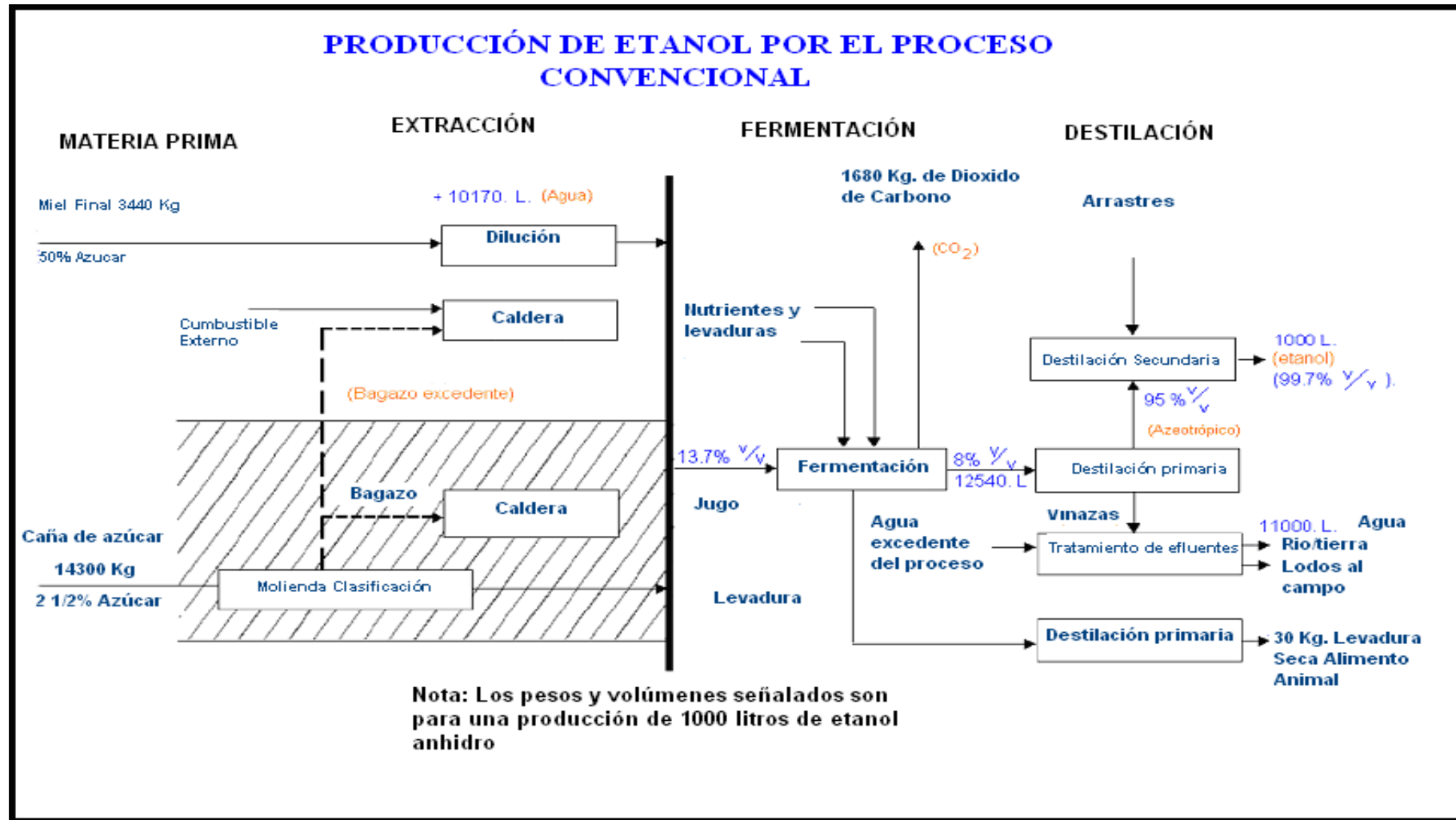


Grafico 1.3 Producción de etanol por el proceso convencional.³

³ <http://www.conae.gob.mx/work/secciones/2603/imagenes/etanol.pdf>.

1.2 COMBUSTIÓN

Con respecto a la combustión del Etanol veremos en los capítulos siguientes los porcentajes que pueden variar en la combustión final. Es posible una variación de un 20% a 10% en baja con respecto a la contaminación, en lo que se refiere a dióxido de carbono y a los hidrocarburos producto de la combustión. En contenidos de azufre se puede apreciar en la tabla 1.2 que el alcohol anhidro no contiene tal producto.

1.3 APLICACIONES

Comúnmente se lo utiliza en bebidas alcohólicas, para medicinas de uso externo, productos cosméticos, agentes de uso industrial y mecánico y la producción de desinfectantes o uso médico.

Tanto en Brasil como en Japón, estos alcoholes ya son utilizados dentro del uso automotriz, en Brasil en un porcentaje de un 20 % y en Japón en un 5% combinado con la gasolina convencional. Cabe anotar que el 5% ira incrementando con el tiempo puesto que Japón no posee materia prima suficiente para poder abastecer a la población vehicular.

1.4 LA GASOLINA Y SUS PROPIEDADES

En la actualidad la gasolina se obtiene por dos medios principales: directamente del petróleo y mediante procesos sintéticos de laboratorio.

Dentro de los medios que puede nuestro país obtener las gasolinas son directamente del petróleo, pero patrocinado por tecnología extranjera lo cual hace que la gasolina sea mas costosa y las compañías obtengas mayores beneficios por dicha tecnología.

Existen dos procesos dentro de la obtención directa del petróleo y son:

1.4.1 DESINTEGRACIÓN TÉRMICA

Este proceso trata al petróleo a presiones y temperaturas elevadas lo cual hace que las moléculas se rompan y se obtengan los átomos requeridos de carbono para la gasolina la cual oscila entre C_5 y C_9 , debemos aclarar que estos procesos son largos y requieren de alta tecnología.

1.4.2 DESINTEGRACIÓN CATALÍTICA

También utiliza presiones y temperaturas pero son mas bajas que en el caso anterior, agregado a esto se aumentan compuestos químicos denominados catalizadores los cuales a mas de permitir utilizar temperaturas y presiones inferiores incrementan la velocidad de reacción del proceso.

1.4.3 CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIÓN EN UN MOTOR

Con respecto a la combustión en un motor a gasolina podemos obtener los siguientes resultados de la emisión de gases en un sistema convencional.

Nombre	Símbolo	Porcentaje
Nitrógeno	N ₂	71 %
Vapor de agua	H ₂ O	9 %
Anhídrido carbónico	CO ₂	18 %
Oxígeno y otros	O ₂	1 %
Contaminantes		1 %
	NO _x	0,08 %
	HC	0,05 %
	CO	0,85 %
	Partículas sólidas	0,02 %

Tabla 1.1 Fuente : OLADE, Análisis y Experiencias de la Utilización del Alcohol.

1.4.4 APLICACIONES

Las aplicaciones principales de la gasolina están dedicadas al uso en motores de ciclo Otto de cuatro tiempos de combustión interna en lo que se refiere a automóviles, y de dos tiempos para motociclos. para el uso en la industria de la navegación en motores fuera de borda y en general para navegación, también se lo hace en turbinas y lo que se refiera a aviación.

1.5 BICOMBUSTIBLE ALCOHOL - GASOLINA

En el Ecuador la producción de alcohol puede ser una fuente importante de ingresos y de mano de obra, si a esta producción la consideramos para la obtención de el etanol como combustible. Las fuentes pueden ser diversas, tenemos una gran producción de caña de azúcar, celulosas (maderas), almidones y cereales.

Al tratar de ingresar un bicomcombustible no solo obtenemos ventajas económicas, sino también se puede reducir los niveles de monóxido de carbono en gran porcentaje, además que no posee sustancias aromáticas como las tiene la gasolina sin plomo que son altamente cancerígenas y afectan la salud humana. En el caso de almacenaje, transportación, y tratamiento que se le debe proveer a este combustible, haremos notar que debido a que el alcohol posee una mayor estabilidad térmica, requiere labores que son de menor peligrosidad que la gasolina.

En la tabla 1.2 tenemos las principales propiedades de donde podemos sacar conclusiones y hacer un análisis pre-experimental y de los mismos.

COMBUSTIBLES	GASOLINA	METANOL	ETANOL
Composición	C4 -C10	CH3 - OH	CH3 - CH2 - OH
Punto de Ebullición °C a 1 atm	26,6 a 215,5	65	68,13
Densidad (Kg/m3)(Kg/l)	688.7 a 784.80 0.695 a 0.778	788 a 796	789 a 810
Contenido energía (MJ/kg)(MJ/l)	43.49-44.42 31.22-33.72	20 - 15,76	26,74 - 21,09
Temperatura de Autoignición °C	232.2 a 482.2	470	423.8
Punto de inflamabilidad °C	-42.77	11.11	21,11
Rango Número de octano (R+M) / 2	87 a 93	99	100
Límites de inflamabilidad % vol. aire	bajo = 1,4 alto = 7,6	bajo = 6,7 alto = 36,0	bajo = 4,3 alto = 19,0
Contenido de azufre (% en peso)	0.020 a 0.045	ninguno	ninguno
Velocidad de la flama (m/s)	0.3962	0.3962	0.3962

Tabla 1.2 Fuente : OLADE, Análisis y Experiencias de la Utilización del Alcohol.

1.5.1 ANÁLISIS DE SU COMPATIBILIDAD

Lo primero que debemos prever es el análisis de su tipo de inflamación, de acuerdo a la tabla 1.2, la velocidad de la flama es similar al de la gasolina común, lo que nos demuestra que tendremos una combustión similar en el proceso de ignición del motor.

Por otra parte en la misma tabla podemos apreciar el Rango de Numero de Octanos, presentando el alcohol un alto octanaje, lo que nos da a suponer que tendremos un efecto antidetonante menor, o como conocemos en el campo automotriz un menor “golpeteo”, por lo que sus combustiones podrían ser mas estables y silenciosas. No debemos olvidar que la combustión del alcohol es mas completa y limpia que el de la gasolina común.

Debemos tomar muy en cuenta los puntos de inflamabilidad, el alcohol presenta una temperatura muy alta (tabla 1.2), lo cual implica que a bajas temperaturas el encendido de un bicomcombustible tendría problemas, entonces hay que hacer ciertas modificaciones y análisis en ese sentido, para no tener estas complicaciones, tal vez sea necesario un dispositivo de arranque en frío, o un mecanismo para evadir este problema.

Además de estos problemas, hay que tomar la decisión de trabajar con un tipo de **alcohol anhidro**, ya que el alcohol convencional al contener un porcentaje de agua puede dañar o degenerar progresivamente los componentes del motor. Otro problema del agua es que afecta directamente a la mezcla del bicomcombustible, ya que como todos sabemos la gasolina y el agua no se mezclan, pero el agua y el alcohol si; entonces el resultado concurrirá en que no se producirá la mezcla del bicomcombustible como se pretende, y el resultado de la combustión no será el esperado.

Por último revisando la fórmula del alcohol ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$, etanol), podemos considerar que puede existir un efecto empobrecedor al momento de la combustión ya que el etanol contiene oxígeno en su molécula. Entonces al producirse esta consecuencia, tendremos que analizar en que porcentaje afecta a la potencia y funcionamiento del motor, y si es necesario establecer cambios en la puesta a punto del motor, lo cual no sería un problema mayor.

1.5.2 EXPERIENCIAS

Experimentalmente el alcohol es de gran aplicación para motores de combustión interna, en ciertos países esta experimentación ha dado varios resultados los cuales haremos una síntesis para darnos cuenta de los problemas y beneficios del alcohol.

Por ejemplo se ha encontrado que incluso se puede ocupar para la sustitución parcial del diesel, ocupando alcohol hidratado tal como se obtiene directamente de una destilería. En cambio para la mezcla alcohol – gasolina se requiere necesariamente la utilización de alcohol anhidro, o por lo menos de un alcohol al 96°, es decir 4% de agua y 96% de alcohol o etanol puro.

Con las diferentes experiencias y al ocupar en mas de un 20% la mezcla, el problema con mayor frecuencia que se presenta es el deterioro de válvulas y diafragmas de bombas, como también en los diversos componentes plásticos dentro del sistema de conducción de combustible, pero esto ha sido resuelto sencillamente reemplazando por elementos de diverso material que existen en el mercado y que son mas resistentes al alcohol etílico.

En ciertos países se experimentó con alcohol no deshidratado y el resultado fue negativo lo cual implico fallas y las experimentaciones se dejaron de hacer, y si el alcohol no es de tipo anhidro podríamos obtener las siguientes consecuencias:

- Baja en la Potencia
- Arranques defectuosos, principalmente en frío
- Deterioro de las partes expuestas a la corrosión y oxidación

- El sistema de escape presenta daños por la presencia excesiva de agua luego de las combustiones
- La vida útil de las bujías se acorta

Y experimentando con motores al 100% de alcohol anhidro, se puede obtener buenos resultados siempre y cuando los motores sean modificados en partes importantes, además como es una combustión mas fría es necesario modificaciones en el múltiple de admisión, incrementar la eficiencia térmica, y cambiar componentes de vida corta a componentes de mayor durabilidad.

1.6 ALCOHOL ANHIDRO

El alcohol anhidro no es sino el Etanol producido normalmente y que ha sido extraído el agua mediante un proceso deshidratación, para lo cual se requiere de varios procesos y equipos .

1.6.1 FORMAS DE OBTENCIÓN POR LABORATORIO

Existen varias clases de procesos para la obtención de alcohol anhidro, de acuerdo al agente utilizado y por distintivos de cada proceso.

Proceso 1:

Se obtiene utilizando un agente de deshidratación sólido, y se lo hace en procesos continuos y discontinuos.

Proceso 2:

Se utiliza un agente de deshidratación de tipo liquido, y se lo puede dividir en:

- Se utiliza un sistema azeotrópico partiendo del alcohol en estado liquido o gaseoso.

- Utilizando deshidratación y purificando las flemas en estado líquido o vapor, utilizando presiones normales y alta presión
- Deshidratando directamente del vino

Proceso 3:

Utilizando un agente de deshidratación líquido de tipo absorbente.

Proceso 4:

Diversos procesos

1.7 CONSTRUCCIÓN Y OBTENCIÓN POR LABORATORIO

1.7.1 DISEÑO DEL APARATO

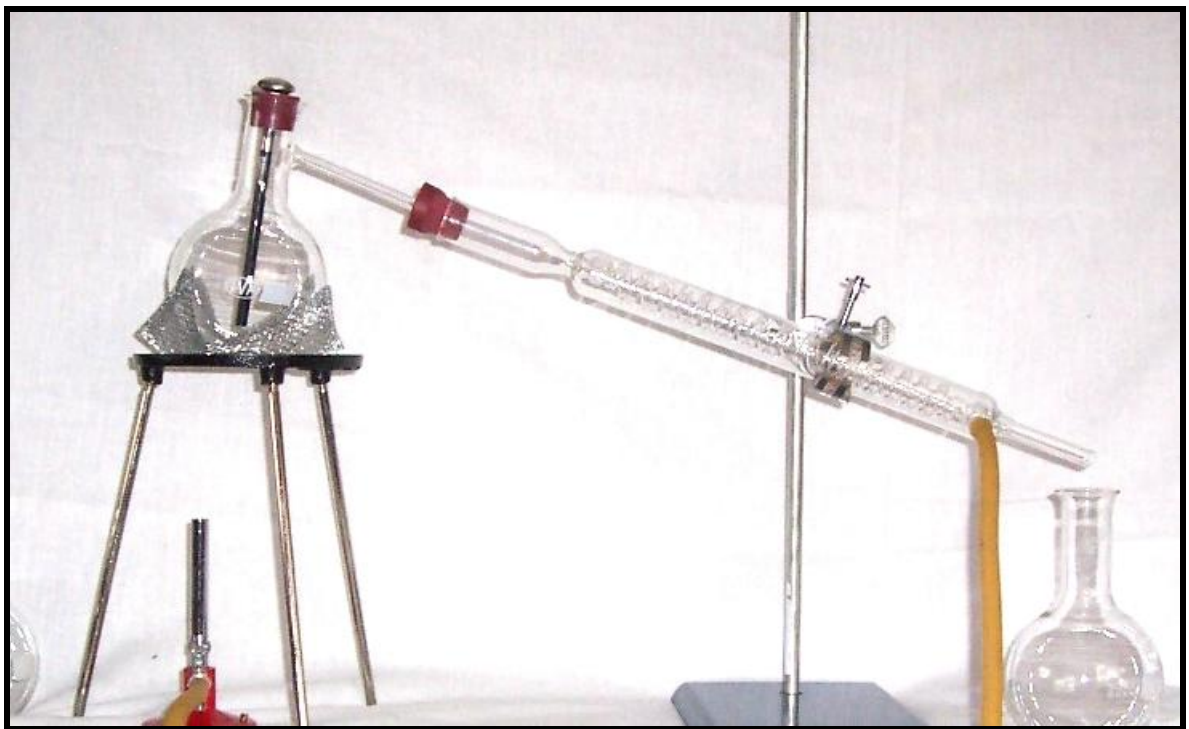


Figura 1.1 Destilador (Fuente y construcción propia)

Una forma básica de la destilación por laboratorio es la de la figura 1.1 para lo cual necesitamos de los siguientes aparatos y materiales:

1. Mechero de bunsen
2. Trípode
3. Malla
4. Matraz de destilación (balón)
5. Refrigerante de serpentín
6. Soporte universal
7. Doble nuez
8. Pinza universal
9. Matraz de balón
10. Termómetro
11. Capuchones
12. Gas
13. Agua refrigerante
14. Mangueras

La refrigeración debe ser continua para tener una destilación rápida y con mejores resultados, la flama del mechero regulada de acuerdo a la temperatura que debe ser verificada por medio del termómetro de una manera secuencial.



Figura 1.2 Termómetro ubicado en el destilador (Fuente y construcción propia)

En la figura 1.2 se puede apreciar la ubicación del termómetro, este nos servirá de referencia para controlar la temperatura de ebullición del alcohol, que no debe ser mayor a $78,3^{\circ}\text{C}$, o superar al menos en un rango de hasta 5°C .

1.8 PARÁMETROS A TOMAR PREVIA OBTENCIÓN

Al etanol producido actualmente hay que hacerle un proceso de deshidratación y la mezcla alcohol etílico – agua esta compuesta así:

- 95,7% peso alcohol etílico.
- 4,3% peso del agua.
- $78,15^{\circ}\text{C}$ punto de ebullición de una “mezcla”.
- $78,3^{\circ}\text{C}$ punto de ebullición del alcohol anhidro.
- 100°C punto de ebullición del agua.

Con respecto a la **mezcla** son líquidos de diferente naturaleza química pero que no tiene nada que ver con el alcohol anhidro.

El proceso mas exacto es el azeotrópico que presentamos a continuación su forma de obtención.

Para obtener una mayor pureza en el alcohol anhidro se debe eliminar esta mezcla, para esto se sigue un proceso mas largo añadiendo un arrastrador que bien puede ser benceno alcanzando un porcentaje de la siguiente manera:

Benceno (denominado arrastrador)	74.1%
Etanol	18.5%
Agua	7.4%

Al añadir y obtener esta mezcla, el benceno se combina con el agua y su punto de ebullición es 64.85°C , se realiza el proceso de destilación a esa temperatura y conseguimos la siguiente mezcla resultante y sin agua:

Etanol anhidro	32.4%
Benceno	67,6%

Al llegar a esta mezcla destilamos a un punto de ebullición es 68.25°C

Y al final ya eliminado el benceno y el agua obtenemos alcohol anhidro destilando a $78,3^{\circ}\text{C}$, logrando así el etanol anhidro utilizando un arrastrador en este caso el benceno.

DISEÑO DEL SISTEMA

DISEÑO DEL TANQUE DEL BICOMBUSTIBLE

Los recipientes a presión diseñados para contener líquidos y gases a presión interna son las esferas y los cilindros con sus extremos cerrados. La presión interna tiende a hacer estallar el recipiente debido a los esfuerzos de tensión presentes en sus paredes.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL TANQUE PARA BICOMBUSTIBLE

Datos:

Presión interna en el recipiente, p .

Material del que está hecho el recipiente se supone que es metal dúctil.

Diámetro interno nominal del recipiente basado en la capacidad volumétrica deseada.

Objetivo:

Especificar el diámetro externo, D_o , el diámetro interno, D_i , y el espesor de la pared, t , del recipiente con el objeto de garantizar la seguridad del recipiente con respecto a esfuerzos de diseño y resistencia a la corrosión del mismo.

1. Use el diámetro dado como una estimación del diámetro medio, D_m , del recipiente.

$$D_m (\text{Diámetro}_m) = 0.373 \text{ m}$$

2. En principio suponga que el recipiente será de pared delgada y que el esfuerzo máximo se puede calcular con la ecuación:

$$\left[\sigma = \frac{pD_m}{2t}; \sigma (\text{Esfuerzo}_m) = \frac{p(\text{Presión}_m)D_m}{2t(\text{Espesor}_m)} \right]^{32} \text{ para un cilindro. Esta suposición se verificará más adelante.}$$

3. Calcule el esfuerzo de diseño del material del que está hecho el recipiente.

$$[\sigma_d = S_u / N]^{33}$$

$$\sigma_d (\text{Esfuerzo}_d) = S_u (\text{Resistencia}_u) / N (\text{Factor}_d)$$

$$S_u \text{ AISI430recocido} = 517 \text{ MPa} (\text{Anexo}_1)$$

$$N = 15 (\text{Anexo}_2)$$

$$\sigma_d = \frac{517}{15} = 34.466 \text{ MPa}$$

4. En la ecuación de esfuerzo apropiada, sustituya el esfuerzo de diseño correspondiente al esfuerzo máximo y resuélvalo para el espesor de pared mínimo requerido, t

$$[\sigma = \frac{pD_m}{2t}]^{34}$$

$$[p_{abs} = p_{gage} + p_{gas} + p_{atm}]^{35}$$

$$[p_{gage} = \gamma_{e \tan ol} * h]^{36}$$

³² Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.544, 1996.

³³ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.547, 1996.

³⁴ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.545, 1996.

³⁵ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.43, 1996.

³⁶ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.46, 1996.

$$[t = \frac{pD_m}{2 * \sigma_d}]^{37}$$

$$\sigma(\text{Esfuerzo}_{\text{máximo}}) = \frac{p(\text{Presión}_{\text{interna}})D_m(\text{Diámetro}_{\text{medio}})}{2 * t(\text{Espesor}_{\text{de la pared}})}$$

$$\sigma = \sigma_d$$

$$D_m = 0.373m$$

$$P_{abs} = P_{gage} + P_{gas} + P_{atm}$$

$$P_{gage} = \gamma_{\text{etanol}} * h$$

$$P_{gage} = \gamma_{\text{etanol}} (\text{Peso}_{\text{específico del líquido}}) * h(\text{Cambio}_{\text{de elevación}})$$

$$\gamma_{\text{etanol}} = 7.72 \text{KN} / m^3$$

$$h = 0.4m$$

$$P_{gage} = 7.72 * 0.4 = 3.1 \text{KPa}$$

$$P_{gas} = 7 - 10 \text{KPa}$$

$$P_{atm} = 101.3 \text{KPa} (\text{Anexo}_3)$$

$$P_{abs} = 114.4 \text{KPa}$$

$$t = \frac{pD_m}{2 * \sigma_d}$$

$$t = \frac{p(\text{Presión}_{\text{interna}})D_m(\text{Diámetro}_{\text{medio}})}{2 * \sigma_d(\text{Esfuerzo}_{\text{de diseño}})}$$

$$t = \frac{114.4 * 0.373}{2 * 34466} = 6.19 * 10^{-4} m$$

5. Especifique valores convenientes de t, D_i y D_o, basados en los espesores del material disponible. También se puede usar la tabla A-2 del (Anexo_4) para especificar las dimensiones básicas preferidas.

$$1mm$$

$$t = 1mm$$

$$D_i(\text{Diámetro}_{\text{interno}}) = 0.373m$$

$$D_o(\text{Diámetro}_{\text{externo}}) = 2t + D_i = 0.375m$$

$$D_m(\text{Diámetro}_{\text{medio}}) = t + D_i = 0.374m$$

6. Calcule la relación del diámetro medio al espesor de pared del recipiente, D_m/t.

³⁷ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.545, 1996.

$$\frac{D_m}{t} = \frac{0.374}{0.001} = 374$$

7. Como $[D_m / t \geq 20]$ ³⁸, el recipiente es de pared delgada como se supuso y el diseño está terminado.
8. El espesor del material calculado para el tanque bicomcombustible es menor que la del tanque original del vehículo, por lo tanto cumple con lo requerido.
9. Con respecto a la corrosión la mezcla no será superior al 20%, sus efectos son mínimos en el material del tanque de combustible original.³⁹

2.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

2.2.1 DIBUJO DEL SISTEMA

El nuevo sistema será utilizado en un motor Isuzu 2600cc que funcionara a una altura máxima de 4000m sobre el nivel del mar.

³⁸ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.539, 1996.

³⁹ www.motor.com.co

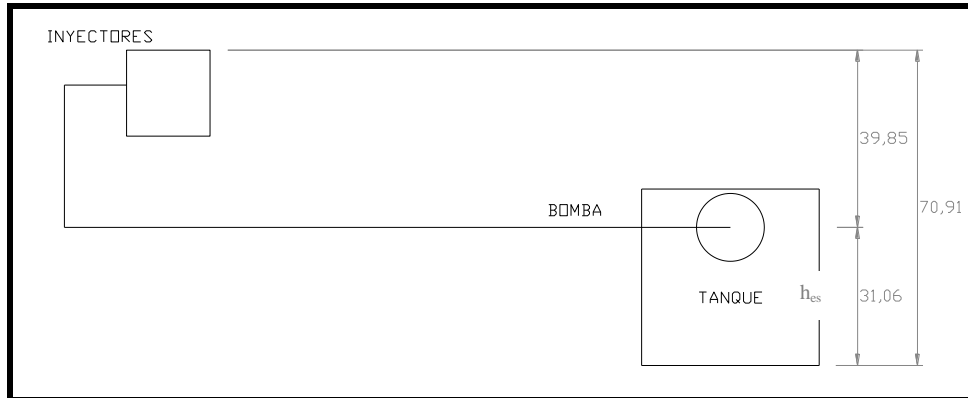


Gráfico 2.1 Alturas del sistema de combustible.

2.2.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

Determinamos la rapidez de consumo de combustible del motor experimentalmente.

$$[V_C = \frac{V \text{ Prueba}}{\text{tiempo}}]^{40}$$

$$V_C = \frac{V \text{ Prueba}}{\text{tiempo}}$$

$$V_C = \frac{60 \text{ cc}}{19 \text{ s}} = 3.15 \frac{\text{cc}}{\text{s}}$$

$$V_C = 3 \frac{\text{gal}}{\text{h}}$$

$$V_C = 0.05 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

Diámetro de succión es de 5/16" (7.94mm), diámetro interior 6.160mm, área de flujo $2.980 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

Diámetro de descarga es de 1/4" (6.35mm), diámetro interior 4.572mm, área de flujo $1.642 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

Número de Reynolds, en la tubería de succión

$$[N_R = \frac{vD}{\nu}]^{41}$$

$$N_R = \frac{vD}{\nu}$$

$$N_R = \frac{v(\text{Velocidad de flujo})D(\text{Diámetro de succión})}{\nu(\text{Viscosidad cinemática})}$$

⁴⁰ Guillermo Cabrera, Folleto laboratorio de termodinámica p.7, 2003.

⁴¹ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.222, 1996.

$$[v = \frac{Q}{A}]^{42}$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = v_s = \frac{Q(\text{Caudal})}{A(\text{Area de flujo})} = \frac{0.18925}{2.980 * 10^{-5}} * \frac{1}{60000} = 0.10584 \text{ m/s}$$

$$v = 8.03 * 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{s} (\text{viscosidad, cinemática, a } 30^{\circ} \text{ C})$$

$$N_R = \frac{0.10584 * 7.94^{-3}}{8.03^{-7}} = 1046.54$$

*Como $N_R < 2000$ el flujo es laminar.*⁴³

Número de Reynolds, en la tubería de descarga

$$N_R = \frac{vD}{\nu} = \frac{v(\text{Velocidad de flujo})D(\text{Diámetro de descarga})}{\nu(\text{Viscosidad cinemática})}$$

$$v = v_d = \frac{Q(\text{Caudal})}{A(\text{Area de flujo})} = \frac{0.18925}{1.642 * 10^{-5}} * \frac{1}{60000} = 0.1921 \text{ m/s}$$

$$v = 8.03 * 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{s} (\text{viscosidad, cinemática, a } 30^{\circ} \text{ C})$$

$$N_R = \frac{0.1921 * 6.35^{-3}}{8.03^{-7}} = 1519.04$$

Como $N_R < 2000$ el flujo es laminar.

2.2.3 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA O COLUMNA TOTAL

h_s = Altura de succión.

h_d = Altura de descarga.

H = Altura o columna total.

h_{ps} o h_{pd} = Cabeza de presión estática (absoluta) aplicada

⁴² Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.146, 1996.

⁴³ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.223, 1996.

al fluido, expresada en metros (o pies) del líquido.

h_{es} = Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito hacia la entrada de la bomba, expresada en metros o pies.

Si la bomba está debajo del depósito, h_{es} es positiva. (Preferida.)

Si la bomba, está arriba del depósito, h_{es} es negativa.

h_f = Pérdida por fricción en la tubería de succión, h_{fs} o descarga h_{fd} expresada en metros o pies.

h_{vs} o h_{vd} = Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo en metros (o pies) del líquido.

$$[h_s = h_{es} + h_{fs} + h_{vs} \pm h_{ps}]^{44}$$

$$[h_{vs} = \frac{v_s^2}{2g}]^{45}$$

$$[h_{fs} = \left[f \frac{L}{D_s} + \sum k \right] \frac{v_s^2}{2g}]^{46}$$

$$h_s = h_{es} + h_{fs} + h_{vs} \pm h_{ps}$$

$$h_{vs} = \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_{vs} = \frac{0.10584^2}{2 * 9.8} = 5.71536^{-4} m$$

⁴⁴ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.435, 1996.

⁴⁵ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.268, 1996.

⁴⁶ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.237, 1996.

$$h_{fs} = \left[f \frac{L}{D_s} + \sum k \right] \frac{v_s^2}{2g}$$

$$\frac{fLv_s^2}{D_s 2g} \text{ de_tablas(Anexo5)} = 7.36mm$$

$$k = 0.2 \text{ de_tablas(Anexo6)}$$

$$0.2 \frac{v_s^2}{2g} = \frac{0.2 * 0.10584^2}{2 * 9.8} = 1.08mm$$

$$h_{fs} = 7.36 + 1.08 = 8.44mm$$

$$h_{es} = 3106mm$$

$$h_s = 3106 + 8.44 + 0.5715 = 3115.01mm$$

$$h_d = h_{ed} + h_{fd} + h_{vd} \pm h_{pd}$$

$$h_{vd} = \frac{v_d^2}{2g}$$

$$h_{vd} = \frac{v_d^2}{2g} = \frac{0.1921^2}{2 * 9.8} = 1.883^{-3} m$$

$$h_{fd} = \left[f \frac{L}{D_d} + \sum k \right] \frac{v_d^2}{2g}$$

f ; coeficiente de fricción

L ; longitud tubería

D_d ; diámetro de descarga

$$\left(\frac{fLv_d^2}{D_d 2g} \text{ (Perdidas por fricción de tablas(Anexo5)} = 1.1mm \right)$$

$k = 0.1 \text{ de_tablas(Anexo6)}$

$$0.1 \frac{v_d^2}{2g} = \frac{0.1 * 0.1921^2}{2 * 9.8} = 0.98mm$$

$$h_{fd} = 1.1 + 0.98 = 2.08mm$$

$$h_{ed} = 3985mm$$

$$h_d = 3985 + 2.08 + 1.883 = 3988.963mm$$

$$[H = h_s + h_d],^{47}$$

$$H = h_s + h_d$$

$$H = 3115.01 + 3988.963 = 7103.973$$

$$H = 71.0397 \text{ cm}$$

$$H = 0.7104 \text{ m}$$

2.2.4 CORRECCIÓN POR VISCOSIDAD

Anexo 7

$$CH(\text{Corrección por carga}) = 0.99$$

$$CQ(\text{Corrección por capacidad}) = 0.98$$

$$H_{H_2O} = \frac{H}{CH} = \frac{0.7104}{0.99} = 0.7176 \text{ m}$$

$$Q_{H_2O} = \frac{Q}{CQ} = \frac{0.05}{0.98} = 0.051 \text{ GPM} = 1.93^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$[Pot = \frac{H * Q * \gamma}{75}],^{48}$$

H; columna total corregida

Q; caudal corregido

γ; peso específico de tanol

$$Pot = \frac{H * Q * \gamma}{75} = \frac{0.7176 * 1.93^{-4} * 7.72^3}{75} = 0.0143 \text{ CV}$$

La Potencia de la bomba tiene que ser $\geq 0.0143 \text{ CV}$.

2.3 DISEÑO DE LAS BASES

2.3.1 DETERMINACIÓN DE LA CARGA PERMISIBLE

⁴⁷ Robert L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, p.435, 1996.

⁴⁸ Instituto Hidráulico, Folleto 1955.

Para la junta traslapada mostrada en la figura determinamos la carga permisible en ella si las placas son de 3/16, 1/16, 1/16, 1/8 plg de espesor de abajo hacia arriba por 2 "1/8 plg de ancho y están unidas por 2 tornillos de 5/16plg de diámetro ASTM A325. Las placas del medio son de bronce y de acero estructural la superior e inferior.

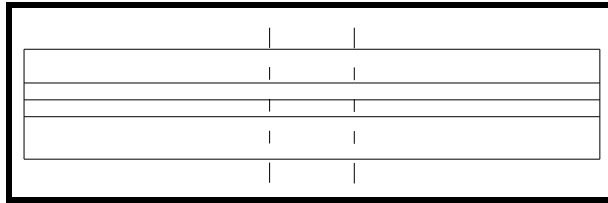


Gráfico 2.2 Junta traslapada

Datos:

Espesor de las placas 7/16, ancho de las placas $w = 2\frac{1}{8}$; ASTM A242

$s_u = 70\text{ksi}$ y Acero inoxidable AISI 430 recocido $s_u = 75\text{ksi}$.

Falla por cortante

Según el anexo 8, $\tau_a = 17.5\text{ksi}$, Por tanto:

$$[A_s = \frac{N_s \pi D^2}{4}]^{49}$$

A_s = Área sometido a cortante.

N_s = Número de secciones transversales de remaches disponibles para resistir el cortante.

D = Diámetro del tornillo

$$A_s = \frac{N_s \pi D^2}{4} = \frac{2\pi(5/16)^2}{1 * 4} = 0.1534\text{plg}^2$$

La capacidad de la junta a cortante es:

F_s = Capacidad de la junta a cortante.

τ_a = Esfuerzo cortante permisible en los remaches.

A_s = Área sometido a cortante.

$$[F_s = \tau_a * A_s]^{50}$$

$$F_s = 17500 * 0.1534$$

$$F_s = 2684.5\text{lb}$$

Falla por apoyo o aplastamiento

$$[F_b = \sigma_{ba} A_b]^{51}$$

F_b = Capacidad de la junta de resistir al apoyo o aplastamiento

⁴⁹ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.564, 1996.

⁵⁰ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.564, 1996.

⁵¹ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.564, 1996.

σ_{ba} = Esfuerzo de apoyo permisible

$$[A_b = N_b D t];^{52}$$

A_b = Área sometida a apoyo = $N_b D t$

N_b = Número de superficies sometidas a apoyo

t = Espesor de las placas

Para apoyo, [$\sigma_{ba} = 1.20 S_u$],⁵³. Para AISI 430 recocido $S_u = 75\text{ksi}$, $S_y = 40\text{ksi}$.

S_y ; resistencia a la cedencia.

S_u ; resistencia última.

$$\sigma_{ba} = 1.20 * 75000$$

$$\sigma_{ba} = 90000 lb / \text{plg}^2$$

El área sometida a aplastamiento es:

$$A_b = N_b * D * t$$

N_b = Número de superficies sometidas a apoyo

D = Diámetro del tornillo

t = Espesor de las placas

La fuerza en una u otra placa es resistida por 4 superficies:

$$A_b = 4 * 5/16 * 7/16 = 0.5469 \text{ plg}^2$$

La capacidad de la junta sometida a aplastamiento es:

$$F_b = 90000 * 0.5469$$

$$F_b = 49221 lb$$

Falla por tensión

$$[F_t = \sigma_{ta} * A_t];^{54}$$

$$[\sigma_{ta} = 0.6 * S_y];^{55}$$

⁵² Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.564, 1996.

⁵³ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.565, 1996.

⁵⁴ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.565, 1996.

⁵⁵ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.565, 1996.

$$\sigma_{ta} = 0.6 * 40000$$

$$\sigma_{ta} = 24000lb / plg^2$$

F_t = Capacidad de la junta a tensión

σ_{ta} = Esfuerzo permisible a tensión

A_t = Área neta sometida a tensión

S_y = Resistencia a la cedencia.

El área neta sometida a tensión, suponiendo que $D_H = D + 1/16plg$, es:

$$[A_t = (w - ND_H)t];^{56}$$

$$A_t = (w - ND_H)t = (2.125 - (2 * 5/16 + 0.063)) * 7/16 = 0.6287plg^2$$

w = Ancho de placa

D_H = Diámetro del agujero (en estructuras se usa $D_H = D + 1/6 plg$ o $D = 2mm$)

N = Número de agujeros en la sección de interés.

t = Espesor de las placas

La capacidad de la junta a tensión es:

$$F_t = 24000 * 0.6287$$

$$F_t = 15088.8lb$$

Como la falla por cortante es la menor con una carga de 2684.5 lb, ésta es la capacidad de la junta.

⁵⁶ Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, p.565, 1996.

III. ADAPTACIÓN A LOS BANCOS DE PRUEBAS

3.1 ELEMENTOS QUE FORMAN EL DINAMÓMETRO DE RODILLOS DYNO RACE

Para las distintas pruebas de potencias, torque, a diversas velocidades hemos utilizado un dinamómetro de rodillos (figura 3.1), el cual consta de los siguientes elementos:

- ESTRUCTURA FIJA AL HORMIGONADO.
- CHASIS, BASTIDOR, FRENO HIDRAÚLICO, BOMBA HIDRAÚLICA,
- SISTEMA ELÉCTRICO.
- SENSOR DE VELOCIDAD.
- SENSOR DE CARGA DE FRENADO.
- INTERFASE CONVERSORA DIGITAL.
- PLACA PUERTO DE ENTRADA DE DATOS A LA COMPUTADORA.
- COMPUTADORA PC, AT, MONITOR, TECLADO.
- SOFTWARE DE MEDICIÓN.



Figura 3.1 Dinamómetro de rodillos (Fuente: Laboratorio Dr. Power)

3.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Diámetro de los rodillos	217 mm.
Distancia entre rodillos	233 mm.
Medidas exteriores del conjunto	3388 x 960 x 313 mm.
Peso bruto	950 kg.
Carga máxima sobre rodillos	15000 kg.
Potencia máxima medible	360 hp.
Velocidad máxima	260 Km/h (7000 r.p.m.)
Alimentación eléctrica	220 V. / 30 / 80 Hz. 1.5 Kva.
Consumo de Agua	250 cm ³ / hora.

3.1.2 UBICACIÓN Y VISTA EN PLANTA ESQUEMÁTICA

A continuación en la figura 3.2, en una vista superior observamos el lugar en el que están ubicados cada uno de los elementos descritos anteriormente en la sección 3.1

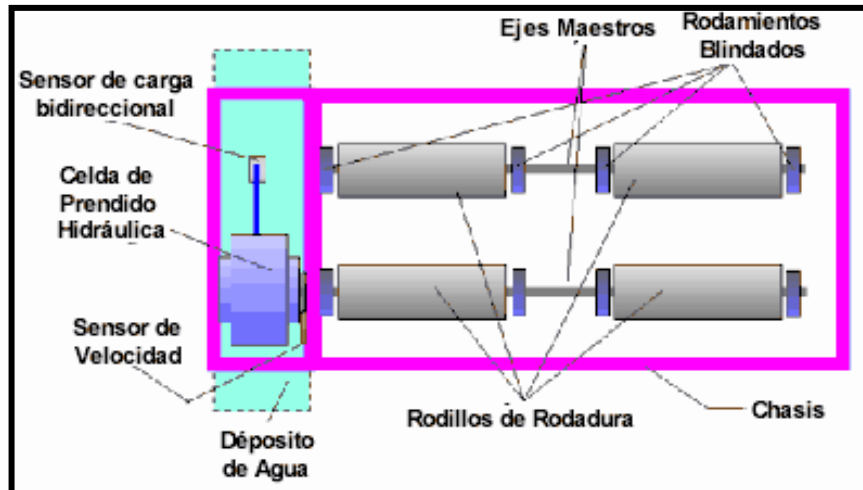


Figura 3.2 Planta esquemática dinamómetro (Fuente: Dyno Race Web - Dr. Power)

Este elemento permite rodar cualquier vehículo, dentro del taller, a la velocidad deseada, con mayor o menor pendiente de frenado pudiendo registrar en forma gráfica y grabar los resultados de las mediciones efectuadas.

El sensor bidireccional de carga se utiliza para establecer la carga real que proporciona al vehículo en ese instante, tanto la celda hidráulica como el depósito de agua suministran una carga preestablecida, la cual es calculada por el conversor y el software, de ahí que se puede calcular también la pérdida de potencia. Además el agua sirve como refrigerante ya que se trabaja a elevadas revoluciones.

Resulta muy común que un automotor presente defectos de funcionamiento en condiciones normales o severas de marcha, las que solo pueden ser detectadas haciendo rodar el mismo en un camino que permita circular en las condiciones en que se produce la falla.

Con el DINAMÓMETRO de Rodillos, sólo tomará unos minutos establecer la causa exacta de la misma ya que el vehículo se prueba dentro de una sala, con el capo abierto (figura 3.3), teniendo la posibilidad de conectar los analizadores de encendido, inyección, o gases de escape, y estudiar el comportamiento de todos los sistemas, o sea que sin desmontar el motor se pueden medir las prestaciones de potencia, aceleración y comparar con las especificaciones del vehículo.



Figura 3.3 Vehículo en el dinamómetro (Fuente: Laboratorio Dr. Power)

Asimismo nos permite verificar la transmisión, la caja de velocidades y realizar la búsqueda de la óptima puesta a punto del móvil sin salir del taller

3.2 ADAPTACIÓN Y ACCESORIOS

En nuestras pruebas utilizamos un vehículo CHEVROLET RODEO, modelo 1996 de inyección electrónica MPFI (figura 3.4), al cual vamos a probar con las distintas proporciones de combustible.



Figura 3.4 Vehículo de pruebas (Fuente Propia)

Primeramente las ruedas que poseen tracción deben ir sobre los rodillos, hay que posicionarlos horizontalmente para evitar que se vuelque a un lado, como si se tratara de un riel como se muestra en la figura 3.5.

Los rodillos se encargaran de elevar los neumáticos ayudado por la bomba hidráulica luego de haberlos posicionado, actuando como una gata hidráulica y dejando a las ruedas solo sujetas por los rodillos.



Figura 3.5 Rodillos de rodadura (Fuente: Laboratorio Dr. Power)

3.2.1 CADENAS DE SEGURIDAD

Como se puede observar en la figura 3.6, el vehículo, en nuestro caso un CHEVROLET RODEO, va asegurado con un sistema de cadenas de seguridad doble, este sujeta al vehículo a altas revoluciones y evita un posible mal posicionamiento sobre los rodillos, lo cual evade la salida de los neumáticos de su lugar y cause posibles daños. Las cadenas deben estar ubicadas en ambos extremos del vehículo y en sentido contrario a la dirección que tomaría el vehículo si estuviera en marcha.



Figura 3.6 Aseguramiento por cadenas (Fuente: Laboratorio Dr. Power)

3.2.2 ADAPTACIÓN DE SOFTWARE AL SISTEMA

Todos los sensores y parte del equipo van conectados a un procesador, este procesador trabaja con el software Dyno RACE compatible en windows xp. Este programa calcula exactamente las potencias, presiones, torque, temperatura, para lo cual debe tener conexión con la estación meteorológica. En la figura 3.7 se observa parte del programa instalado en el computador.

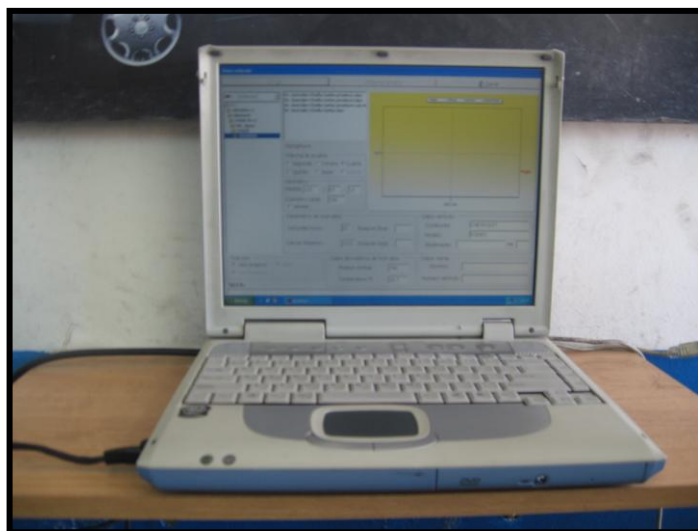


Figura 3.7 Computador del dinamómetro (Fuente: Laboratorio Dr. Power)

3.2.3 EQUIPO DE VENTILACIÓN

Este ventilador de 110 V. tiene dos funciones primordiales. La primera es simular el viento que a su vez sirve para la refrigeración del motor, esto es necesario ya que actúa como si el vehículo estuviera en una carretera con en aire frente al radiador.

La segunda es evitar que se acumulen los gases emanados por la combustión en el laboratorio. El ventilador debe ser ubicado de frente al automóvil (figura 3.8), lo mas cercano posible, dejando un espacio para manipular el capo y accesorios del motor.



Figura 3.8 Ventilador (Fuente: Laboratorio Dr. Power)

3.3 ANALIZADOR DE GASES

3.3.1 EQUIPO

El equipo que se ha utilizado para estas pruebas es un RAG GasCheck L (figura 3.9 y 3.10) para motores de gasolina con las siguientes características técnicas.



Figura 3.9 Analizador de gases (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L.)
Método de medición: Infrarrojo no dispersivo (CO, CO₂, HC)
Sensores electroquímicos (O₂, NO_x)



Figura 3.10 Analizador de gases (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L.)

3.3.2 **ESPECIFICACIONES:**

Gas	Rango	Precisión	Resolución
CO	10% Vol.	+/- 3% de lectura	0.01 % Vol.
CO₂	20% Vol.	+/- 3% de lectura	0.01 % Vol.
HC	15000 ppm vol. (hexano)	+/- 3% de lectura	1 ppm Vol.
O₂	25% Vol.	+/- 5% de lectura	0.01 % Vol.
Nox	5000 ppm vol.	+/- 5% de lectura	1ppm Vol.

Tabla 3.1 Especificaciones de lecturas del analizador de gases.

Las mediciones se pueden hacer por medio del software conectado a un PC o por medio de una pantalla directa que se encuentra en la parte media del mismo equipo. El software puede calcular con mayor exactitud y nos presenta la posibilidad de trabajar con impresiones de pantalla así como la inicialización del programa y de una prueba a las rpm que se desee. En las figuras 3.11 y 3.12 presentamos los modos de visualización e impresión del software.

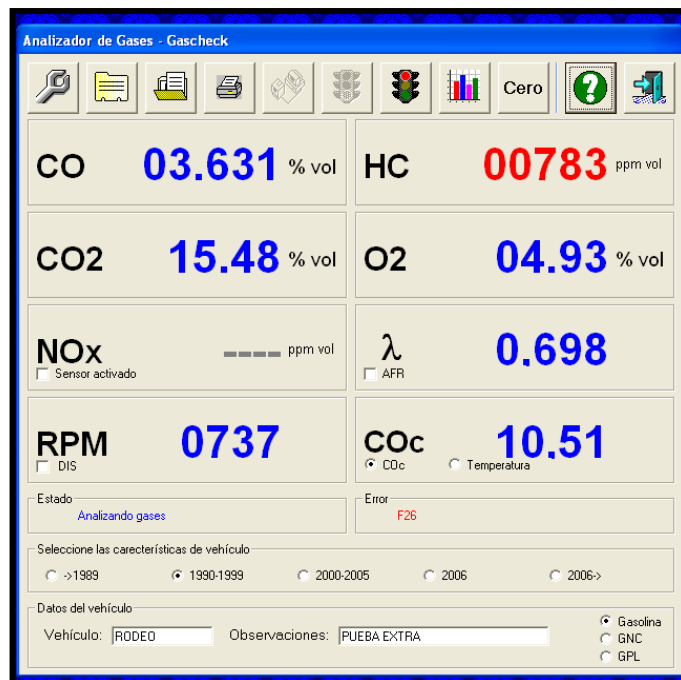


Figura 3.11 (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L Programa RAG GASCHECK.)

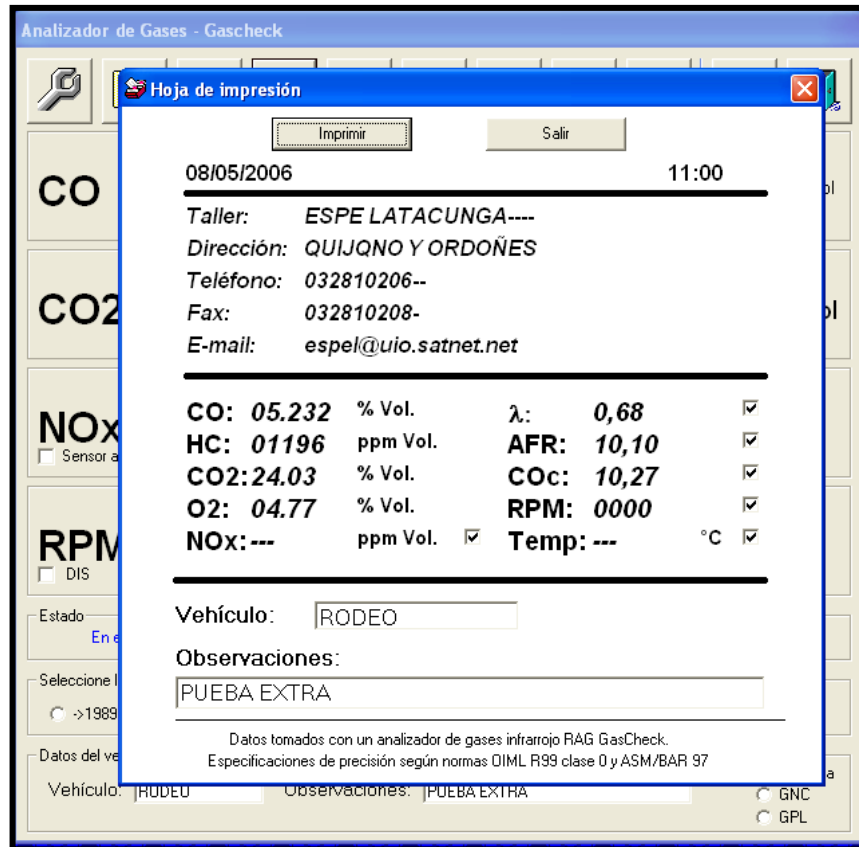


Figura 3.12 (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L Programa RAG GASCHECK.)
 La pantalla central presenta visualizaciones en 7 segmentos pero con menos posibilidad de datos en monitor (figura 3.13).



Figura 3.13 (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L Programa RAG GASCHECK.)

Con el bicomcombustible preparado debemos hacer llegar la mezcla hasta los inyectores para tener con exactitud los porcentajes de los gases expulsados por la combustión en el motor.

3.3.3 CONEXIONES AL ANALIZADOR DE GASES

Antes de realizar las conexiones al vehículo se debe tener listo el bicomcombustible, cuando se haga el vaciado del tanque tener en cuenta el CEC, consumo específico de combustible para establecer el tiempo en el que el nuevo combustible llega a las cámaras y estar seguros que es la mezcla que está trabajando en el instante de la prueba.

Las conexiones son dos sencillas y básicas:

- La primera se conecta el sensor al escape como se muestra en la figura 3.14,
- La segunda conectamos el sensor de pulsos y rpm al cable del cilindro 1 del motor como se ve en la figura 3.15



Figura 3.14 Sonda de toma de gases (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L.)



Figura 3.15 Pinza para medir rpm (Fuente: Laboratorio Mecánica de Patio E.S.P.E.L.)

IV. EXPERIMENTACIÓN Y PROCESOS EN EL BANCO DE PRUEBAS

4.1 BANCO DE PRUEBAS

Para realizar las diferentes pruebas de potencia, torque, potencia disipada, etc. y realizar los diferentes cálculos hemos utilizado un dinamómetro

4.1.1 PARÁMETROS A TOMAR

Los principales parámetros que se tiene en cuenta son:

Porcentaje de combustible.- la concentración de alcohol y gasolina antes de realizar la prueba, para nuestro caso, al 100% de gasolina, al 5, 10, 15, 20% de

alcohol-gasolina. Debe entenderse que es un 5, 10 15, 20% de alcohol mas el restante de porcentaje en gasolina.

Diámetro de Rueda.- se la toma en milímetros.

Marcha de prueba.- se la realiza en marcha directa 1:1, para nuestro caso es la cuarta marcha. Se utiliza esta marcha para evitar relaciones de engranajes diferentes y además para facilidad del programa de cálculo.

Tiempo de aceleración.- este dato se lo toma en segundos.

Presión atmosférica.- en bares.

Temperatura externa.- Es la temperatura ambiental y debe ser tomada en grados centígrados °C.

Las cargas y revoluciones del dinamómetro vienen predeterminados por el fabricante, se debe tener en cuenta que este dinamómetro trabaja a altas revoluciones y en vehículos que no sean de doble tracción. Solo se puede hacer la prueba conectada una sola tracción si se tratara de un vehículo todo terreno.

4.2 EXPERIMENTACIÓN

Las pruebas para el bicomcombustible las experimentamos una a una, drenando el tanque de combustible y haciendo consumir por completo cada muestra de concentración previamente preparada, tal como se muestra en la figura 5.1.



Figura 4.1 Fuente: Laboratorio Dr. Power.

El vehículo de prueba es un CHEVROLET RODEO que previamente debe estar a temperatura de trabajo para obtener datos más exactos en las curvas y también para evitar el desgaste del motor puesto que vamos a trabajar en altas revoluciones.

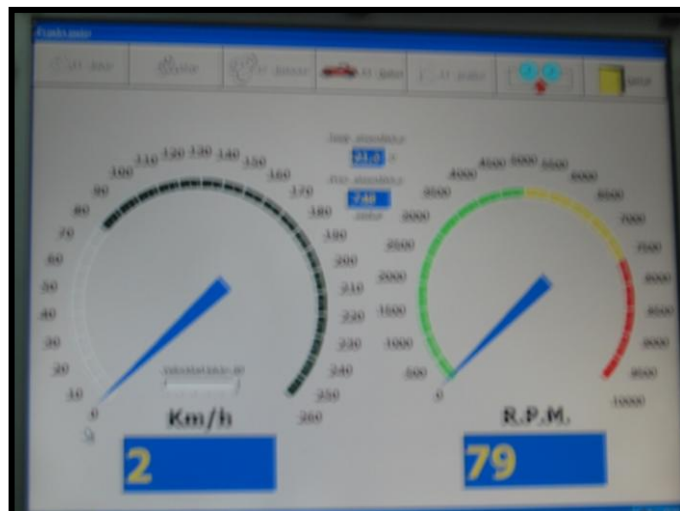


Figura 4.2 Fuente: Laboratorio Dr. Power.

Hay que tener en cuenta ciertas condiciones para hacer lo anteriormente dicho. Primeramente drenar por completo y enseguida poner un poco de la mezcla que vamos a experimentar, esto evita que pueda dañarse la bomba de alta presión del tanque de combustible, ya que estamos trabajando con un vehículo de inyección electrónica. Luego hacer consumir todo el combustible de la prueba anterior que se encuentra en el sistema de alimentación (cañerías, filtros, bomba), todo esto con el fin de lograr una curva exacta y verdadera del bicomcombustible de prueba. La figura 5.2 y 5.3 muestran la pantalla principal con la que se opera en el laboratorio.



Figura 4.3 Fuente: Laboratorio Dr. Power.

También es necesario disponer de equipos de seguridad y seguir ciertas normas puesto que se está trabajando con combustibles altamente inflamables. Al menos trabajar con extintores, y ventiladores para evitar intoxicación. Con relación, al combustible ya mezclado se debe evitar el contacto con los ojos y la boca, especialmente al momento de drenar si se lo hace con mangueras evitar este tipo de contacto ya que el etanol es altamente tóxico.



Figura 4.4 Fuente: Laboratorio Dr. Power.

4.3 PRUEBAS EN EL ANALIZADOR DE GASES

Para entender las mediciones en un analizador de gases, es necesario primero entender cada uno de los gases, cómo se producen y qué concentraciones de un gas en particular llevarían a un diagnóstico en una condición particular.

4.3.1 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El Dióxido de carbono es medido en porcentaje de volumen. Este gas, es un compuesto que se forma cuando un átomo del Carbono del combustible o hidrocarburos se combina con dos átomos de Oxígeno del aire durante el ciclo de combustión de un motor.

Como un átomo del Carbono se puede combinar con uno o con dos átomos de Oxígeno, cuando la eficiencia de la combustión es pobre, se formará Monóxido de

carbono (CO). Si se logra una buena eficiencia de la combustión, se formará Dióxido de carbono (CO₂). La proporción entre CO y CO₂ en los gases de escape es una muestra de la eficiencia de la combustión. Para tener una idea aproximada de la proporción de Aire / Combustible, simplemente sume el CO al CO₂. Ejemplo: 1.25% CO + 13.50% CO₂ representan una proporción de Aire / Combustible aproximada de 14.75 partes de aire a 1 parte de combustible. Debemos señalar que esta fórmula sólo es una guía y no será usada como un cálculo exacto de la proporción de Aire / Combustible. Como el Dióxido de carbono es un verdadero indicador de eficacia de la combustión, la lectura de concentraciones altas de CO₂ indica un alto grado de combustión eficaz. Poco Oxígeno o demasiado combustible (mezcla rica) durante el proceso de combustión produce menos CO₂ y más CO que en la proporción de Aire / Combustible ideal (para gasolina: 14.7Í Kg. de aire a 1 Kg. de combustible). Por el contrario demasiado Oxígeno y poco combustible (mezcla pobre) también producirá menos CO₂ que en la proporción de Aire / Combustible ideal, sin embargo esta mezcla pobre producirá más O₂.

El Dióxido de carbono no es tóxico y es "respirado" por las plantas que lo convierten en sus componentes básicos de Carbono y Oxígeno. Aunque no es tóxico, es uno de los gases responsables del efecto invernadero. Cuando el volumen de Dióxido de Carbono en los gases de escape está en el nivel más alto, entonces ese motor está operando al grado más alto de eficacia de la combustión.

4.3.2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El Monóxido de carbono es incoloro, inodoro e insípido.

La inhalación de 0.3% de volumen de CO puede causar la MUERTE en 30 minutos.

Nunca haga funcionar motores en áreas sin ventilación.

El Monóxido de carbono (CO) es medido en porcentaje de concentración. Este gas es el derivado de la combustión incompleta de Hidrocarburos con Oxígeno. Se forma cuando se intenta quemar el combustible pero no hay oxígeno suficiente

para quemarlo completamente. En otras palabras, cuando tenemos una "mezcla rica".

Las mezclas de combustible parcialmente quemadas siempre generan CO, la concentración alta de CO en los gases indica la presencia de cantidades grandes de combustible parcialmente quemado. El concepto importante aquí es "parcialmente quemado", esto indica que el motor no está trabajando en condiciones óptimas. En la mayoría de los casos, el Monóxido de carbono es un indicador de problemas de suministro de combustible. Sin embargo, el ingreso de vapor de combustible por la válvula de ventilación positiva del cárter y el aceite del motor contaminado por combustible, también pueden afectar el volumen de CO en los gases de escape. El CO muy bajo indica una mezcla pobre y lecturas altas de CO indican una mezcla excesivamente rica. Válvulas de ventilación de canister defectuosas también afectan la lectura de CO. El monóxido de Carbono debe ser muy bajo o inexistente en vehículos equipados con un convertidor catalítico que funcione correctamente.

Causas de CO alto:

- Mezcla Rica.
- Ralentí bajo y/o inestable.
- Partículas de suciedad que tapan conductos de aire del carburador (muy común).
- Filtro de aire sucio.
- Válvula de ventilación positiva del cárter bloqueada o defectuosa.
- Encendido fuera de tiempo.
- Saturación del depósito de carbón activado de canister.
- Aceite contaminado por el combustible.
- Inyectores de combustible que gotean.
- Funcionamiento defectuoso del sistema electrónico de inyección.
- Presión de combustible excesivamente alta.

4.3.3 HIDROCARBUROS (HC)

Hidrocarburo (HC) es combustible crudo sin quemar y es el derivado de una combustión pobre o incompleta. Los hidrocarburos son típicamente medidos en partes por millón (ppm). Todos los motores siempre producen algún exceso de HC cuando parte del combustible permanece sin quemar al haber sido enfriado por la pared del cilindro, relativamente fría, en la cámara de la combustión. Los hidrocarburos son un indicador excelente de problemas de ignición y/o mecánicos, (en el caso que los HC elevados se mantengan a distintos regímenes de vueltas el problema será de ignición, si los HC disminuyen al aumentar las vuelta, el problema será mecánico).

Las lecturas del hidrocarburo altas pueden ser causadas por varios factores:

- Mezcla muy rica.
- Mezcla muy pobre
- Pérdida de vacío.
- Fallas de ignición: insuficiente duración de la chispa, causada por problemas en las bujías, circuito primario de ignición, bobina, tapa de distribuidor o cables de bujía defectuosos.
- Tiempo de encendido avanzado.
- Baja compresión.
- Motor frío.
- Aceite contaminado por el combustible.
- Los hidrocarburos serán muy bajos o inexistentes cuando el convertidor catalítico esté funcionando correctamente.

4.3.4 OXÍGENO (O₂)

El Oxígeno es medido en porcentaje de volumen de la muestra. El Oxígeno no se produce por el proceso de combustión de motor, viene directamente de la atmósfera. Es casi totalmente consumido por el proceso de la combustión. Algunos vehículos usan aire adicional que se inyecta o se bombea al sistema de escape después del proceso de la combustión para disipar emisiones y/o ayudar en el

funcionamiento del convertidor catalítico. Este tipo de sistema debe desactivarse antes de efectuar cualquier medición de gases con propósito de diagnóstico.

La mezcla suministrada al motor, definida como *factor de exceso de aire* (λ), ejerce una influencia decisiva en la composición de los gases de escape. El motor produce su torque máximo a aproximadamente $\lambda = 0.9$; así esta proporción de Aire / Combustible generalmente se programa para el funcionamiento de plena carga. La economía de combustible óptima se logra con mezclas en el rango de $\lambda = 1.1$. Esto coincide con la situación de baja emisión de CO y HC; los óxidos de nitrógeno (NO_x) sin embargo, están al máximo en esta situación. Cuando el valor λ del gas de escape es igual a 1.00, se considera que el motor está operando con la proporción de Aire / Combustible óptima que no es ni rica ni pobre.

El contenido de oxígeno en los gases se usa como un indicador más que como un valor de diagnóstico. Por ejemplo, cuando CO₂ son bajos, y O₂ son altos la mezcla de aire combustible es normalmente pobre. Cuando CO₂ son bajos y O₂ son bajos, la mezcla de aire combustible es rica.

4.3.5 ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)

NO_x es un término usado para describir los diferentes compuestos de nitrógeno y oxígeno que se forma durante el proceso de la combustión de un motor. NO_x es medido en partes por millón. También es sumamente peligroso cuando penetra el tejido pulmonar. El monóxido de nitrógeno es un gas incoloro, insípido e inodoro. El monóxido de Nitrógeno, cuando se pone en contacto con aire puro se transforma en el dióxido de nitrógeno (NO₂). El NO₂ es un gas castaño rojizo venenoso con un olor penetrante. Las concentraciones encontradas en los gases de escape y el aire sumamente contaminado pueden producir irritación en las membranas mucosas de las personas. Otros óxidos de nitrógeno son N₂O óxido nitroso, trióxido de nitrógeno N₂O₃, y pentóxido de nitrógeno N₂O₅.

Desgraciadamente un motor diseñado y puesto a punto para producir bajo CO y HC pasa a ser un gran productor de NO_x. Cuando más caliente está un motor y

más energía entrega, es cuando produce más NOx. La presencia de NOx en gases de escape es disminuida de dos formas diferentes por los fabricantes del vehículo. Algunos fabricantes emplean una Recirculación de Gases (EGR) una válvula para reciclar algunos de los gases de escape hacia el proceso de la combustión. Este concepto tiene el efecto de disminuir temperaturas de la combustión, reduciendo así las emisiones de NOx. El otro método que está ganando más aceptación, es utilizar un convertidor catalítico de tres vías.

4.3.6 RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE

El objetivo del análisis de gases no sólo es medir las concentraciones de cada gas presente en el flujo de gases de escape, sino también determinar la proporción de Aire / Combustible correcta que está proporcionándose al motor mediante sistemas de suministro de combustible electrónicos o mecánicos. Si los requerimientos de combustible de un motor son correctos, entonces cualquier falla de desempeño debe ser causado por problemas mecánicos o de funcionamiento defectuoso de la ignición.

Hay dos maneras de expresar relación Aire / Combustible: AFR y Lambda

4.3.6.1 AFR

La relación Aire / Combustible significa la MASA de aire que entra en un motor expresada como una proporción a la MASA de combustible que se combina con el aire, es decir cuando 14,73 kg. de aire combinado con 1 kg. de combustible, se dice que la proporción de aire combustible es 14.73 a 1 y se expresa como 14.73:1. Este método de expresar la relación estequiométrica Aire / Combustible depende del tipo de combustible que se usa. El término relación aire combustible ' estequiométrica se usa para definir la proporción de aire combustible que se requiere para la combustión completa

El segundo método de expresar proporción Aire / Combustible es Lambda.

4.3.6.2 LAMBDA

Se define como el factor de exceso de aire de un motor. Lambda puede ser calculado por la fórmula siguiente.

$L = (\text{la cantidad de aire de la succión}) \text{ dividida por } (\text{el requerimiento de aire teórico del combustible a usarse}).$

Cuando $L = 1$ entonces la proporción Aire / Combustible es estequiométrica sin tener en cuenta el combustible a usarse. Por ejemplo, si el combustible usado es gasolina y la cantidad de aire de la succión es entonces 14.73 kg. a 1 kg. de gasolina, Lambda será igual a 1

Para satisfacer el desempeño y requisitos de control de emisiones , los motores usan proporciones Aire / Combustible que producirán un valor de Lambda de 1 en ralentí, entre 1 y 1.03 a velocidad crucero (para la economía de combustible) y 0.9 a plena carga.

Es decir, lambda mayor que 1 implica mezcla pobre, mientras que lambda menor que 1 indica mezcla rica.

4.4 TABLAS REGISTRADAS

ANALIZADOR DE GASES INFRARROJO RAG GasCheck

COMBUSTIBLE 100% GASOLINA

VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO

PRUEBA 1

RPM	673	1004	2057	2943	3909	4987	5935
------------	-----	------	------	------	------	------	------

CO % Vol.	2,626	0,981	0,831	0,522	0,545	3,452	0,344
HC ppm Vol.	276	189	166	147	191	240	210
CO2 % Vol.	11,09	12,13	13,1	13,29	15,05	10,57	10,01
O2 % Vol.	4,09	3,74	1,9	1,58	1,78	2	1,9
NOX ppm Vol.	2	1	1	5	0	37	1
λ	0,7	0,9	0,87	0,92	0,93	0,62	0,74
AFR	10,4	13,28	12,94	13,66	13,81	9,139	9,01
COC	10,54	6,752	5,84	4,297	3,987	11,49	8,32

**ANALIZADOR DE GASES INFRARROJO RAG GasCheck
COMBUSTIBLE 5% ETANOL- 95% GASOLINA
VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO**

PRUEBA 2

RPM	666	988	1961	2923	3927	4948	5944
CO % Vol.	2,38	2,524	2,09	0,237	0,262	0,337	0,238
HC ppm Vol.	300	186	199	121	138	192	124
CO2 % Vol.	10,19	10,96	10,5	13,13	12,9	12,61	11,96
O2 % Vol.	4,63	3,99	2,95	1,87	1,4	1,89	2,17
NOX ppm Vol.	8	8	11	14	2	1	1
λ	0,72	0,71	0,72	1,01	0,98	0,98	1,16
AFR	10,71	10,47	10,62	14,92	14,52	14,52	17,07
COC	10,5	10,45	9,984	2,295	2,532	3,163	3,005

**ANALIZADOR DE GASES INFRARROJO RAG GasCheck
COMBUSTIBLE 10% ETANOL - 90% GASOLINA
VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO**

PRUEBA 3

RPM	682	1001	1967	2926	3963	4917	6053
CO % Vol.	3,278	1,113	0,326	0,268	0,214	0,256	0,41

HC ppm Vol.	262	204	148	138	136	165	110
CO2 % Vol.	9,68	11,33	13,21	13,04	13,61	13,16	13,19
O2 % Vol.	4,59	4,29	2,27	2,19	1,47	1,79	1,75
NOX ppm Vol.	0	0	6	0	2	3	36
λ	0,65	0,89	1	1,02	1	1	0,96
AFR	9,642	13,14	14,81	15,02	14,77	14,84	14,16
COC	11,58	7,433	2,969	2,557	2,038	2,464	3,556

**ANALIZADOR DE GASES INFRARROJO RAG GasCheck
 COMBUSTIBLE 15% ETANOL - 85% GASOLINA
 VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO**

PRUEBA 4

RPM	673	1158	2117	2,955	3916	4973	5939
CO % Vol.	3,338	1,295	0,206	0,19	0,499	0,21	0,176
HC ppm Vol.	223	201	114	113	121	125	111
CO2 % Vol.	9,75	11,48	13,01	12,74	13,05	12,46	11,42
O2 % Vol.	4,88	4,26	2,45	2,2	1,53	2	1,76
NOX ppm Vol.	0	0	9	5	1	1	0
λ	0,65	0,86	1,05	1,04	0,93	1,03	1,03
AFR	9,702	12,68	15,49	15,4	13,77	15,17	15,21
COC	11,64	7,951	2,059	1,946	4,045	2,163	2,003

**ANALIZADOR DE GASES INFRARROJO RAG GasCheck
 COMBUSTIBLE 20% ETANOL - 80% GASOLINA
 VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO**

PRUEBA 5

RPM	684	1000	1932	2941	3961	4964	5910
CO % Vol.	3,581	0,748	0,178	0,185	0,309	0,241	0,218

HC ppm Vol.	232	129	114	120	85	72	107
CO2 % Vol.	9,25	11,57	12,69	12,23	13,09	13,09	13,09
O2 % Vol.	4,53	3,93	3	2,72	1,75	2,12	2,33
NOX ppm Vol.	16	16	0	2	16	0	18
λ	0,63	0,96	1,09	1,07	0,98	1,02	1,04
AFR	9,297	14,14	16,04	15,84	14,55	15,08	15,42
COC	11,92	5,873	1,845	1,97	2,864	2,332	2,147

CÁLCULOS, CURVAS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS

5.1 OBTENCIÓN DE DATOS CARACTERÍSTICOS DE FUNCIONAMIENTO

5.1.1 DATOS DEL MOTOR ISUZU (CHEVROLET – RODEO)⁵⁷

⁵⁷ www.newcartestdrive.com

Tipo: 2.6L, 8 válvulas, SOHC, MPFI, L4.

Cilindrada (VH): 2600cc.

Número de cilindros (i): 4

Diámetro del cilindro (D): 92.6mm

Carrera (S): 95mm

Radio de la manivela del cigüeñal (R): 47.5mm

Relación de compresión (ε): 8.6:1

Capacidad de combustible: 21.9 gal.

Consumo de combustible ciudad / carretera: 19/22 mpg.

Potencia (SAE neto hp a rpm): 120 a 4600.

Torque (SAE neto lb-ft a rpm): 150 a 2600

5.1.2 CARACTERÍSTICAS, GASOLINA(EXTRA) Y ETANOL(ANHIDRO)

Poder calorífico (Refinería de Esmeraldas)

TIPO DE GASOLINA	# DE OCTANOS (NOM)	VALOR (Btu/ lb)
EXTRA	80	17235
ECO	82	16616
SUPER	91	16616

Tabla 5.1 Características de las gasolinas.

Octanaje:

	ETANOL
NOR.	123
NOM	96
(NOR. + NOM) / 2	109,5

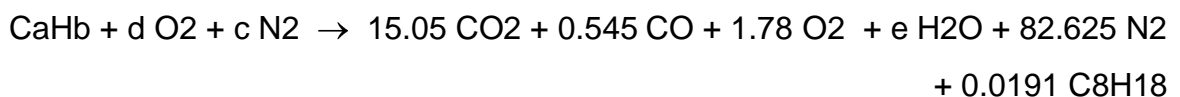
Tabla 5.2 Octanaje.

5.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL COMBUSTIBLE

Los datos utilizados para este análisis son medidos a 4000 rpm, ya que registra el grado más alto de eficacia de la combustión usando como combustible gasolina tipo extra.

5.1.2.1.1 GASOLINA EXTRA

Mediante el análisis de los productos de la primera prueba 100% gasolina tipo extra a 4000 rpm, tenemos:



Esta es la ecuación para 100 moles de producto seco.

Balance del nitrógeno: $c = 82.625$

Podemos considerar que el aire esta compuesto de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno de aquí tenemos la siguiente relación:⁵⁸

$$\frac{79}{21} = 3.76; \quad d = \frac{82.625(\text{moles de nitrógeno})}{3.76} = 21.97(\text{moles de oxígeno})$$

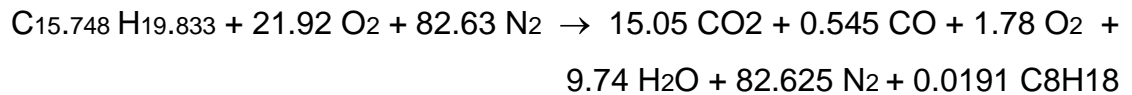
⁵⁸ Faires, Termodinámica, p.342, 1978.

Balance del oxígeno: $21.97 = 15.05 + 0.545/2 + 1.78 + e/2$; $e = 9.74$

Balance del carbón: $a = 15.05 + 0.545 + 0.0191 \cdot 8 = 15.7478$

Balance del hidrógeno: $b = 2e + 0.0191 \cdot 18 = 19.8327$

La ecuación de combustión da como resultado:



Entonces, la composición de la gasolina tipo extra es: **C_{15.74} H_{19.83}**

Composición elemental en masa:

C= 0.905

H= 0.095

El calor de combustión inferior es:

Hu= Calor de combustión inferior del combustible

C= Fracción en masa de carbono

H= Fracción en masa de hidrógeno

O= Fracción en masa de oxígeno

S= Fracción en masa de azufre

$$[Hu = [34.013C + 125.6H - 10.9(O - S) - 2.512(9H + W)] \cdot 429.872];^{59}$$

$$Hu = 17437.632 \text{ Btu/lb}$$

La relación aire combustible AF en base de masa puede hallarse utilizando los pesos moleculares:

Peso molecular del aire: 28.970 Kg / Kg mol

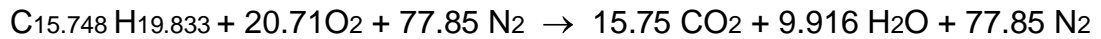
⁵⁹ Jovaj, Motores de automóviles, p.94, 1987.

$$ra/c_masa = \frac{(moles_Oxígeno + moles_Nitrógeno) * peso_molecular_aire}{(Peso_molecular_combustible)}$$

$$(21.97 + 82.625) * 28.97$$

$$r\ a/c\ masa = \frac{\quad}{15.748(12) + 19.83(1)} = 14.512\ Kg\m\ aire / Kg\m\ combustible$$

La relación de aire teórico a combustible se halla de la ecuación de combustión para aire teórico:⁶⁰



$$ra/c_teórico = \frac{(moles_Oxígeno + moles_Nitrógeno) * peso_molecular_aire}{(Peso_molecular_combustible)}$$

$$(20.71 + 77.85) * 28.97$$

$$ra/c\ teórico = \frac{\quad}{15.748(12) + 19.833(1)} = 13.66\ Kg\m\ aire / Kg\m\ combustible$$

El coeficiente de exceso de aire es:⁶¹

$$\alpha = \frac{ra/c_masa}{ra/c_teórico}$$

$$14.512$$

$$\alpha = \frac{\quad}{13.674} = 1.06$$

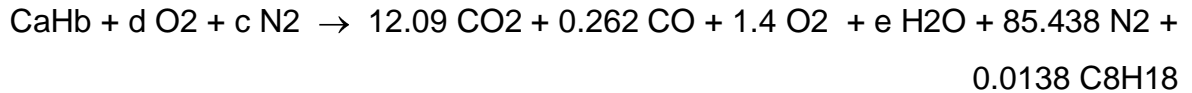
$$13.674$$

5.1.2.1.2 GASOLINA EXTRA 95% - ETANOL 5%

Mediante el análisis de los productos de la mezcla gasolina - etanol a 4000 rpm, tenemos:

⁶⁰ Programa ecuaciones de combustión.

⁶¹ Jovaj, Motores de automóviles, p.101, 1987.



Esta es la ecuación para 100 moles de producto seco.

Balance del nitrógeno: $c = 85.438$

Podemos considerar que el aire está compuesto de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno de aquí tenemos la siguiente relación:⁶²

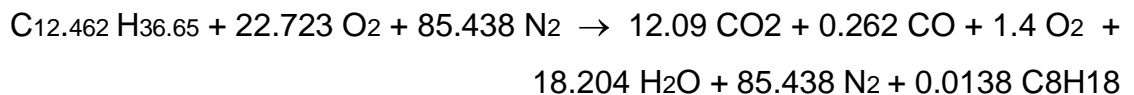
$$\frac{79}{21} = 3.76; \quad d = \frac{85.438}{3.76} = 22.723$$

Balance del oxígeno: $22.723 = 12.09 + 0.262/2 + 1.4 + e/2; \quad e = 18.20$

Balance del carbón: $a = 12.09 + 0.262 + 0.0138 \cdot 8 = 12.4624$

Balance del hidrógeno: $b = 2e + 0.0138 \cdot 18 = 36.65$

La ecuación de combustión da como resultado:



$O_y =$ átomos de oxígeno.

$y =$ (Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la mezcla – Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la gasolina tipo extra)

⁶² Faires, Termodinámica, p.342, 1978.

$$y = (22.723 - 21.97) * 2$$

$$y = 1.506$$

Entonces, la composición de la mezcla es: C_{12.46} H_{36.66} O_{1.506}

Composición elemental en masa:

$$C = 0.71$$

$$H = 0.174$$

$$O = 0.115$$

El calor de combustión inferior es:

C= Fracción en masa de carbono

H= Fracción en masa de hidrógeno

O= Fracción en masa de oxígeno

S= Fracción en masa de azufre

Hu= Calor de combustión inferior del combustible

$$[Hu = [34.013C + 125.6H - 10.9(O - S) - 2.512(9H + W)] * 429.872];^{63}$$

$$Hu = 17577.9 \text{ Btu/lb}$$

La relación aire combustible en base de masa puede hallarse utilizando los pesos moleculares:

Peso molecular del aire: 28.970 Kg / Kg mol

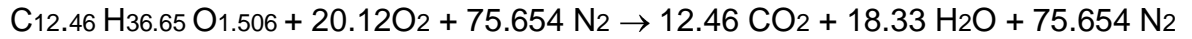
$$r_{a/c \text{ masa}} = \frac{(\text{moles}_{\text{Oxígeno}} + \text{moles}_{\text{Nitrógeno}}) * \text{peso}_{\text{molecular}_{\text{aire}}}}{(\text{Peso}_{\text{molecular}_{\text{combustible}}})}$$

$$(22.723 + 85.438) * 28.97$$

$$r_{a/c \text{ masa}} = \frac{\text{-----}}{12.46(12) + 36.66(1) + 1.506(16)} = 14.9 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

⁶³ Jovaj, Motores de automóviles, p.94, 1987.

La relación de aire teórico a combustible se halla de la ecuación de combustión para aire teórico:⁶⁴



$$ra/c_{teórico} = \frac{(moles_{Oxígeno} + moles_{Nitrógeno}) * peso_{molecular_{aire}}}{(Peso_{molecular_{combustible}})}$$

$$(20.12 + 75.65) * 28.97$$

$$r_{a/c \text{ teórico}} = \frac{\quad}{12.46(12) + 36.65(1) + 1.506(16)} = 13.19 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

El coeficiente de exceso de aire es:⁶⁵

$$\alpha = \frac{ra/c_{masa}}{ra/c_{teórico}}$$

$$14.9$$

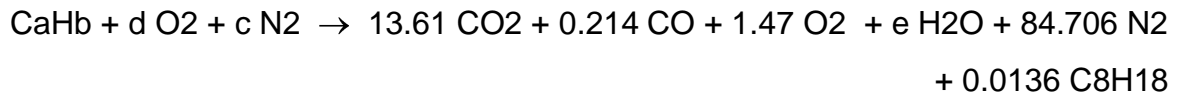
$$\alpha = \frac{\quad}{13.19} = 1.13$$

5.1.2.1.3 GASOLINA EXTRA 90 % - ETANOL 10%

Mediante el análisis de los productos de la mezcla gasolina - etanol a 4000 rpm, tenemos:

⁶⁴ Programa ecuaciones de combustión.

⁶⁵ Jovaj, Motores de automóviles, p.101, 1987.



Esta es la ecuación para 100 moles de producto seco.

Balance del nitrógeno: $c = 84.706$

Podemos considerar que el aire está compuesto de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno de aquí tenemos la siguiente relación:⁶⁶

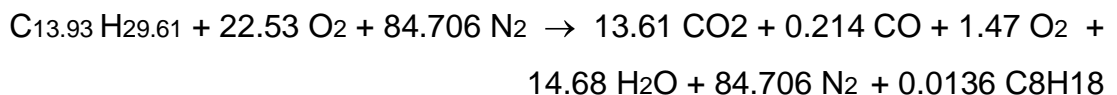
$$\frac{79}{21} = 3.76; \quad d = \frac{84.706}{3.76} = 22.528$$

Balance del oxígeno: $22.528 = 13.61 + 0.214/2 + 1.47 + e/2$; $e = 14.68$

Balance del carbón: $a = 13.61 + 0.214 + 0.0136 \cdot 8 = 13.93$

Balance del hidrógeno: $b = 2e + 0.0136 \cdot 18 = 29.61$

La ecuación de combustión da como resultado:



O_y = átomos de oxígeno.

$y = (\text{Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la mezcla} - \text{Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la gasolina tipo extra})$

$$y = (22.53 - 21.97) \cdot 2$$

$$y = 1.116$$

Entonces, la composición de la mezcla es: $\text{C}_{13.93} \text{H}_{29.61} \text{O}_{1.116}$

Composición elemental en masa:

⁶⁶ Faires, Termodinámica, p.342, 1978.

$$C= 0.779$$

$$H= 0.138$$

$$O= 0.083$$

El calor de combustión inferior es:

C= Fracción en masa de carbono

H= Fracción en masa de hidrógeno

O= Fracción en masa de oxígeno

S= Fracción en masa de azufre

Hu= Calor de combustión inferior del combustible

$$[Hu= [31.013C + 125.6H - 10.9(O - S) - 2.512(9H + W)] * 429.872];^{67}$$

$$Hu= 17104.75 \text{ Btu/lb}$$

La relación aire combustible en base de masa puede hallarse utilizando los pesos moleculares:

Peso molecular del aire: 28.970 Kg / Kg mol

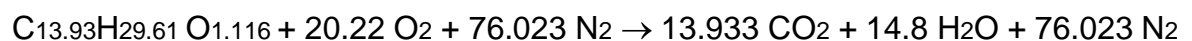
$$r_{a/c} \text{ Fmasa} = \frac{(\text{moles}_{\text{ Oxígeno}} + \text{moles}_{\text{ Nitrógeno}}) * \text{peso}_{\text{ molecular}_{\text{ aire}}}}{(\text{Peso}_{\text{ molecular}_{\text{ combustible}}})}$$

$$(22.53 + 84.706) * 28.97$$

$$r_{a/c} \text{ masa} = \frac{\text{-----}}{13.93(12) + 29.61(1)+1.116(16)} = 14.47 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

$$13.93(12) + 29.61(1)+1.116(16)$$

La relación de aire teórico a combustible se halla de la ecuación de combustión para aire teórico:⁶⁸



⁶⁷ Jovaj, Motores de automóviles, p.94, 1987.

⁶⁸ Programa ecuaciones de combustión.

$$ra/c_{teórico} = \frac{(moles_{Oxígeno} + moles_{Nitrógeno}) * peso_{molecular_{aire}}}{(Peso_{molecular_{combustible}})}$$

$$(20.22 + 76.023) * 28.97$$

$$r a/c teórico = \frac{\quad}{13.93(12) + 29.61(1) + 1.116(16)} = 12.99 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

El coeficiente de exceso de aire es.⁶⁹

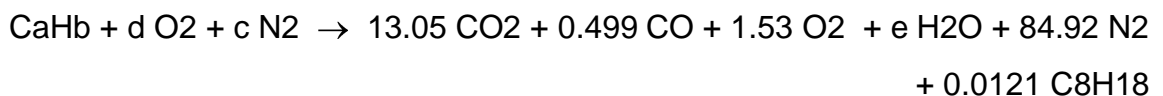
$$\alpha = \frac{ra/c_{masa}}{ra/c_{teórico}}$$

$$14.47$$

$$\alpha = \frac{\quad}{12.99} = 1.11$$

5.1.2.1.4 GASOLINA EXTRA 85% - ETANOL 15%

Mediante el análisis de los productos de la mezcla gasolina - etanol a 4000 rpm, tenemos:



Esta es la ecuación para 100 moles de producto seco.

Balance del nitrógeno: c = 84.92

⁶⁹ Jovaj, Motores de automóviles, p.101, 1987.

Podemos considerar que el aire esta compuesto de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno de aquí tenemos la siguiente relación:⁷⁰

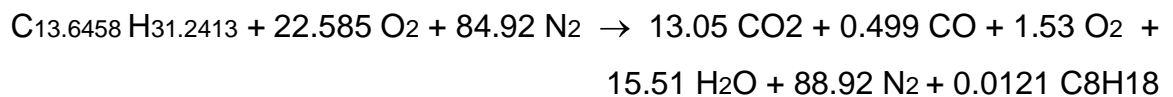
$$\frac{79}{21} = 3.76; \quad d = \frac{84.92}{3.76} = 22.585$$

Balance del oxígeno: $22.585 = 13.05 + 0.499/2 + 1.53 + e/2$; $e = 15.51$

Balance del carbón: $a = 13.05 + 0.499 + 0.0121 \cdot 8 = 13.64$

Balance del hidrógeno: $b = 2e + 0.0121 \cdot 18 = 31.24$

La ecuación de combustión da como resultado:



O_y = átomos de oxígeno.

y = (Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la mezcla – Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la gasolina tipo extra)

$$y = (22.585 - 21.97) \cdot 2$$

$$y = 1.23$$

Entonces, la composición de la mezcla es: C_{13.65} H_{31.24} O_{1.23}

Composición elemental en masa:

$$C = 0.7628$$

$$H = 0.1455$$

$$O = 0.0917$$

⁷⁰ Faires, Termodinámica, p.342, 1978.

El calor de combustión inferior es:

C= Fracción en masa de carbono

H= Fracción en masa de hidrógeno

O= Fracción en masa de oxígeno

S= Fracción en masa de azufre

Hu= Calor de combustión inferior del combustible

$$[Hu = [31.013C + 125.6H - 10.9(O - S) - 2.512(9H + W)] * 429.872];^{71}$$

$$Hu = 17165.36 \text{ Btu/lb}$$

La relación aire combustible en base de masa puede hallarse utilizando los pesos moleculares:

Peso molecular del aire: 28.970 Kg / Kg mol

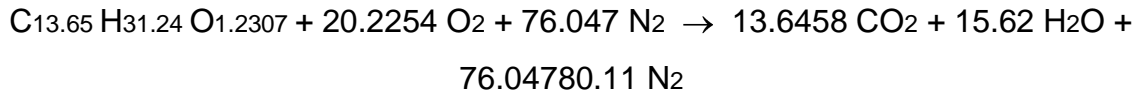
$$r_{a/c \text{ masa}} = \frac{(\text{moles}_{\text{Oxígeno}} + \text{moles}_{\text{Nitrógeno}}) * \text{peso}_{\text{molecular}_{\text{aire}}}}{(\text{Peso}_{\text{molecular}_{\text{combustible}}})}$$

$$r_{a/c \text{ masa}} = \frac{(22.585 + 84.92) * 28.97}{13.65(12) + 31.2413(1) + 1.23(16)} = 14.507 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

La relación de aire teórico a combustible se halla de la ecuación de combustión para aire teórico:⁷²

⁷¹ Jovaj, Motores de automóviles, p.94, 1987.

⁷² Programa ecuaciones de combustión



$$ra/c_{teórico} = \frac{(moles_{Oxígeno} + moles_{Nitrógeno}) * peso_{molecular_{aire}}}{(Peso_{molecular_{combustible}})}$$

$$ra/c_{teórico} = \frac{(20.2254 + 76.047) * 28.97}{13.65(12) + 31.24(1) + 1.23(16)} = 12.99 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

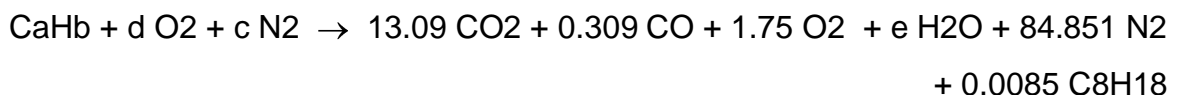
El coeficiente de exceso de aire es:⁷³

$$\alpha = \frac{ra/c_{masa}}{ra/c_{teórico}}$$

$$\alpha = \frac{14.50}{12.99} = 1.1166$$

5.1.2.1.5 GASOLINA EXTRA 80% - ETANOL 20%

Mediante el análisis de los productos de la mezcla gasolina - etanol a 4000 rpm, tenemos:



Esta es la ecuación para 100 moles de producto seco.

Balance del nitrógeno: $c = 84.851$

⁷³ Jovaj, Motores de automóviles, p.101, 1987.

Podemos considerar que el aire esta compuesto de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno de aquí tenemos la siguiente relación:⁷⁴

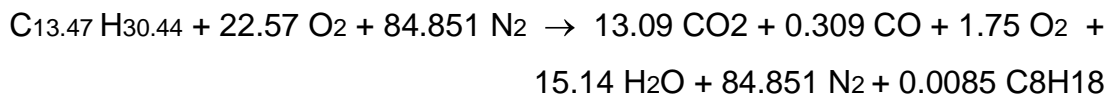
$$\frac{79}{21} = 3.76; \quad d = \frac{84.851}{3.76} = 22.57$$

Balance del oxígeno: $22.57 = 13.09 + 0.309/2 + 1.75 + e/2$; $e = 15.14$

Balance del carbón: $a = 13.09 + 0.309 + 0.0085 = 13.467$

Balance del hidrógeno: $b = 2e + 0.0085*18 = 30.44$

La ecuación de combustión da como resultado:



Oy = átomos de oxígeno.

y = (Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la mezcla – Oxígeno presente en la ecuación de combustión balanceada de la gasolina tipo extra)

$$y = (22.57 - 21.97) * 2$$

$$y = 1.1935$$

Entonces, la composición de la mezcla es: $C_{13.47} H_{30.442} O_{1.1935}$

Composición elemental en masa:

$$C = 0.765$$

⁷⁴ Faires, Termodinámica, p.342, 1978.

H= 0.1442

O= 0.0904

El calor de combustión inferior es:

C= Fracción en masa de carbono

H= Fracción en masa de hidrógeno

O= Fracción en masa de oxígeno

S= Fracción en masa de azufre

Hu= Calor de combustión inferior del combustible

[Hu= [31.013C + 125.6H - 10.9(O - S) - 2.512(9H + W)] * 429.872];⁷⁵

Hu= 17150.255 Btu/lb

La relación aire combustible en base de masa puede hallarse utilizando los pesos moleculares:

Peso molecular del aire: 28.970 Kg / Kg mol

$$ra / c_{\text{masa}} = \frac{(\text{moles}_{\text{Oxígeno}} + \text{moles}_{\text{Nitrógeno}}) * \text{peso}_{\text{molecular}_{\text{aire}}}}{(\text{Peso}_{\text{molecular}_{\text{combustible}}})}$$

$$(22.57 + 84.851) * 28.97$$

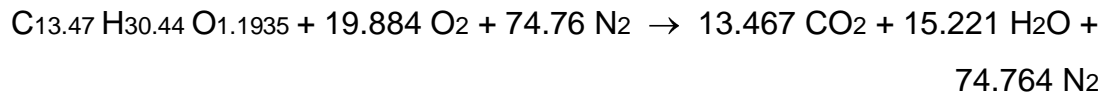
$$r \text{ a/c masa} = \frac{\quad}{13.47(12) + 30.442(1) + 1.1935(16)} = 14.738 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

$$13.47(12) + 30.442(1) + 1.1935(16)$$

La relación de aire teórico a combustible se halla de la ecuación de combustión para aire teórico:⁷⁶

⁷⁵ Jovaj, Motores de automóviles, p.94, 1987.

⁷⁶ Programa ecuaciones de combustión



$$ra/c_{teórico} = \frac{(moles_{Oxígeno} + moles_{Nitrógeno}) * peso_{molecular_{aire}}}{(Peso_{molecular_{combustible}})}$$

$$ra/c_{teórico} = \frac{(19.884 + 74.76) * 28.97}{13.47(12) + 30.44(1) + 1.19(16)} = 12.986 \text{ Kgm aire / Kgm combustible}$$

El coeficiente de exceso de aire es:⁷⁷

$$\alpha = \frac{ra/c_{masa}}{ra/c_{teórico}}$$

$$\alpha = \frac{14.738}{12.988} = 1.1349$$

Resultados obtenidos:

	Gasolina Extra	5% Etanol 95% Gasolina	10% Etanol 90% Gasolina	15% Etanol 85% Gasolina	20% Etanol 80% Gasolina
--	-----------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

⁷⁷ Jovaj, Motores de automóviles, p.101, 1987.

Composición del combustible	C 15,75 H 19,83	C 12,46 H 36,66 O 1,506	C 13,93 H 29,61 O 1,116	C 13,65 H 31,2413 O 1,23	C 13,47 H 30,442 O 1,1935
Composición del combustible en base a masa	C 0,905	C 0,711	C 0,779	C 0,7628	C 0,7654
	H 0,095	H 0,174	H 0,138	H 0,1455	H 0,0904
r a/c en base a masa	14,512	14,9	14,47	14,507	14,738
r a/c teórico	13,674	13,194	12,99	12,99	12,986
Exceso de aire	1,06	1,129	1,114	1,116	1,1349
Calor de combustión inferior Hu (Btu/lb)	17437,63	17577,9	17104,75	17165,36	17150,255

Tabla 5.3 Resultados principales de la gasolina extra y las mezclas con etanol.

5.1.3 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA Y TORQUE

En un motor ahora podemos medir su performance mediante el desarrollo del dinamómetro de rodillos herramienta instalada al nivel del piso.

Donde el automóvil apoya sus ruedas motrices, previamente anclado funcionando desde 800 a 5800 rpm revoluciones, en este caso con las diferentes mezclas de etanol y gasolina (extra).

La señal que el computador recibe de los rodillos, la procesa y se la exhibe en la pantalla proporcionándonos valores de potencia del motor, potencia disipada, potencia en la rueda y torque como datos principales.

Mediante Dyno Race Ver. 1.0.0.3 dinamómetro de rodillos obtuvimos los siguientes resultados para SUV. CHEVROLET. RODEO. 2.6L.

5.1.3.1 GASOLINA(EXTRA) 100 %

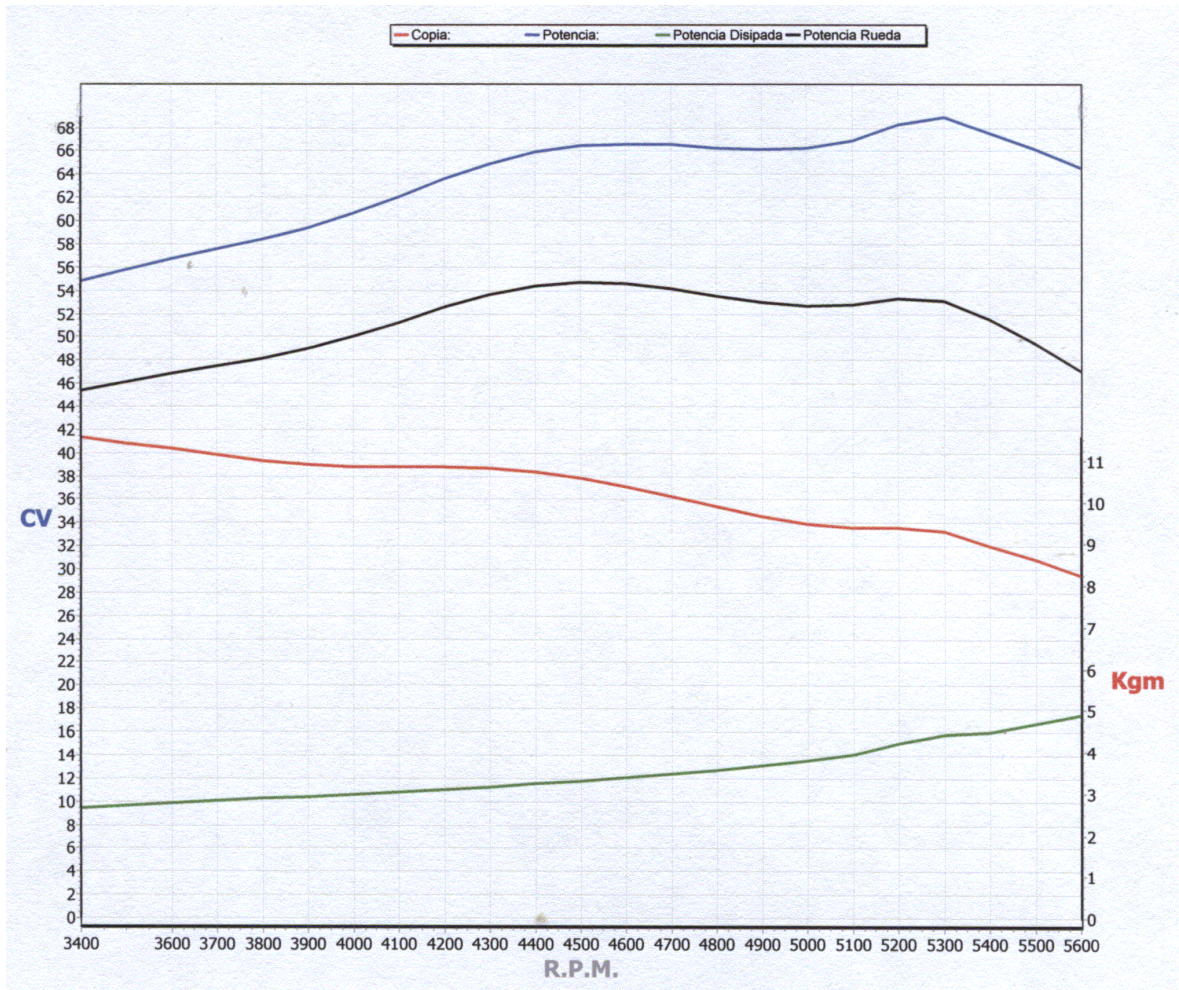


Gráfico 5.1 Fuente Experimental. Curvas de potencia y torque(copia) con respecto a r.p.m.

Max Potencia: 68.9 CV a r.p.m.: 5300
 Potencia Rueda 53.1 Cv
 Potencia Disipada 15.8 Cv
 Potencia correcta DIN: 93.8 CV [DIN 70020]
 Copia: 11.6 Kgm a r.p.m.: 3400
 Presion atmosférica: 748 mbar
 Temperatura externa: 23.0 °C

5.1.3.2 GASOLINA(EXTRA) 95 %, ETANOL 5%

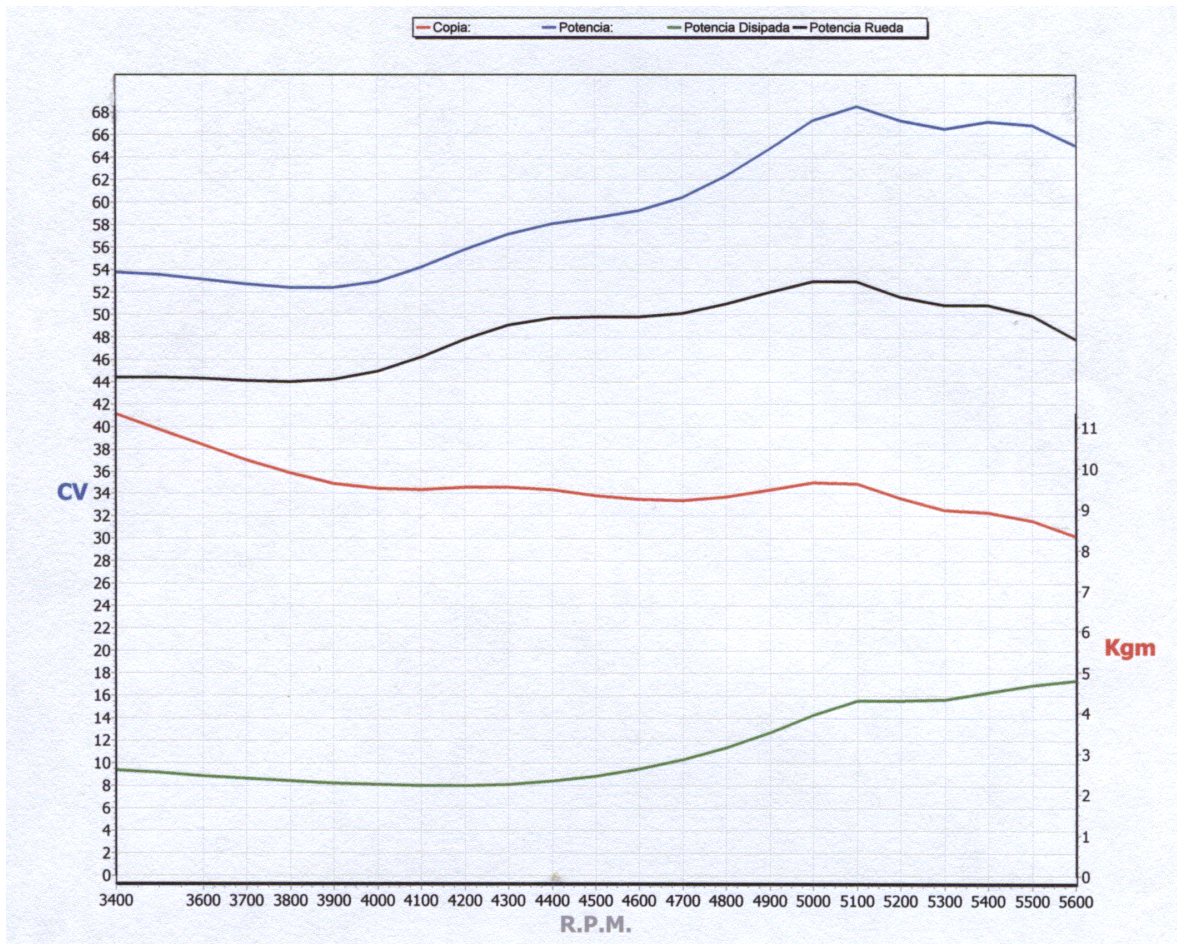


Gráfico 5.2 Fuente Experimental. Curvas de potencia y torque(copia), con respecto a r.p.m.

Max Potencia: 68.5 CV a r.p.m.: 5100
 Potencia Rueda 52.9 Cv
 Potencia Disipada 15.6 Cv
 Potencia correcta DIN: 93.2 CV [DIN 70020]
 Copia: 11.3 Kgm a r.p.m.: 3400
 Presion atmosférica: 748 mmbar
 Temperatura externa: 22.7 °C

5.1.3.3 GASOLINA (EXTRA) 90 %, ETANOL 10%

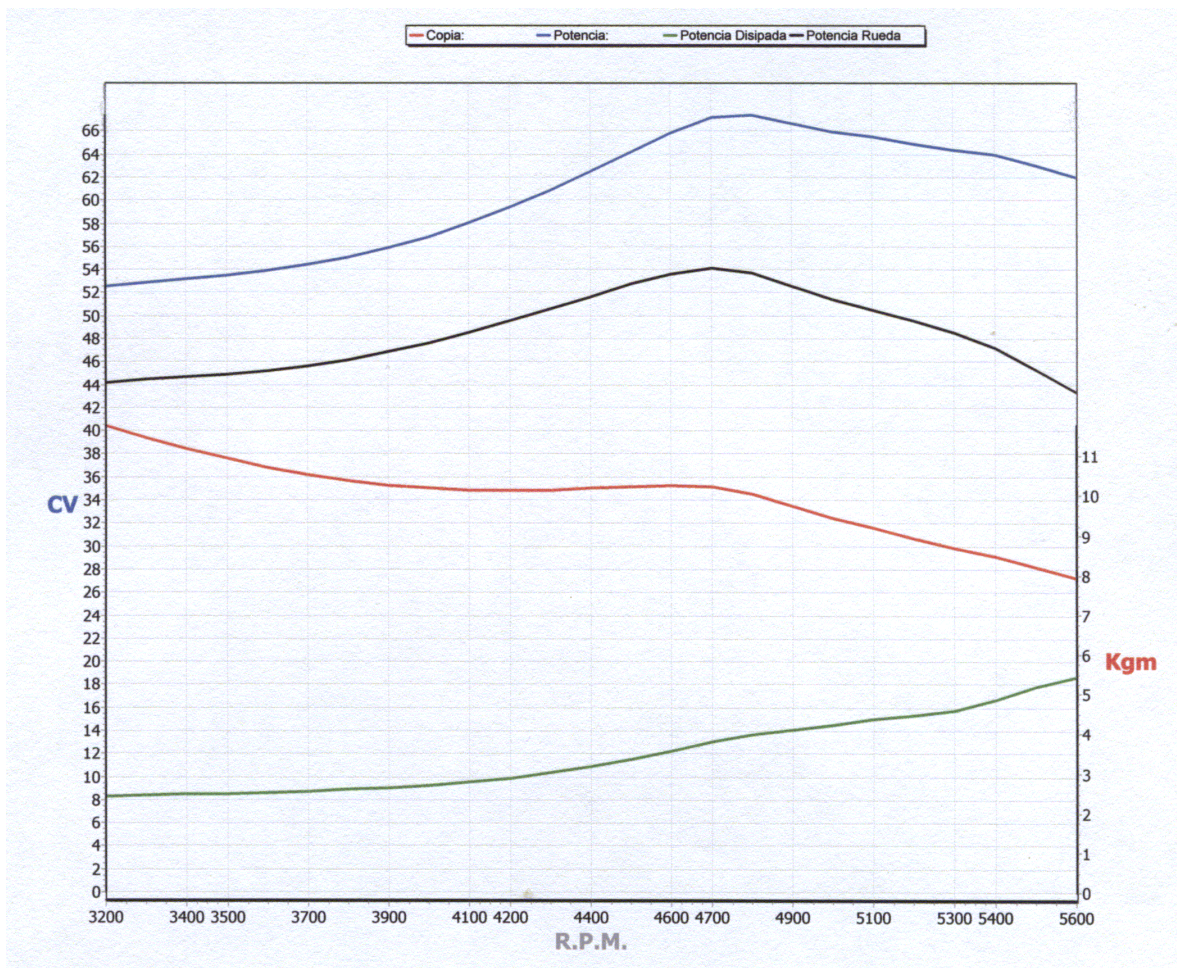


Gráfico 5.3 Fuente Experimental. Curvas de potencia y torque(copia), con respecto a r.p.m

Max Potencia: 67.4 CV a r.p.m.: 4800
 Potencia Rueda 53.7 Cv
 Potencia Disipada 13.7 Cv
 Potencia correcta DIN: 91.7 CV [DIN 70020]
 Copia: 11.8 Kgm a r.p.m.: 3200
 Presion atmosférica: 748 mbar
 Temperatura externa: 23.0 °C

5.1.3.4 GASOLINA(EXTRA) 85 %, ETANOL 15%

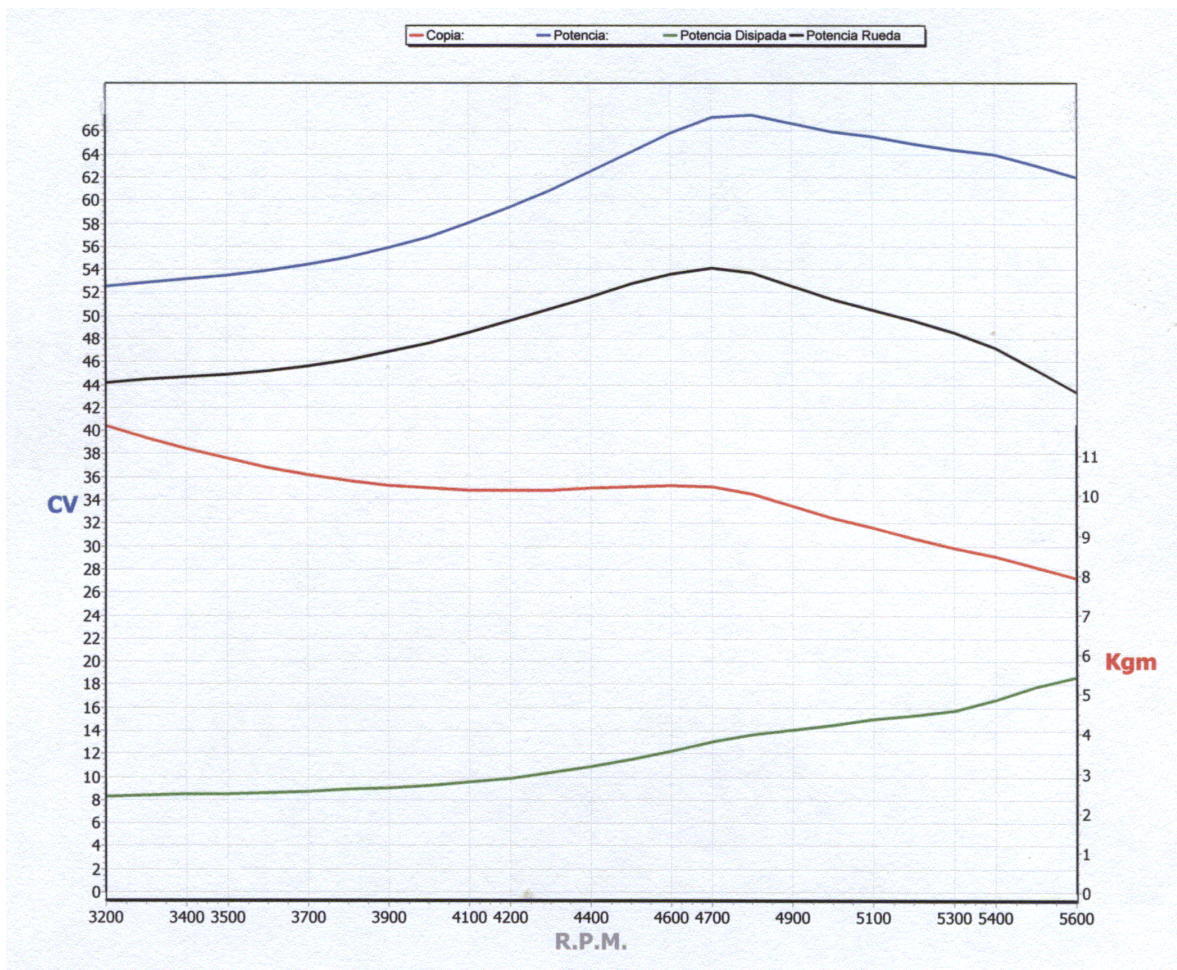


Gráfico 5.4 Fuente Experimental. Curvas de potencia y torque(copia), con respecto a r.p.m

Max Potencia: 67.4 CV a r.p.m.: 4800
 Potencia Rueda 53.7 Cv
 Potencia Disipada 13.7 Cv
 Potencia correcta DIN: 91.7 CV [DIN 70020]
 Copia: 11.8 Kgm a r.p.m.: 3200
 Presion atmosférica: 748 mmbar
 Temperatura externa: 23.0 °C

5.1.3.5 GASOLINA (EXTRA) 80%, ETANOL 20%

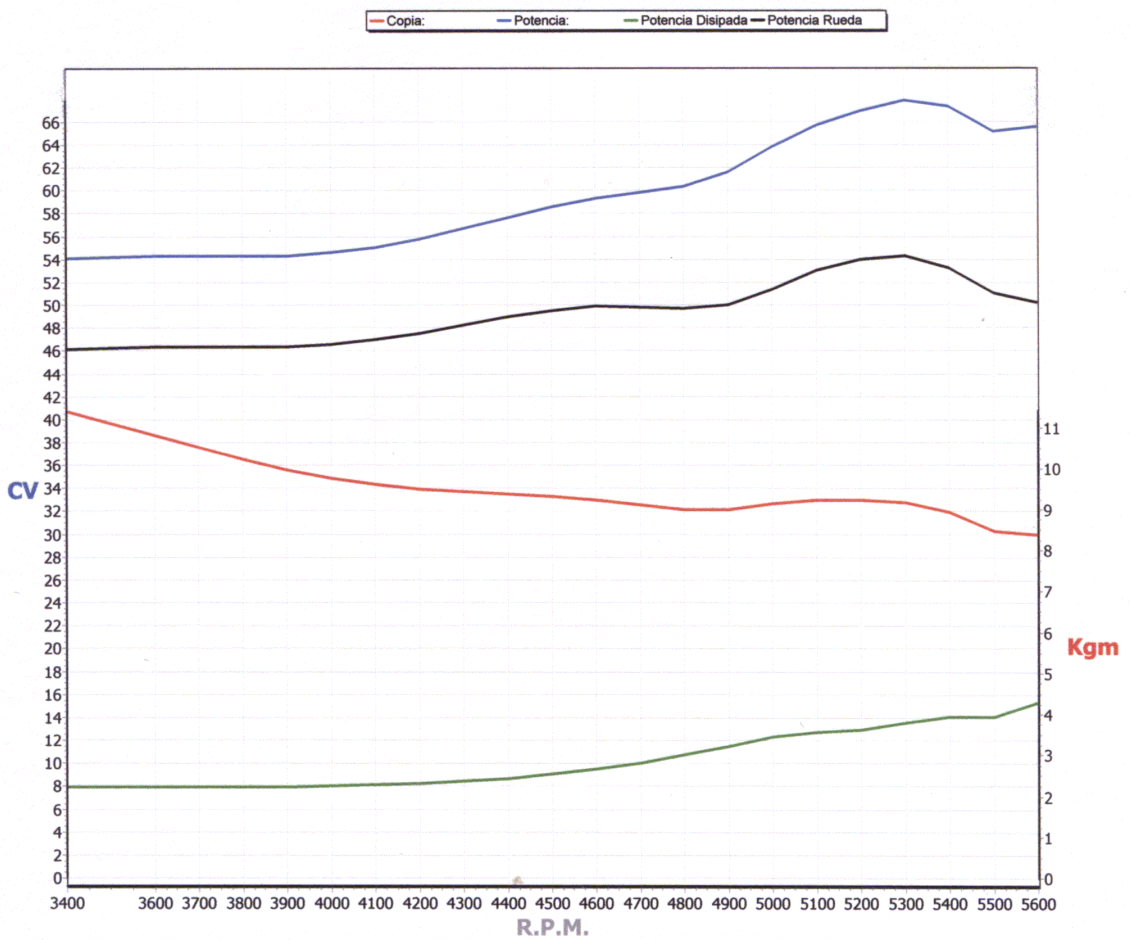


Gráfico 5.5 Fuente Experimental. Curvas de potencia y torque(copia), con respecto a r.p.m

Max Potencia:67.9 CV a r.p.m.: 5300
Potencia Rueda 54.3 Cv
Potencia Disipada 13.6 Cv
Potencia correcta DIN: 92.4 CV [DIN 70020]
Copia: 11.4 Kgm a r.p.m.: 3400
Presion atmosférica: 748 mmbar
Temperatura externa: 23.0 °C

5.2 TABULACIÓN DE DATOS

De las curvas obtenidas en el dinamómetro de rodillos sacamos los siguientes datos:

5.2.1 POTENCIA Y TORQUE

DINAMÓMETRO DE RODILLOS DYNO RACE COMBUSTIBLE 100% GASOLINA

VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO

PRUEBA 1

RPM	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
POTENCIA (CV)	54,8	56	56,5	57,5	58,5	59,5	60,5	62	63,7	65	66	66,5	66,5	66,5	66	66	66,3	66,9	68,5	68,9	67,8	66	65
TORQUE (kgm)	11,6	11,4	11,2	11,1	11	10,8	10,8	10,9	10,9	10,8	10,7	10,6	10,4	10,1	9,8	9,6	9,5	9,3	9,3	9,2	9	8,6	8,2

Tabla 5.4 Prueba 1.

DINAMOMETRO DE RODILLOS DYNO RACE COMBUSTIBLE 5% ETANOL- 95% GASOLINA VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO

PRUEBA 2

RPM	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
POTENCIA (CV)	54	53,5	53	52,5	52,3	52,4	53	54	56	57	58	58,5	59	60,5	62	65	67	68,5	68,5	67	67,1	67	65
TORQUE (kgm)	11,3	11	10,5	10,2	10	9,6	9,5	9,5	9,6	9,6	9,5	9,3	9,2	9,1	9,3	9,5	9,6	9,6	9,2	9	8,8	8,6	8,3

Tabla 5.5 Prueba 2.

DINAMÓMETRO DE RODILLOS DYNO RACE

COMBUSTIBLE 10% ETANOL - 90% GASOLINA

VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO

PRUEBA 3

RPM	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
POTENCIA (CV)	53	53,5	54	54,5	55,2	56	57	58	59,5	61	62,5	64	66	67	67,4	66,8	66	65,5	65	64,5	64	63	62
TORQUE (kgm)	11,3	10,8	10,7	10,5	10,4	10,3	10,2	10,1	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,3	10,1	9,75	9,3	9,25	9	8,75	8,5	8,25	7,9

Tabla 5.6 Prueba 3.

DINAMÓMETRO DE RODILLOS DYNO RACE

COMBUSTIBLE 15% ETANOL - 85% GASOLINA

VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO

PRUEBA 4

RPM	340 0	350 0	360 0	370 0	380 0	390 0	400 0	410 0	420 0	430 0	440 0	450 0	460 0	470 0	480 0	490 0	500 0	510 0	520 0	530 0	540 0	550 0	560 0
POTENCIA (CV)	53	53,5	54	54,5	55,2	56	57	58	59,5	61	62,5	64	66	67	67,4	66,8	66	65,5	65	64,5	64	63	62
TORQUE (kgm)	11,3	10,8	10,7	10,5	10,4	10,3	10,2	10,1	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,3	10,1	9,75	9,3	9,25	9	8,75	8,5	8,25	7,9

Tabla 5.7 Prueba 4.

**DINAMÓMETRO DE RODILLOS DYNO RACE
COMBUSTIBLE 20% ETANOL - 80% GASOLINA
VEHÍCULO CHEVROLET - RODEO
PRUEBA 5**

RPM	340 0	350 0	360 0	370 0	380 0	390 0	400 0	410 0	420 0	430 0	440 0	450 0	460 0	470 0	480 0	490 0	500 0	510 0	520 0	530 0	540 0	550 0	560 0
POTENCIA (CV)	54	54,1	54,2	54,2	54,2	54,1	54,3	55	55,9	56,7	57,7	58,5	59,3	60	60,3	61,5	63,8	65,7	67	67,9	67,5	65,3	65,6
TORQUE (kgm)	11,4	11,2	10,6	10,5	10,3	10	9,8	9,6	9,5	9,4	9,3	9,3	9,25	9,2	9	9	9,2	9,25	9,25	9,2	9	8,5	8,4

Tabla 5.8 Prueba 5.

5.3 CÁLCULOS

5.3.1 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO TÉRMICO

Los datos utilizados para este análisis son medidos a 4000 rpm, ya que registra el grado más alto de eficacia de la combustión usando como combustible gasolina tipo extra.

Relación combustible aire, r f/a.

Energía liberada, QA.

Potencia, W .

Potencia del motor, \underline{W} .

Consumo de aire \dot{m}_a .

Para gasolina tipo extra 100%

Cálculo De La Energía Liberada, QA.

Energía liberada según un valor de referencia a 0°R:

$$Hu = 17437.63 \text{ Btu/lb}$$

$$[QA = r \text{ f/a } Hu];^{78}$$

$$QA = 0.068918 * 17437.63 \quad (\text{Tomando el valor } 14.51:1)$$

$$QA = 1201.76 \text{ BTU/lb.}$$

Caudal de aire a 4000rpm, 1.25lb/min.

$$\underline{W} = 60.5 \text{ cv}$$

$$\underline{W} = 59.66 \text{ hp}$$

$$[W = \frac{W * 42.4}{\dot{m}_a}];^{79}$$

$$W = \frac{59.66 * 42.4}{1.25 * 4}$$

$$W = 505.956 \text{ Btu/lb}$$

$$[n_t = W / Q_A];^{80}$$

$$n_t = \frac{W}{Q_A}$$

$$n_t = 0.42$$

⁷⁸ Faires Virgil, Termodinámica, p.446, 1976.

⁷⁹ Faires Virgil, Termodinámica, p.447, 1976.

⁸⁰ Faires Virgil, Termodinámica, p.577, 1976.

Para la mezcla gasolina 95% y etanol 5%

Cálculo De La Energía Liberada

Energía liberada según un valor de referencia a 0°R:

$$H_u = 17577.9 \text{ Btu/lb}$$

$$Q_A = r f/a H_u$$

$$Q_A = 0.067114 * 17577.9 \quad (\text{Tomando el valor } 14.9:1)$$

$$Q_A = 1179.72 \text{ BTU/lb.}$$

Caudal de aire a 4000rpm, 1.25lb/min

$$\underline{W} = 53 \text{ cv}$$

$$\underline{W} = 52.27 \text{ hp}$$

$$W = \frac{52.27 * 42.4}{1.25 * 4}$$

$$W = 443.23 \text{ Btu/lb}$$

$$n_t = \frac{W}{Q_A}$$

$$n_t = 0.37$$

Para la mezcla gasolina 90% y etanol 10%

Cálculo De La Energía Liberada

Energía liberada según un valor de referencia a 0°R:

$$H_u = 17104.75 \text{ Btu/lb}$$

$$Q_A = r f/a H_u$$

$$Q_A = 0.06911 * 17104.75 \quad (\text{Tomando el valor } 14.47:1)$$

$$Q_A = 1182.11 \text{ BTU/lb.}$$

Caudal de aire a 4000rpm, 1.25lb/min

$$\underline{W} = 57 \text{ cv}$$

$$\underline{W} = 56.213 \text{ hp}$$

$$W = \frac{56.213 * 42.4}{1.25 * 4}$$

$$W = 476.686 \text{ Btu/lb}$$

$$n_t = \frac{W}{Q_A}$$

$$n_t = 0.4032$$

Para la mezcla gasolina 85% y etanol 15%

Cálculo De La Energía Liberada

Energía liberada según un valor de referencia a 0°R:

$$Hu = 17165.36 \text{ Btu/lb}$$

$$QA = r f/a \text{ Hu}$$

$$QA = 0.0689 * 17165.36 \text{ (Tomando el valor 14.507:1)}$$

$$QA = 1183.246 \text{ BTU/lb.}$$

Caudal de aire a 4000rpm, 1.25lb/min

$$\underline{W} = 57 \text{ cv}$$

$$\underline{W} = 56.21 \text{ hp}$$

$$W = \frac{56.21 * 42.4}{1.25 * 4}$$

$$W = 476.68 \text{ Btu/lb}$$

$$n_t = \frac{W}{Q_A}$$

$$n_t = 0.4028$$

Para la mezcla gasolina 80% y etanol 20%

Cálculo De La Energía Liberada

Energía liberada según un valor de referencia a 0°R:

$$Hu = 17150.255 \text{ Btu/lb}$$

$$QA = r f/a \text{ Hu}$$

$$QA = 0.06785 * 17150.255 \text{ (Tomando el valor 14.738)}$$

$$QA = 1163.67 \text{ BTU/lb.}$$

Caudal de aire a 4000rpm, 1.25lb/min

$$\underline{W} = 54.3 \text{ cv}$$

$$\underline{W} = 53.55 \text{ hp}$$

$$W = \frac{53.55 * 42.4}{1.25 * 4}$$

$$W = 454.106 \text{ Btu/lb}$$

$$n_t = \frac{W}{Q_A}$$

$$n_t = 0.39$$

5.3.2 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se consumió un volumen de prueba correspondiente a 850cc con una apertura de 12% del ángulo total de la aleta, con gasolina tipo extra y las mezclas correspondientes. Los resultados se muestran a continuación.

5.3.3 TABULACIÓN DE DATOS Y GRÁFICOS

Rendimiento térmico.

	GASOLINA 100%	GASOLINA 95% ETANOL 5%	GASOLINA 90% ETANOL10%	GASOLINA 85% ETANOL15%	GASOLINA 80% ETANOL20%
nt	0,42	0,37	0,4032	0,4028	0,39

Tabla 5.9 Rendimiento térmico.

Rendimiento Térmico

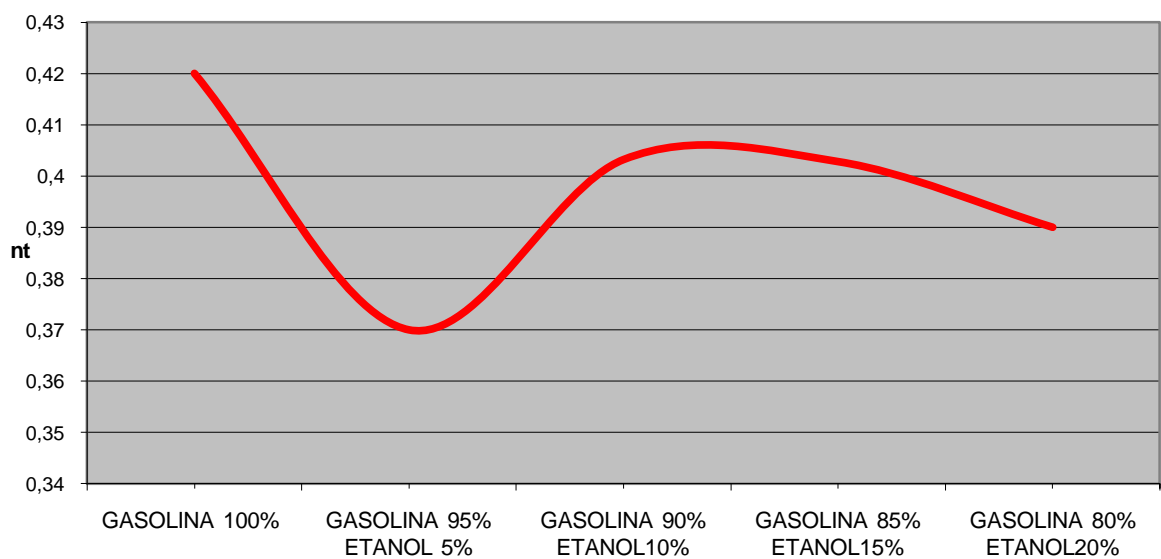


Gráfico 5.6 Fuente Experimental. Curva del rendimiento térmico

Consumo de combustible.

	Tiempo de consumo (s)	Volumen de Prueba (cc)	Volumen de combustible consumido (cc/s)
100% Gasolina tipo extra	27,3	850	31,136
95% Gasolina 5% Etanol	25,322	850	33,568
90% Gasolina 10% Etanol	27,12	850	31,342
85% Gasolina 15% Etanol	24,67	850	34,455
80% Gasolina 20% Etanol	25,84	850	32,895

Tabla 5.10 Consumo de combustible.

Combustible Consumido

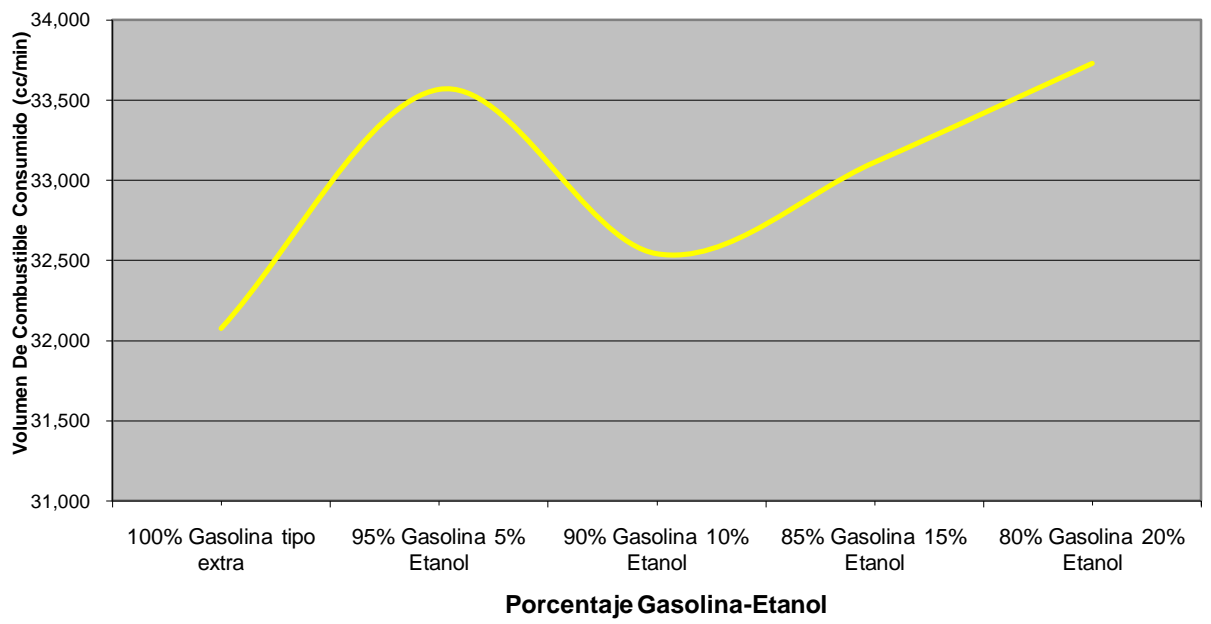


Gráfico 5.7 Fuente Experimental. Curva del consumo de combustible.

5.4 CURVAS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS

5.4.1 CURVAS COMPARATIVAS POTENCIA

POTENCIA 100% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

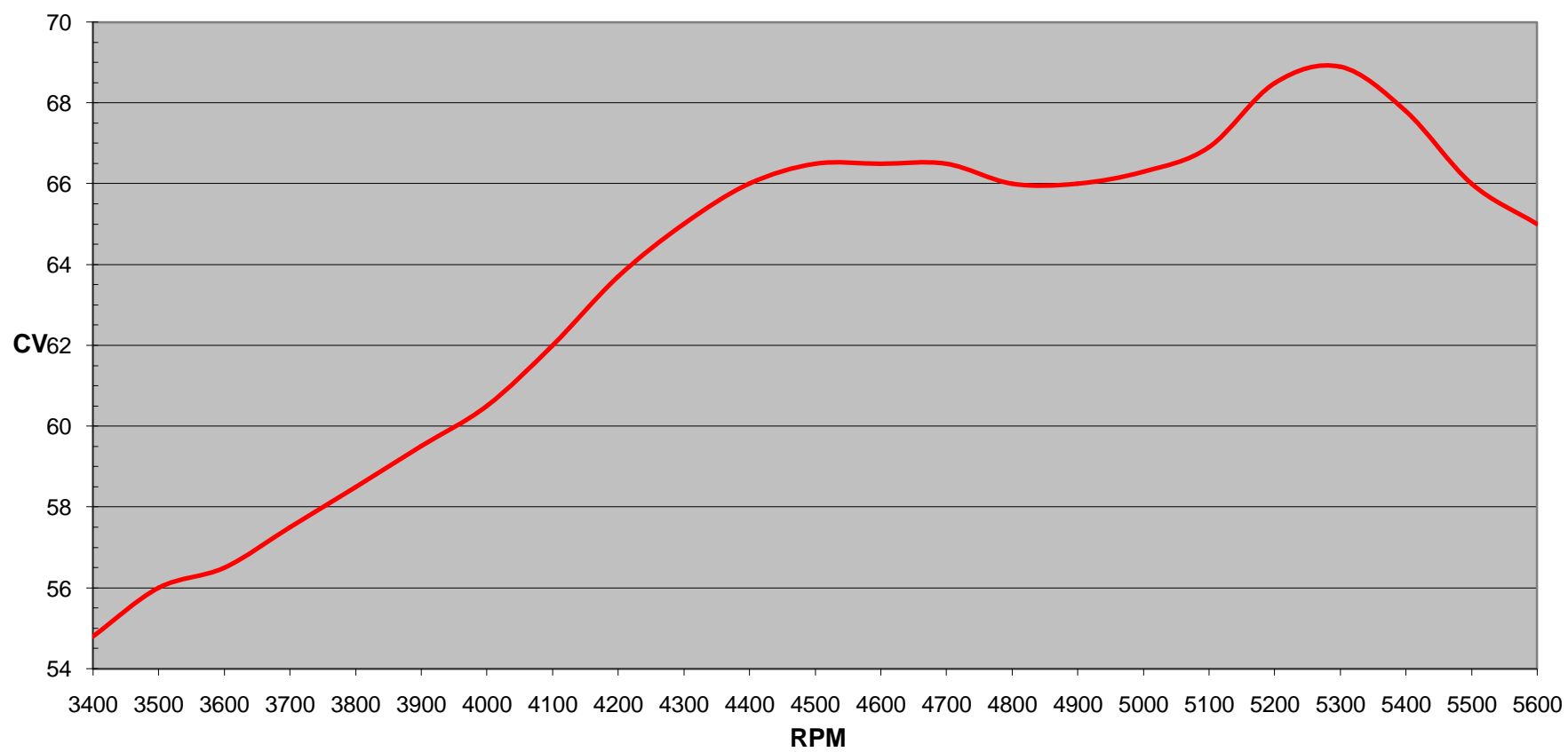


Gráfico 5.8 Fuente Experimental. Curva de potencia 100% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 5% ETANOL - 95% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

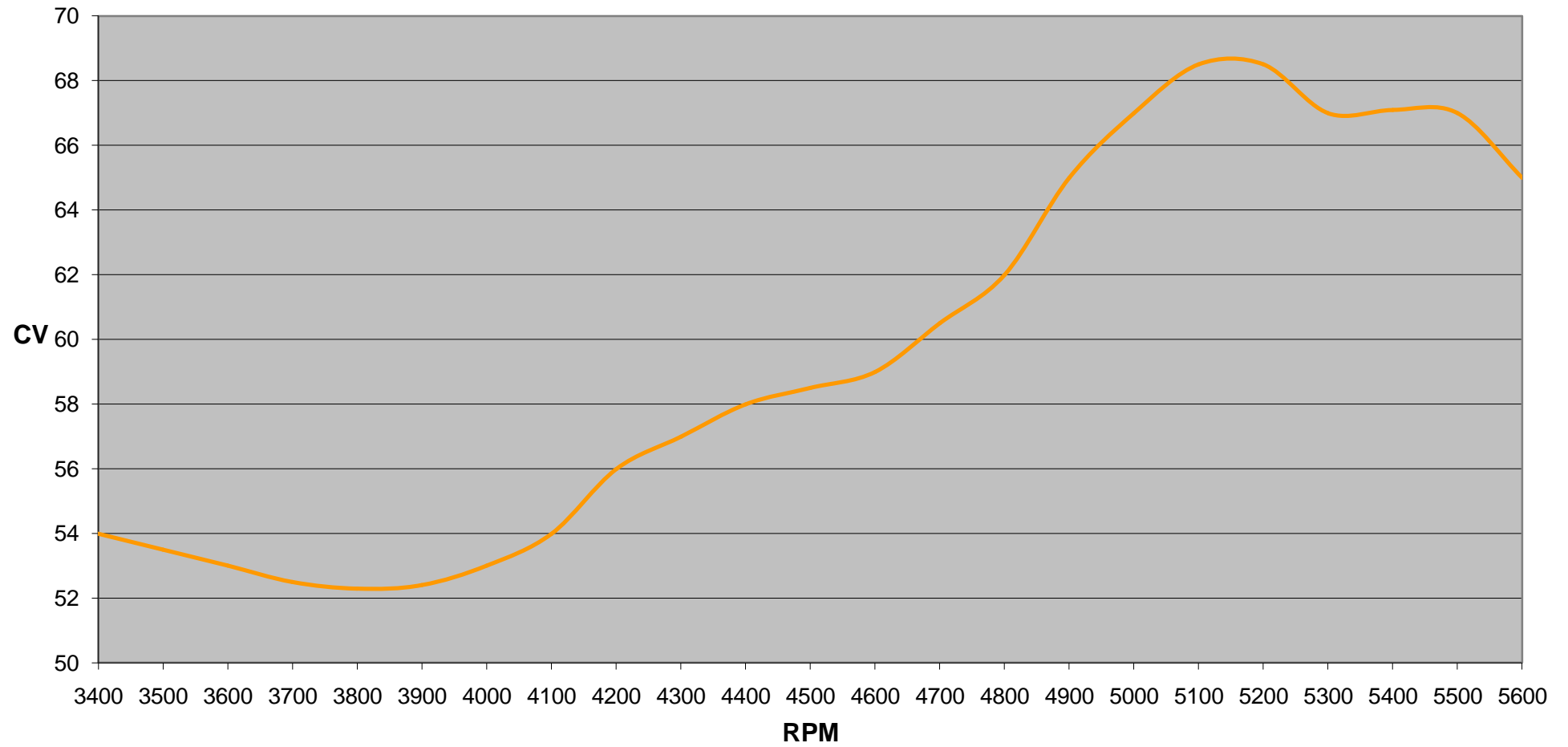


Gráfico 5.9 Fuente Experimental. Curva de potencia 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

POTENCIA 10% ETANOL - 90% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

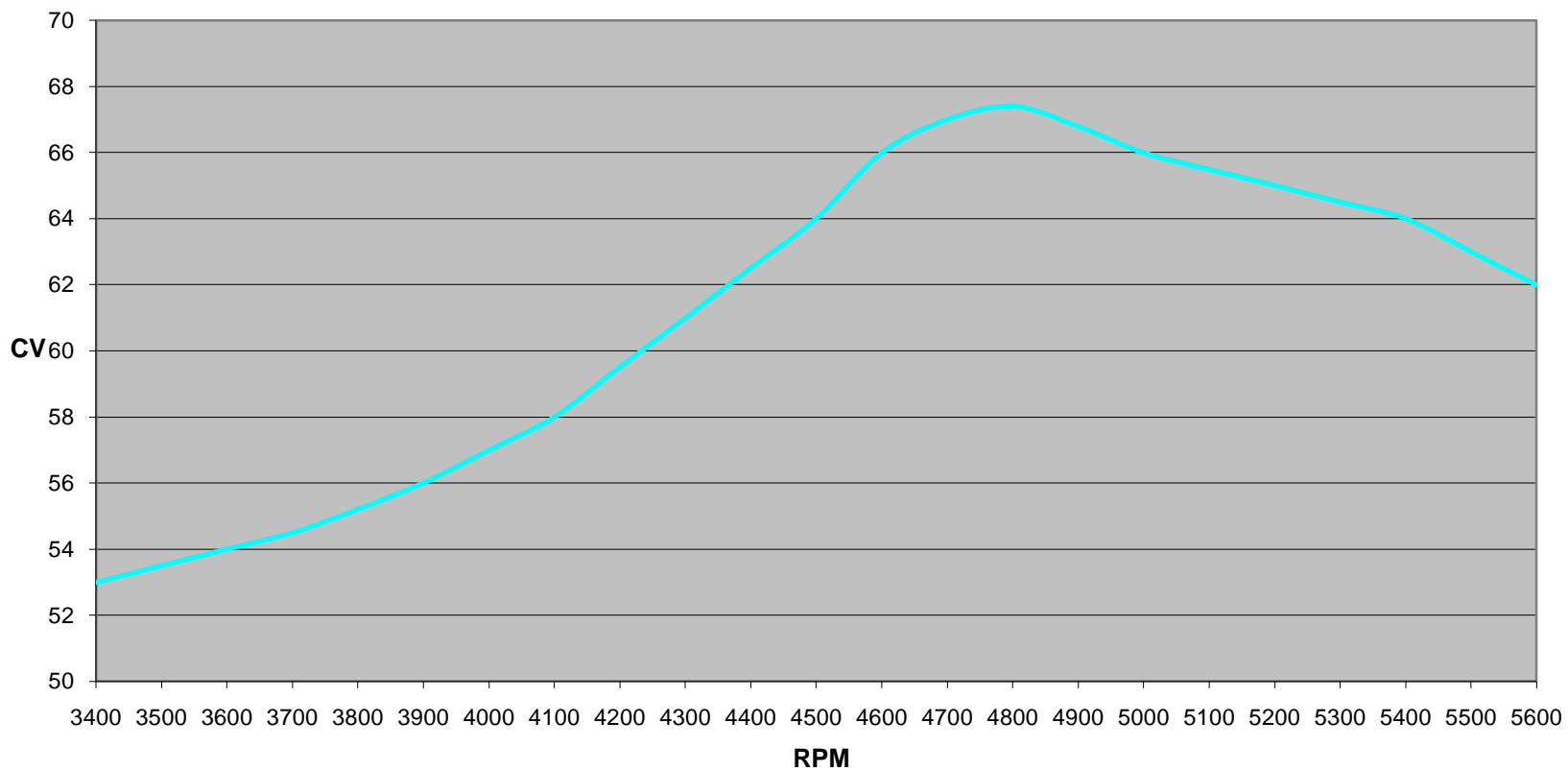


Gráfico 5.10 Fuente Experimental. Curva de potencia 10% etanol, 90% gasolina, con respecto a r.p.m

POTENCIA 15% ETANOL - 85% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

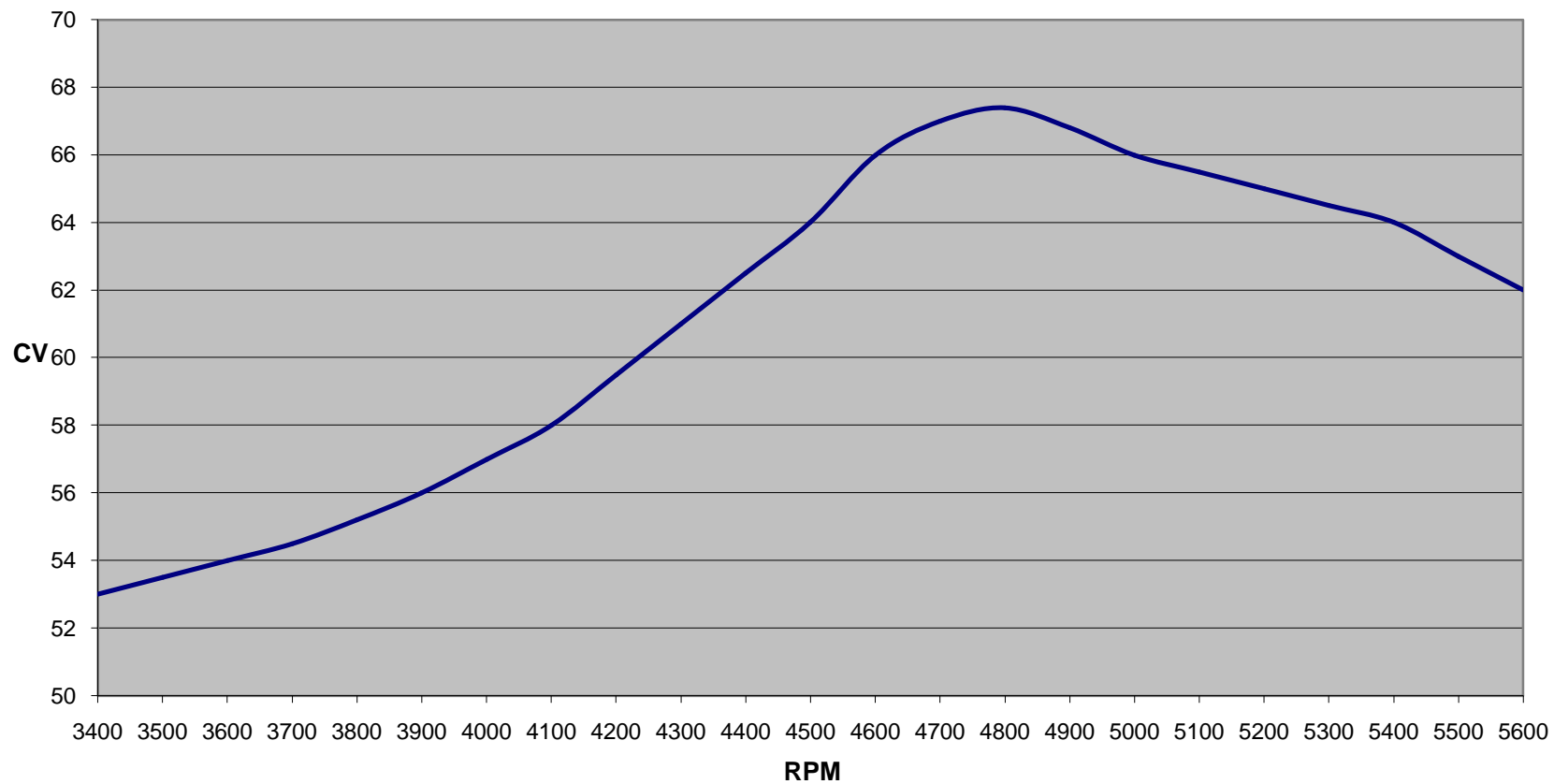


Gráfico 5.11 Fuente Experimental. Curva de potencia 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

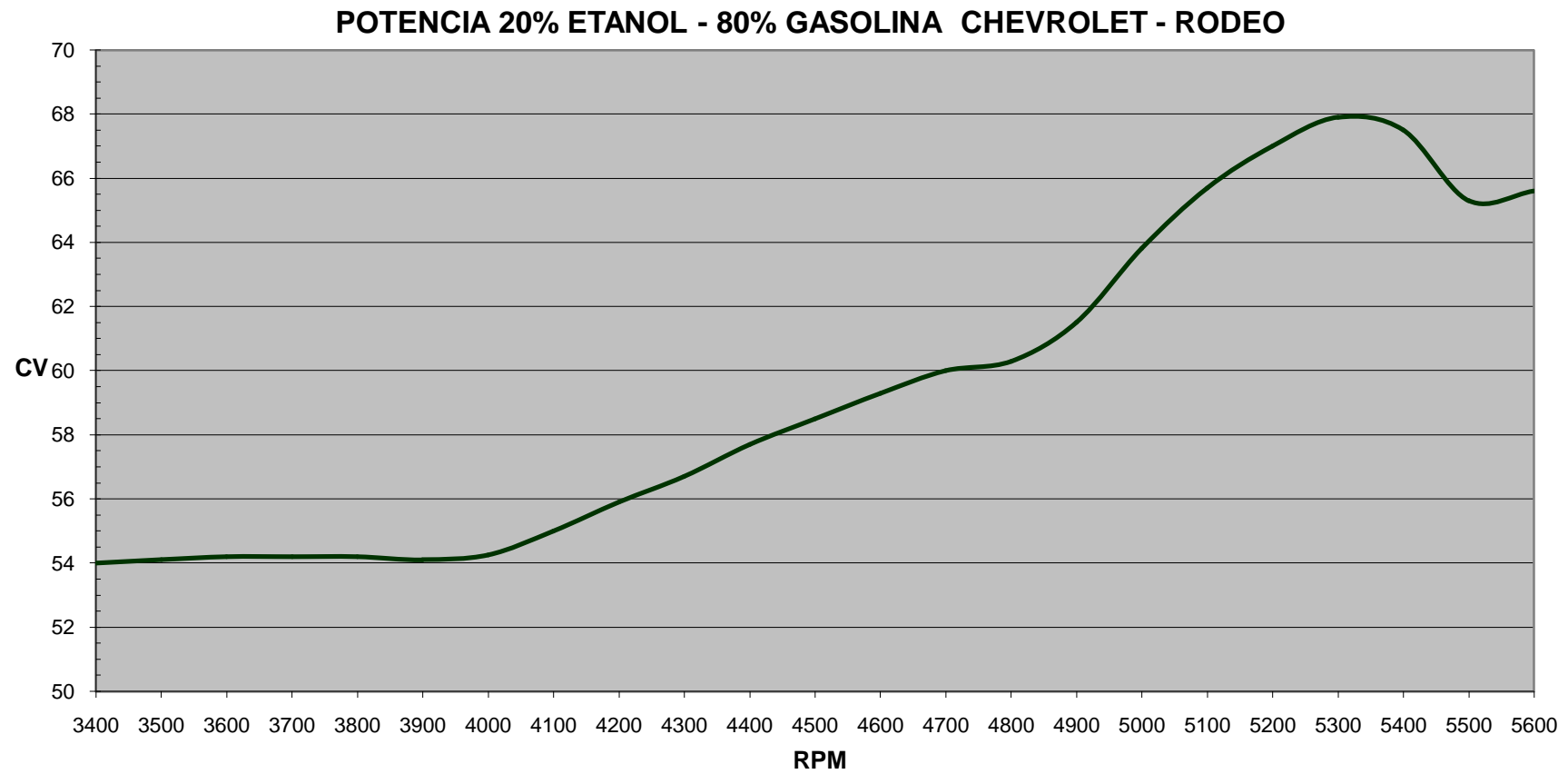


Gráfico 5.12 Fuente Experimental. Curva de potencia 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

POTENCIA ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

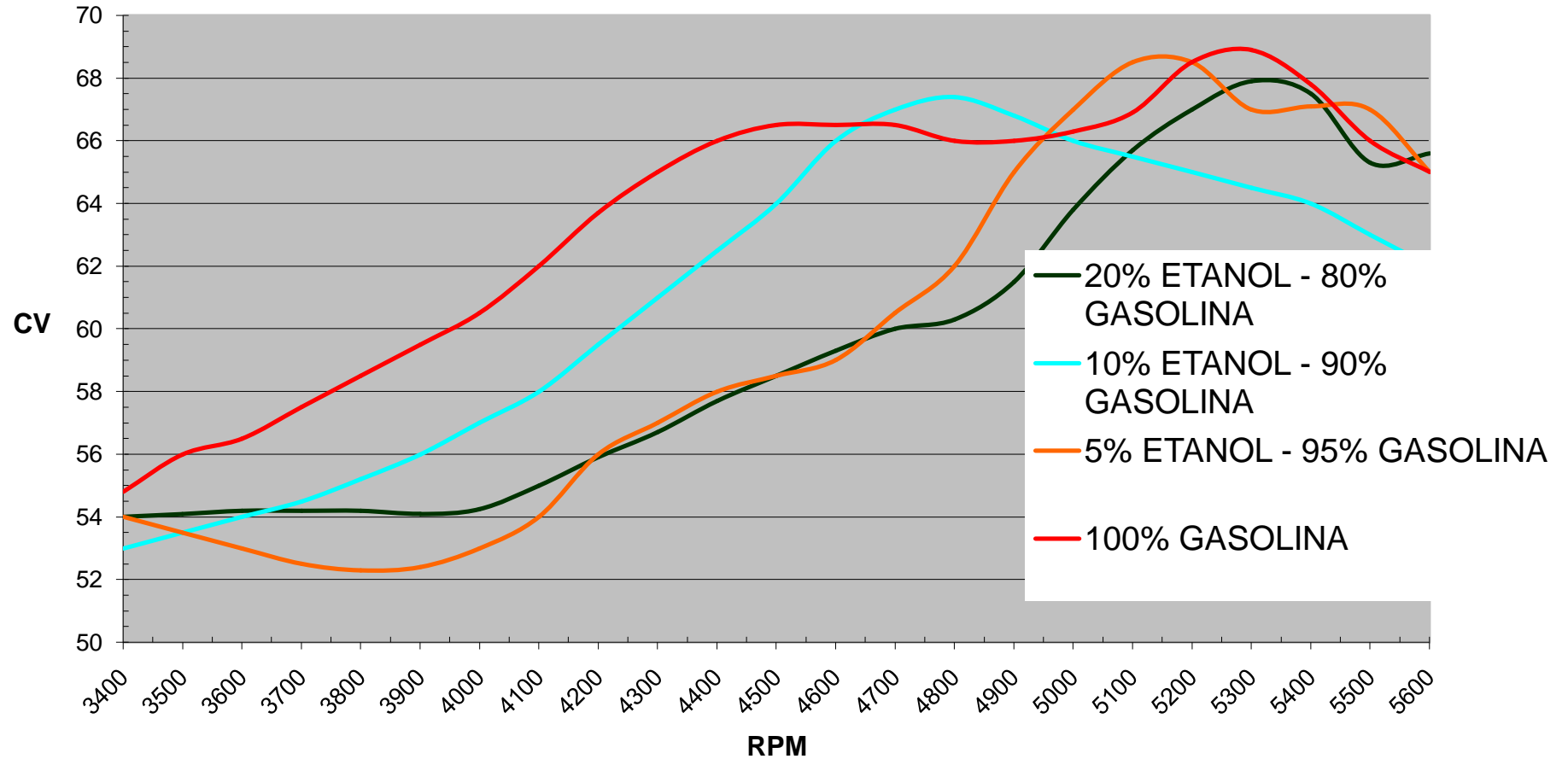


Gráfico 5.13 Fuente Experimental. Curvas de potencia de las mezclas, con respecto a r.p.m

- La potencia máxima desarrollada por el motor con un valor de 68,9 CV a 5300 rpm, la obtenemos con 100% de gasolina tipo extra, seguida de 68,5 CV a 5100 rpm, correspondiente a la mezcla 5% etanol – 95% gasolina tipo extra; en tercer lugar con un valor de 67,9 CV a 5300 rpm, es la máxima potencia de la mezcla 20% etanol – 95% gasolina tipo extra, por último con 67,4 CV a 4800 rpm, esta la mezcla correspondiente al 15% etanol – 85% gasolina tipo extra.
- A partir de las 3400 rpm hasta las 4600 rpm, comparando las potencias desarrolladas en el motor por las mezclas y la potencia máxima obtenida utilizando como combustible gasolina tipo extra encontramos que la potencia del motor al usar como combustible la mezcla 5% etanol – 95% gasolina es 11% menor que al usar 100% gasolina tipo extra, la potencia obtenida con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina es 7% menor, la potencia desarrollada en el motor por la mezcla 10% etanol – 90% gasolina es 6% menor a la potencia que desarrolla el motor al usar 100% gasolina tipo extra siendo la más conveniente en cuanto a potencia.

5.4.2 CURVAS COMPARATIVAS TORQUE

TORQUE 100% GASOLINA CHEVROLET / RODEO

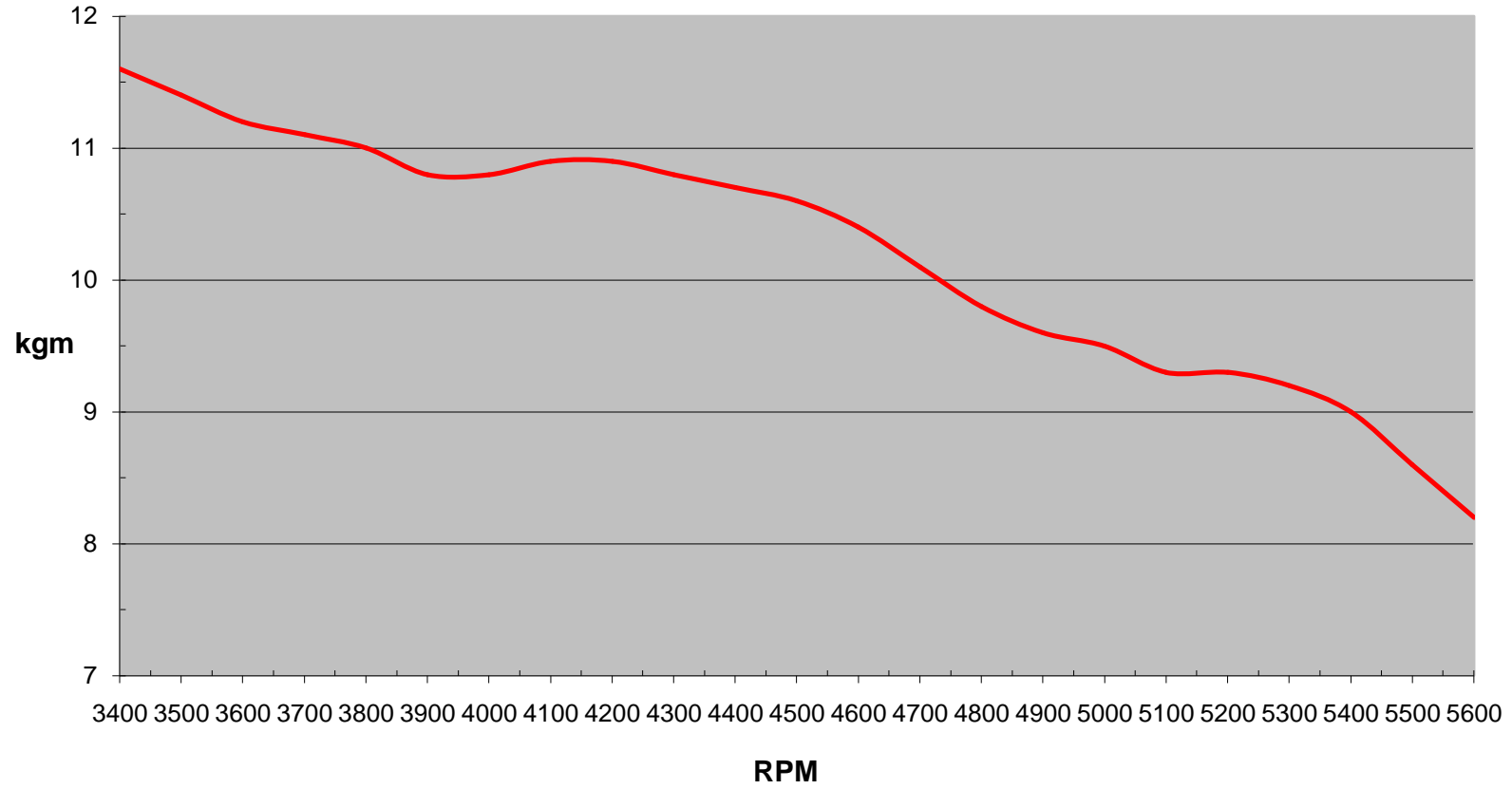


Gráfico 5.14 Fuente Experimental. Curva de torque 100% gasolina, con respecto a r.p.m

TORQUE ETANOL 5% - GASOLINA 95% CHEVROLET / RODEO

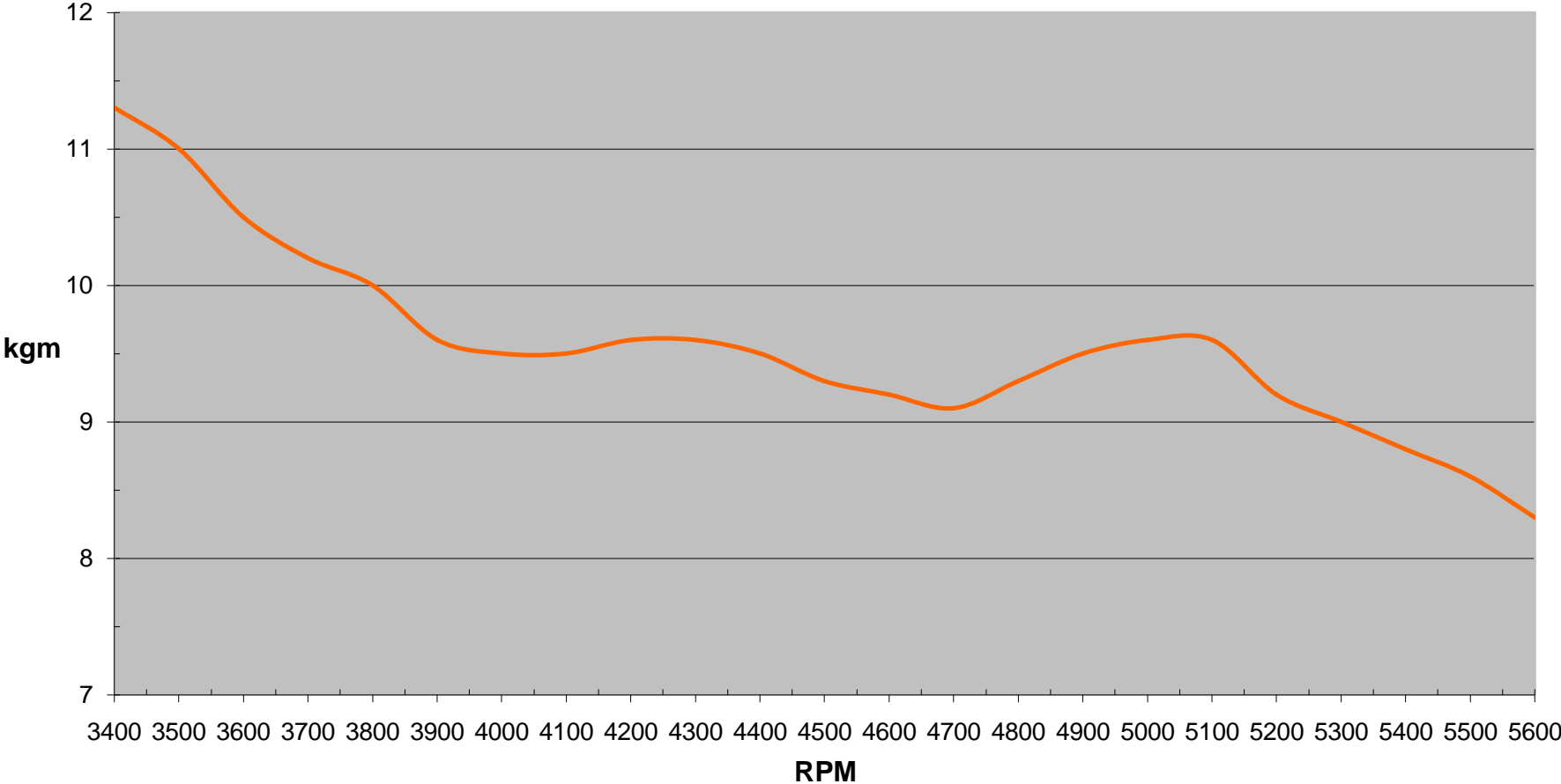


Gráfico 5.15 Fuente Experimental. Curva de torque 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

TORQUE ETANOL 10% - GASOLINA 90% CHEVROLET / RODEO

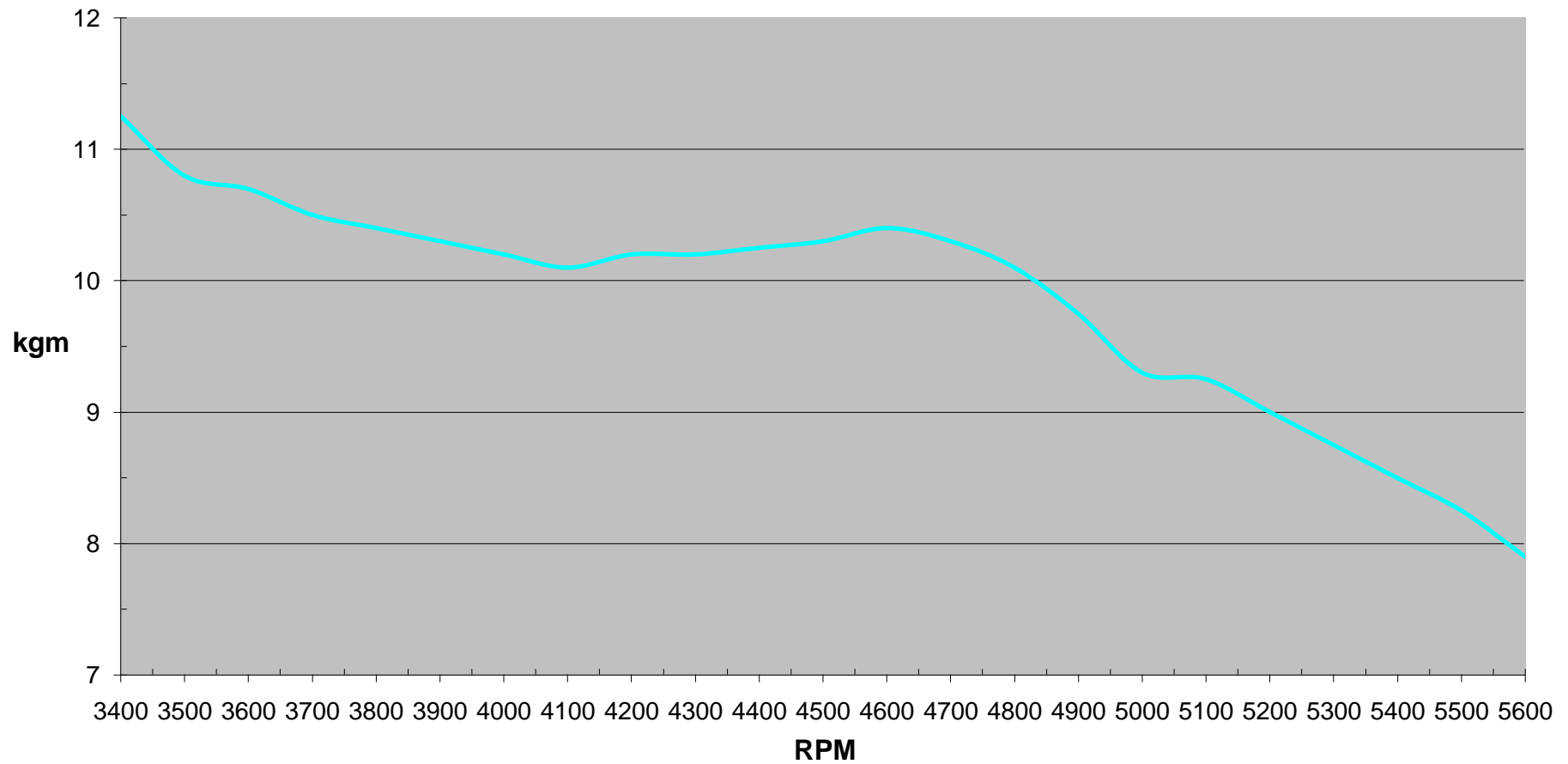


Gráfico 5.16 Fuente Experimental. Curva de torque 10% etanol, 90% gasolina, con respecto a r.p.m

TORQUE ETANOL 15% - GASOLINA 85% CHEVROLET / RODEO

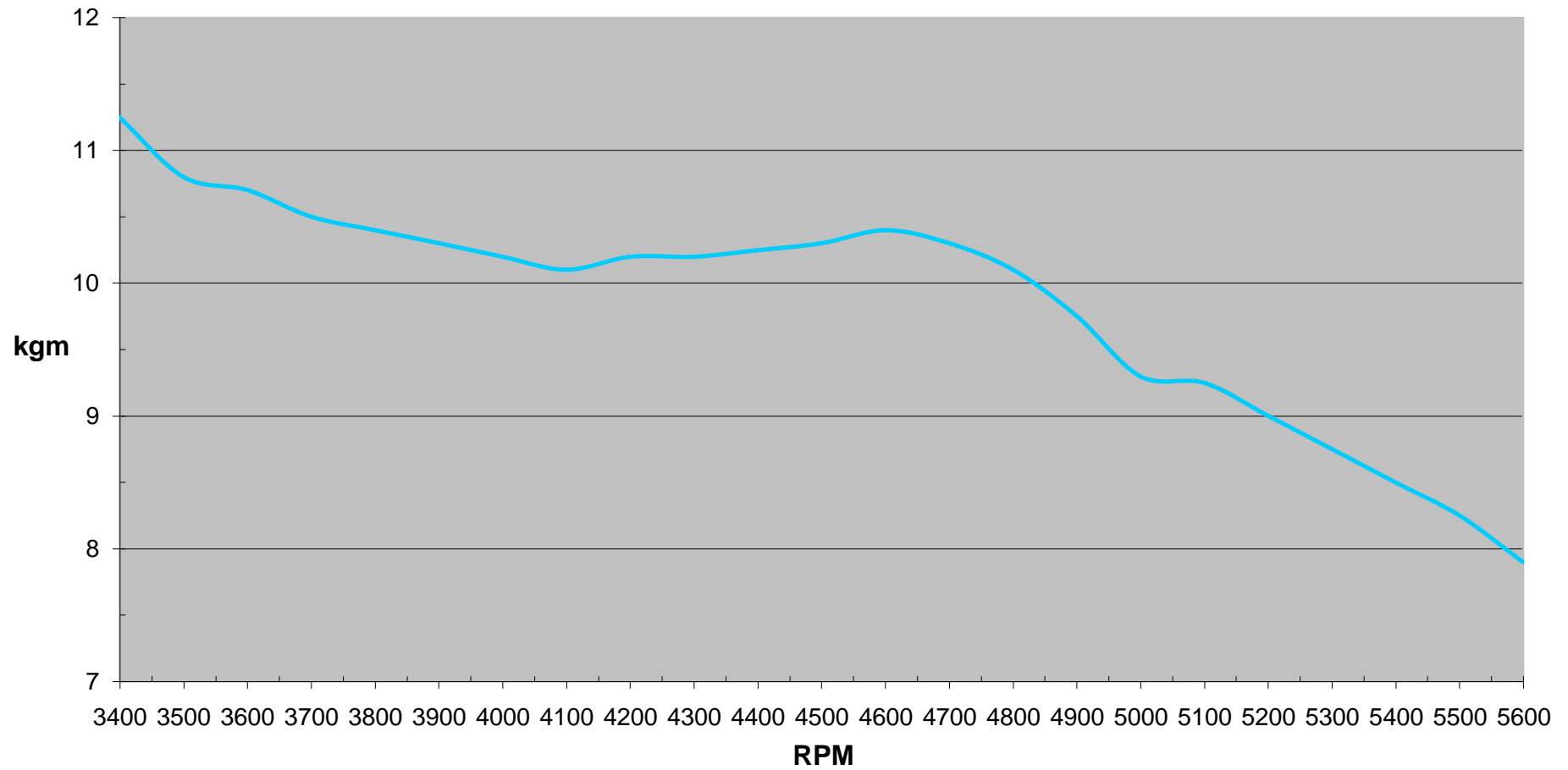


Gráfico 5.17 Fuente Experimental. Curva de torque 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

TORQUE ETANOL 20% - GASOLINA 80% CHEVROLET / RODEO

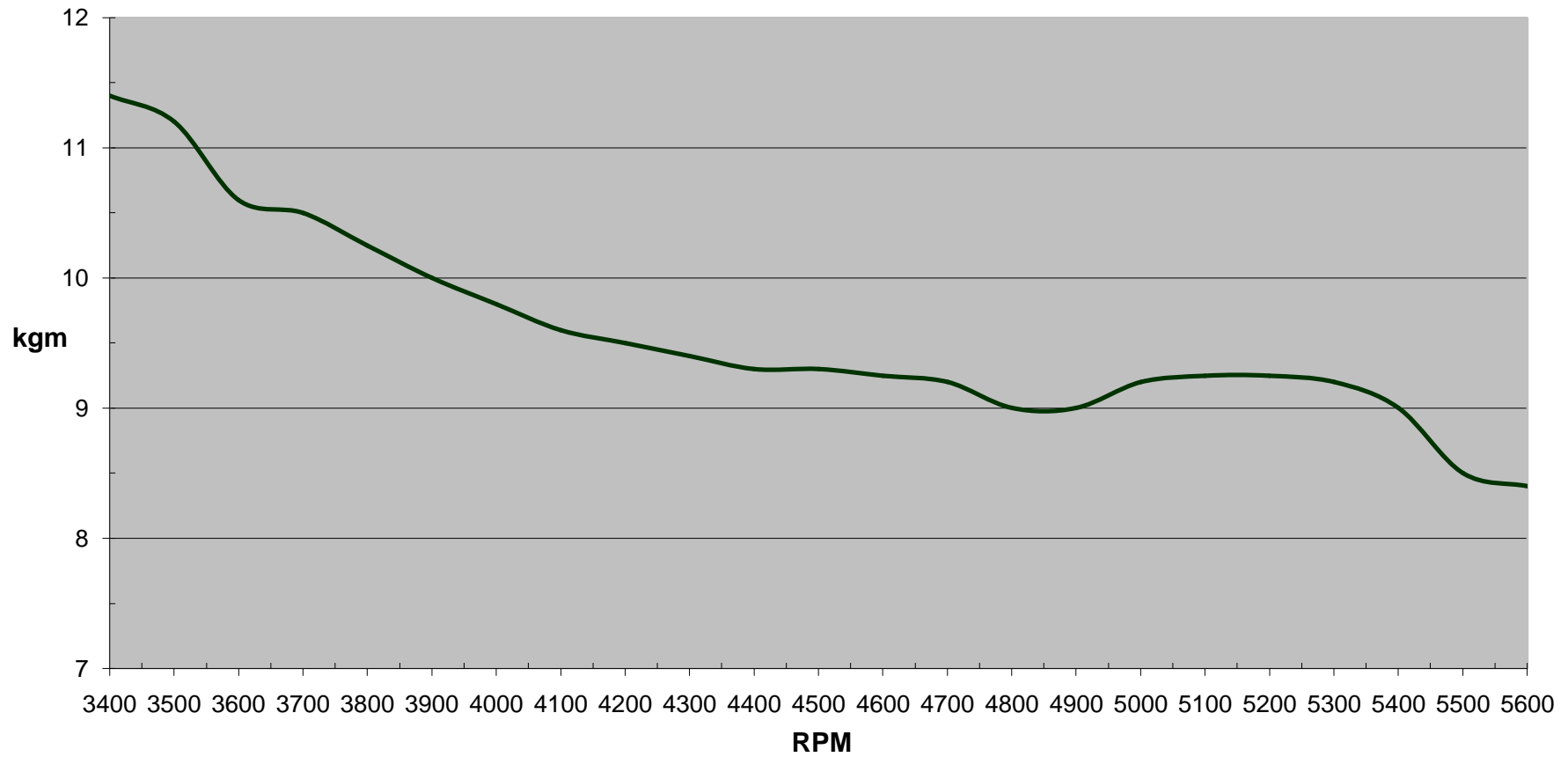


Gráfico 5.18 Fuente Experimental. Curva de torque 20% etanol, 80% gasolina, con respecto a r.p.m

TORQUE ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

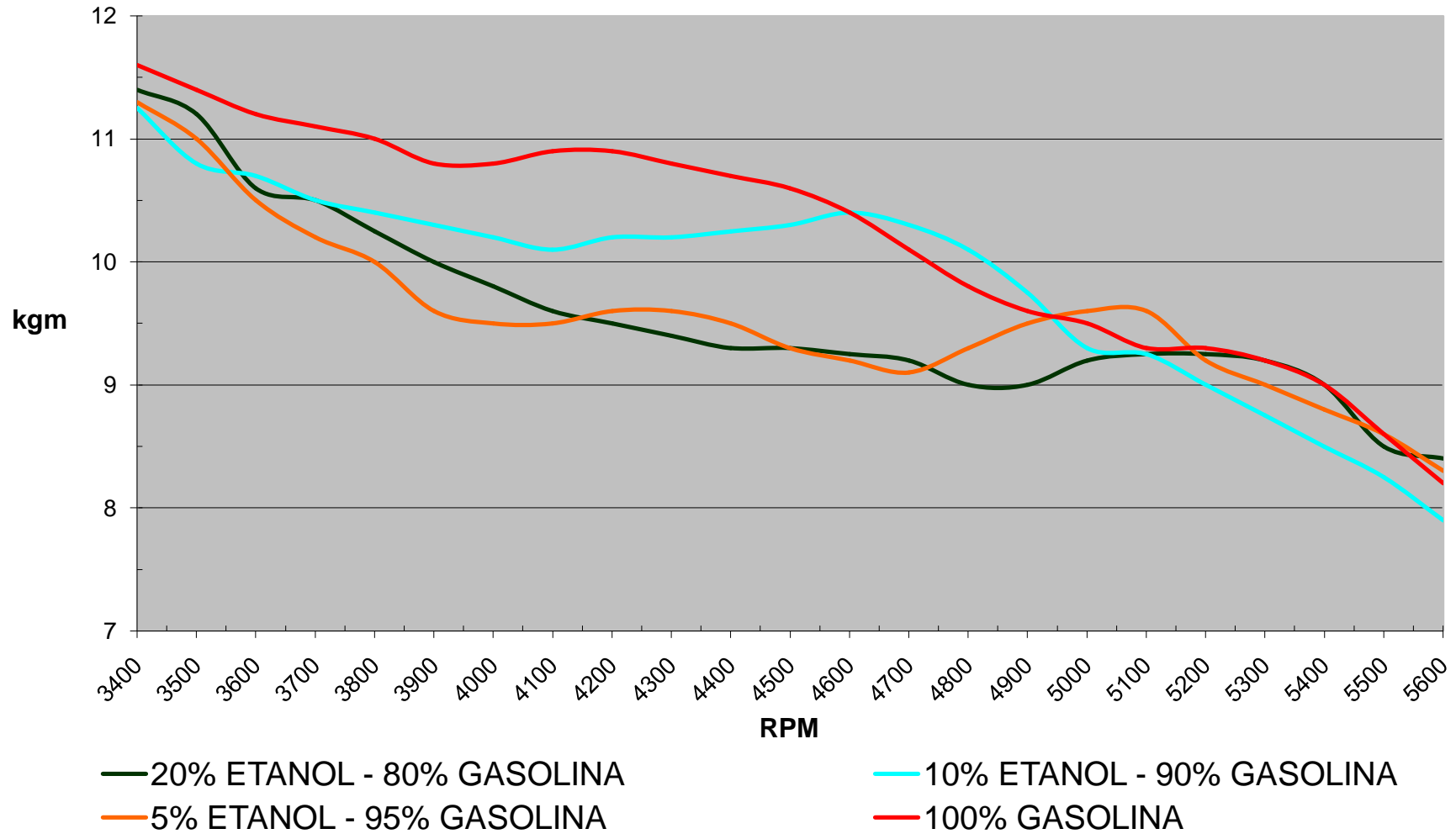


Gráfico 5.19 Fuente Experimental. Curvas de torque diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- El torque con un valor de 11,6 kgm a 3400 rpm, lo obtenemos con 100% de gasolina tipo extra, seguido de 11,4 kgm a 3400 rpm, correspondiente a la mezcla 20% etanol – 80% gasolina tipo extra; en tercer lugar con un valor de 11,3 kgm a 3400 rpm, es el torque de la mezcla 5% etanol – 95% gasolina tipo extra, por último con 11,25 kgm a 3400 rpm, esta la mezcla correspondiente al 10% etanol – 90% gasolina tipo extra.
- A partir de las 3400 rpm hasta las 4600 rpm, comparando los valores de torque desarrolladas en el motor al usar como combustible gasolina tipo extra (curva con valores más altos de torque), y mezclas de gasolina tipo extra - etanol encontramos que el torque obtenido de la mezcla 5% etanol – 95% gasolina es 11% menor que el torque desarrollado usando gasolina tipo extra como combustible, el torque obtenido con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina es 7% menor 100% gasolina tipo extra, el torque desarrollado por la mezcla 10% etanol – 90% gasolina es 5% menor que el desarrollado en el motor usando como combustible únicamente gasolina tipo extra siendo la más conveniente en cuanto a torque.

5.5 EMANACIÓN DE GASES TÓXICOS: RESULTADOS

5.5.1 EMANACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

GASES 100% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

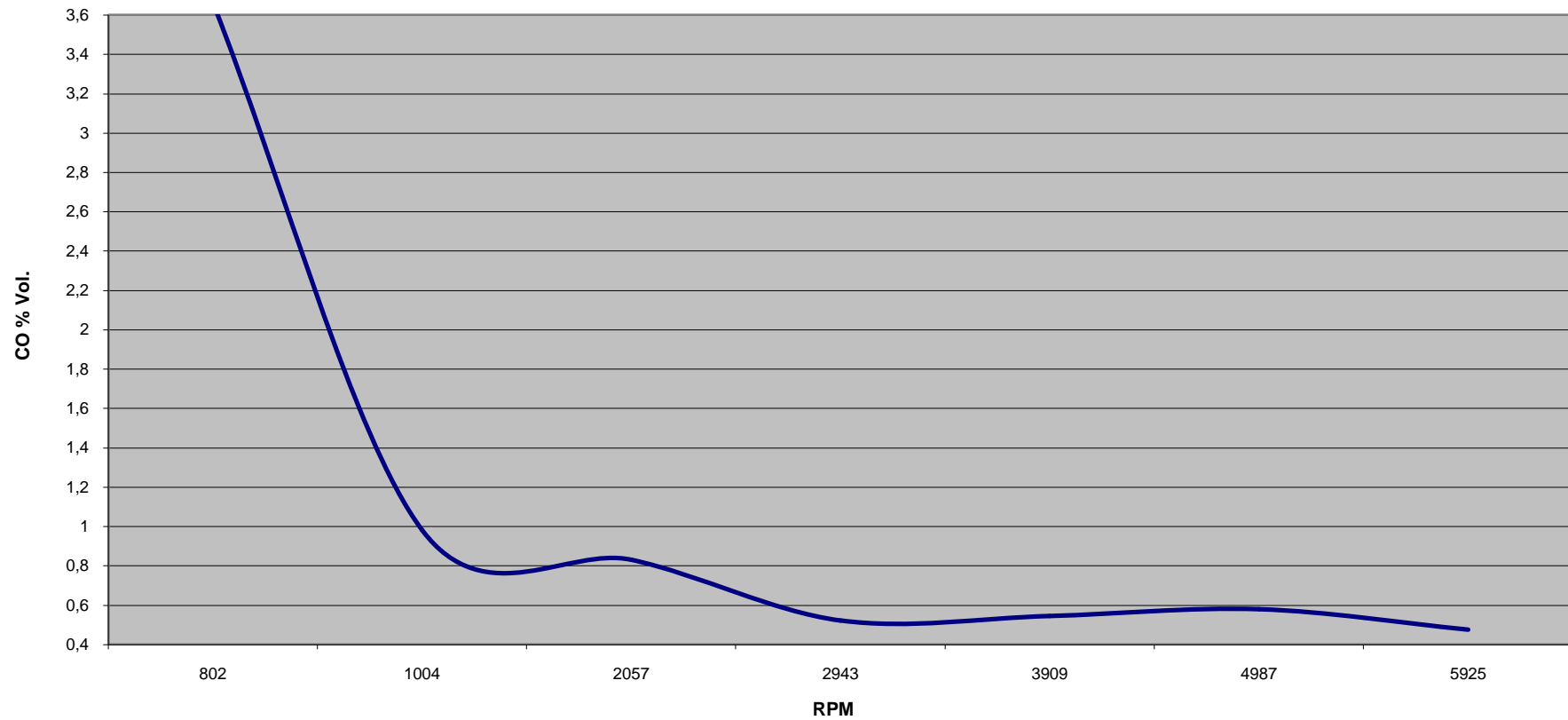


Gráfico 5.20 Fuente Experimental. Curva CO 100% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 5% ETANOL - 95% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

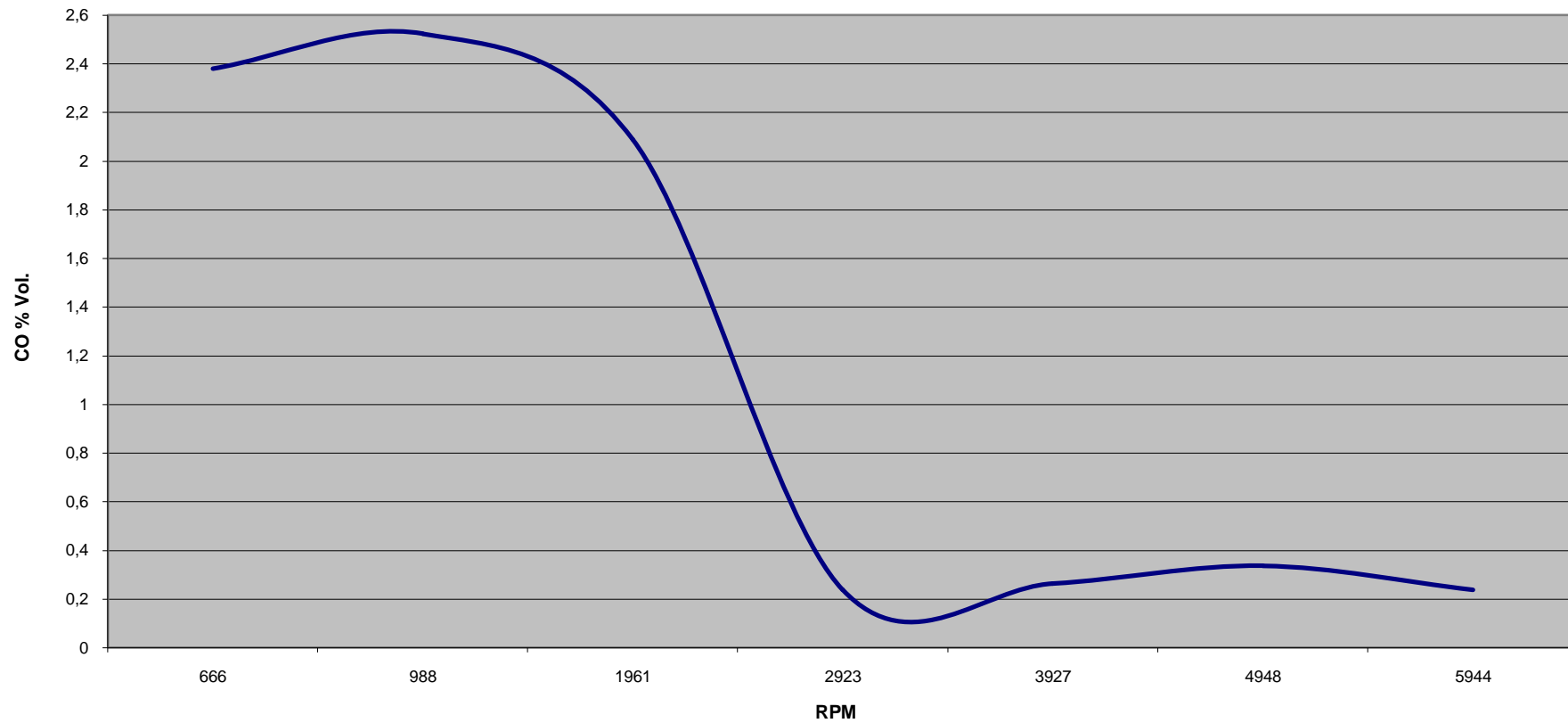


Gráfico 5.21 Fuente Experimental. Curva CO 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 15% ETANOL - 85% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

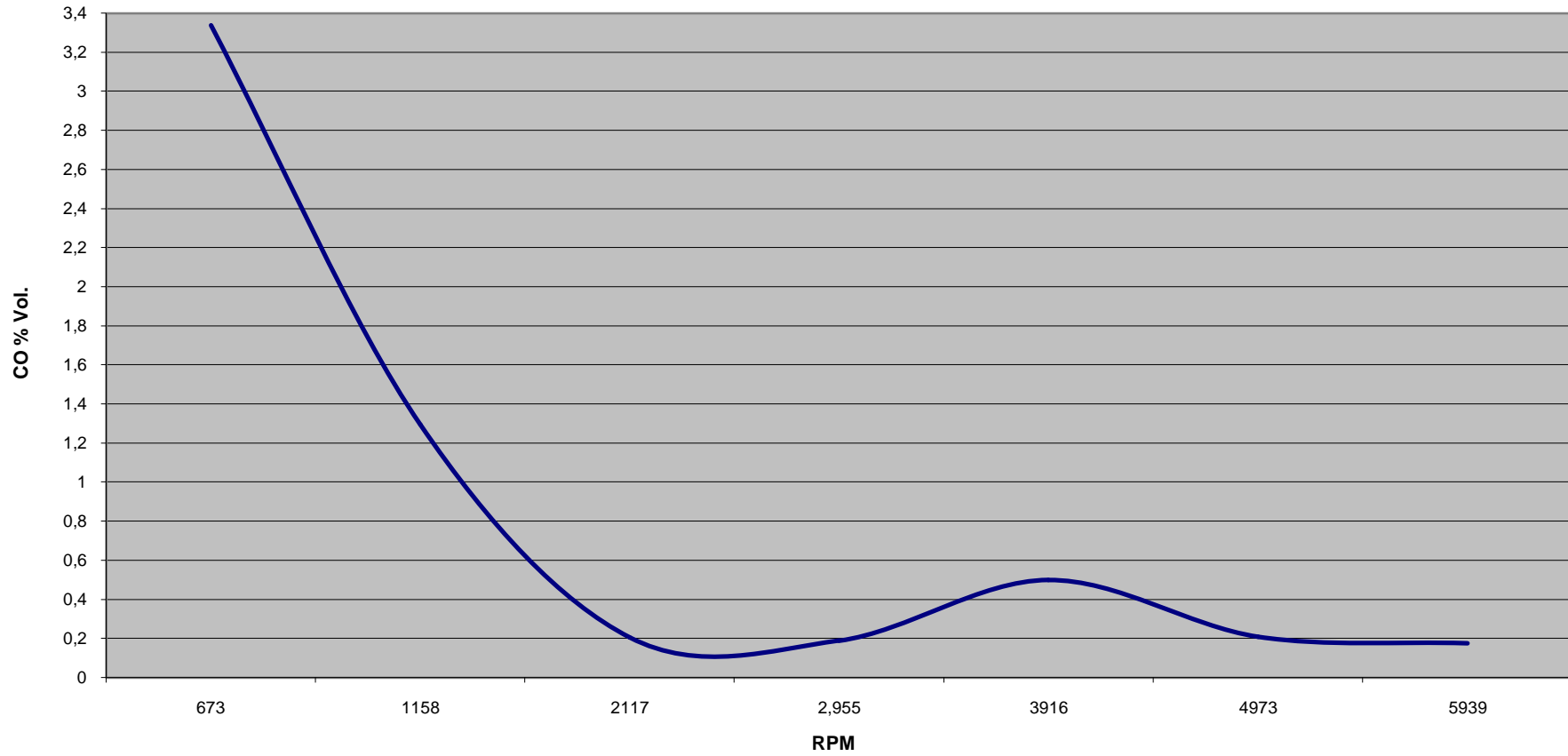


Gráfico 5.22 Fuente Experimental. Curva CO 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 20% ETANOL - 80% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

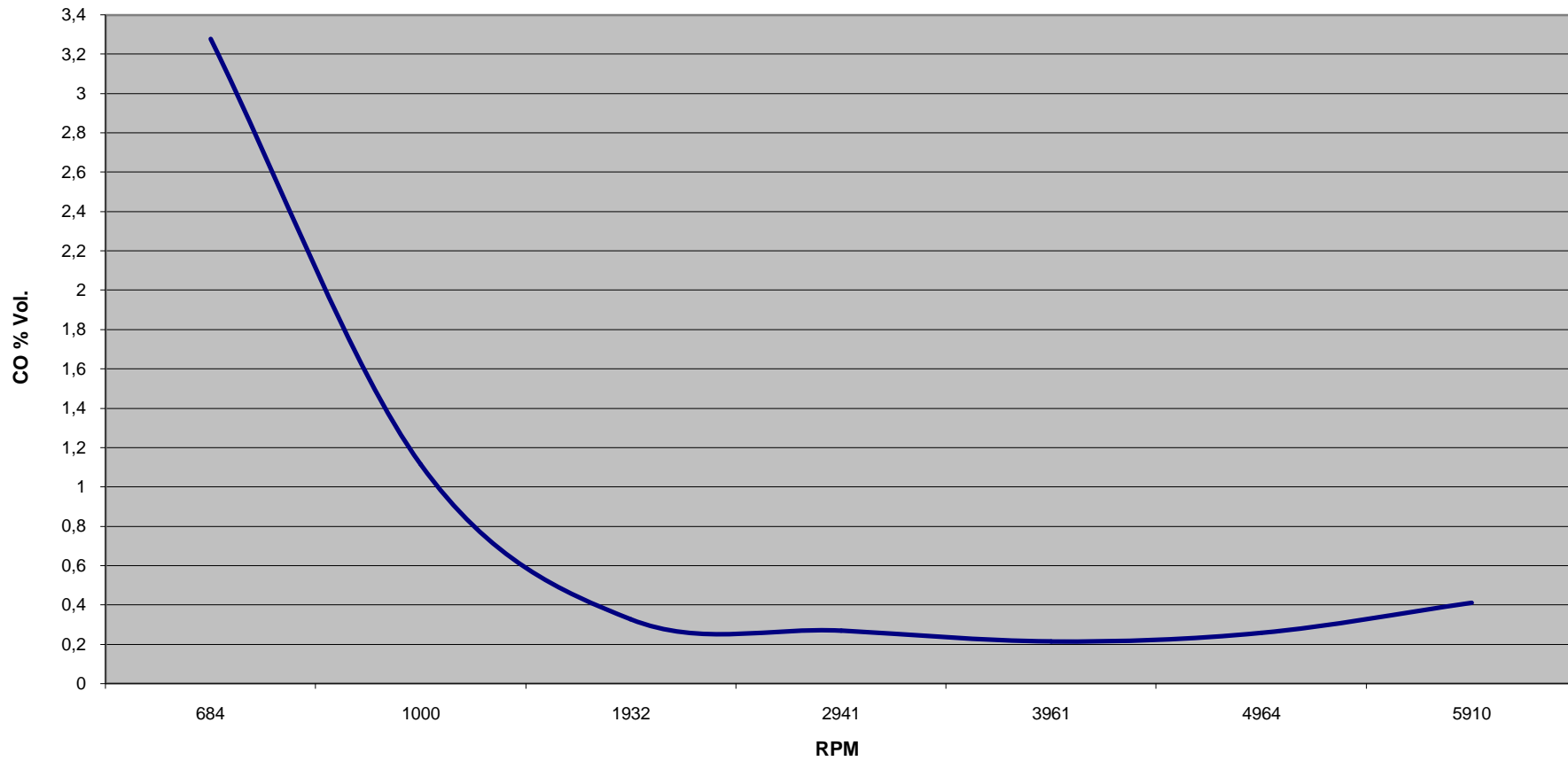


Gráfico 5.23 Fuente Experimental. Curva CO 20% etanol, 80% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

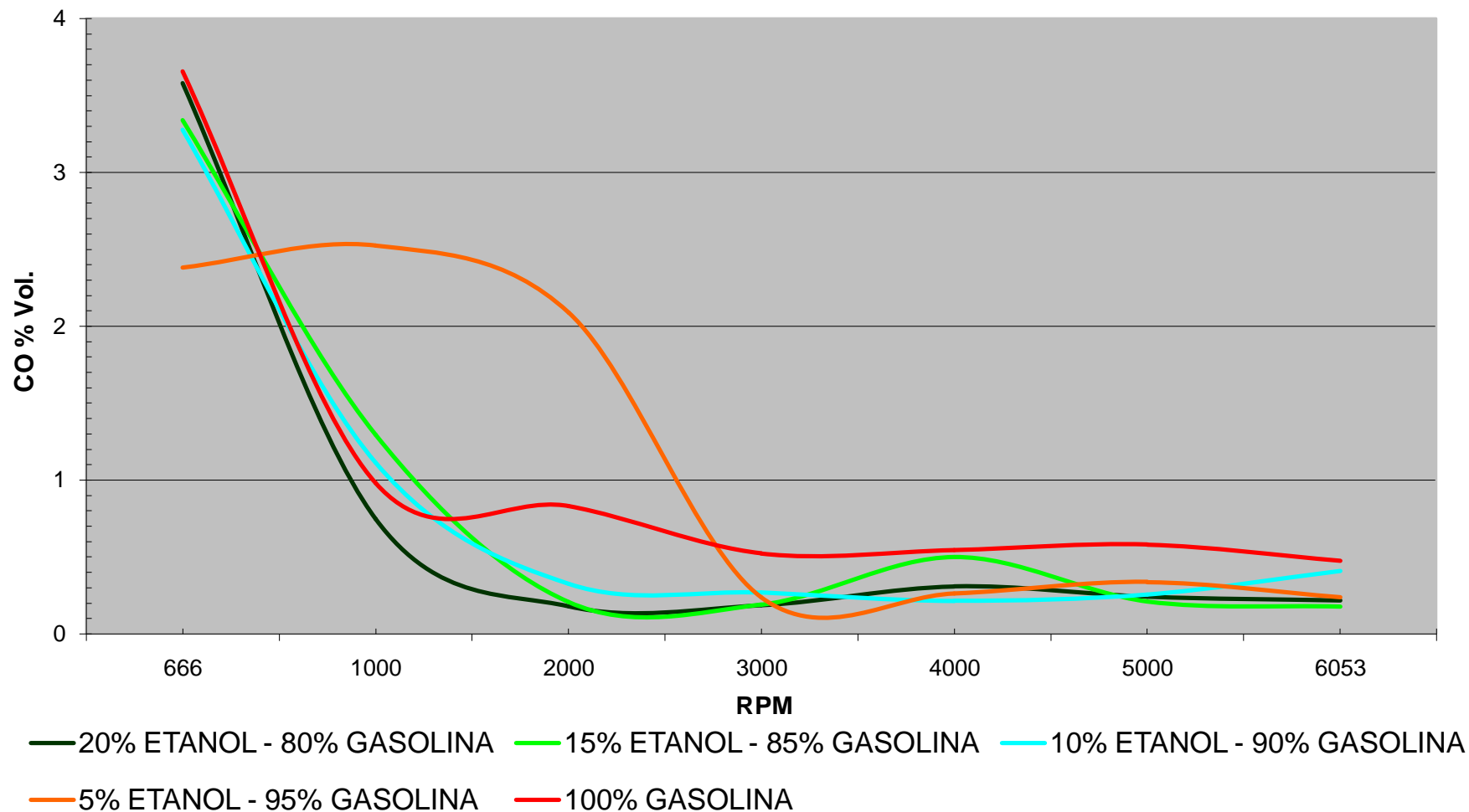


Gráfico 5.24 Fuente Experimental. Curvas CO de las diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- A partir de las 666 rpm hasta las 3000 rpm, comparando los valores % volumen CO medidos en las 4 mezclas con los valores de emisiones de CO medidos al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra encontramos que las emisiones de CO con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina son 152% mayores que las ocasionadas por la gasolina tipo extra, las emisiones de CO al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina son 65% menores, las emisiones de CO al usar como combustible la mezcla 15% etanol – 85% gasolina son 75% menores, las emisiones de CO al usar como combustible la mezcla 20% etanol – 80% gasolina son 75% menores; todas con respecto a las emisiones de CO ocasionadas al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra.

5.5.2 EMANACIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)

GASES 100% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

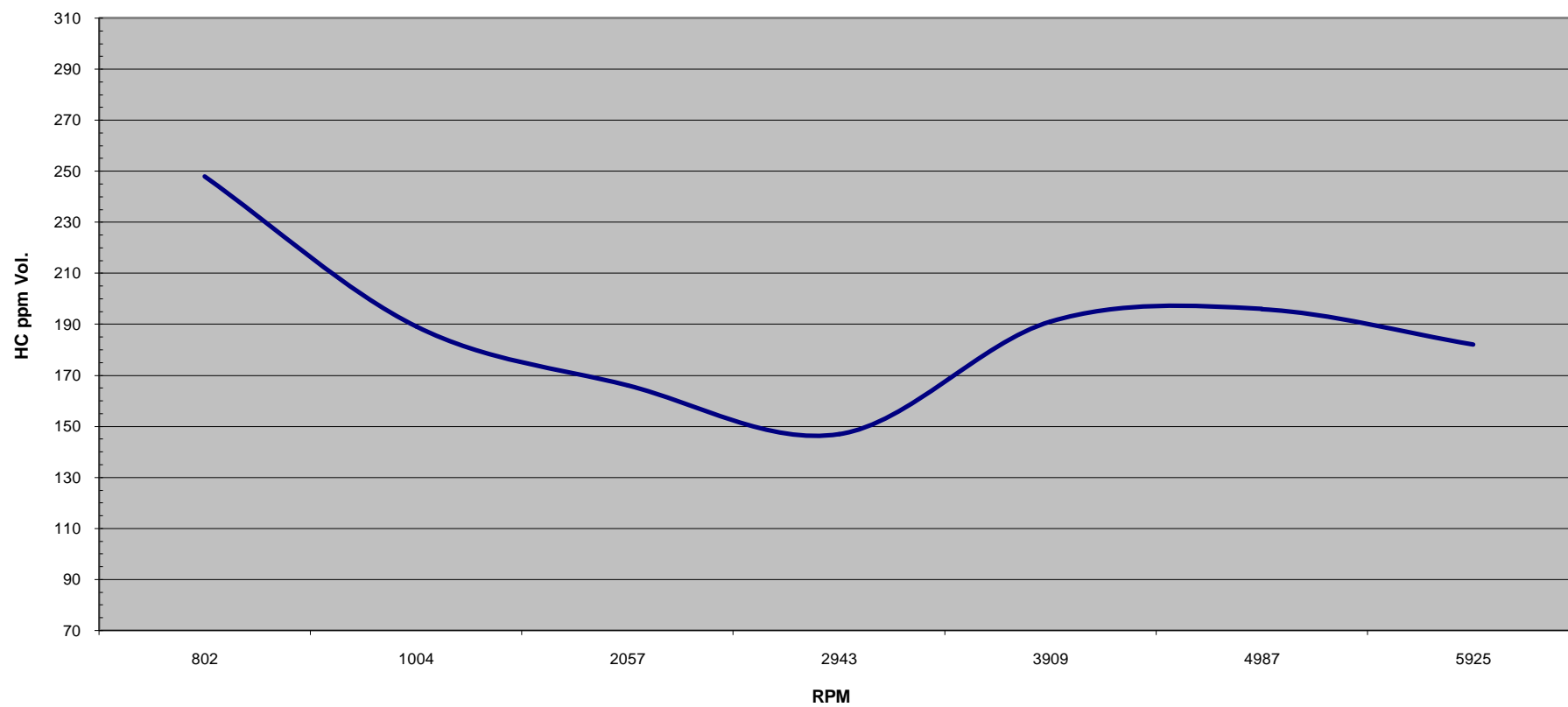


Gráfico 5.25 Fuente Experimental. Curva HC 100% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 5% ETANOL - 95% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

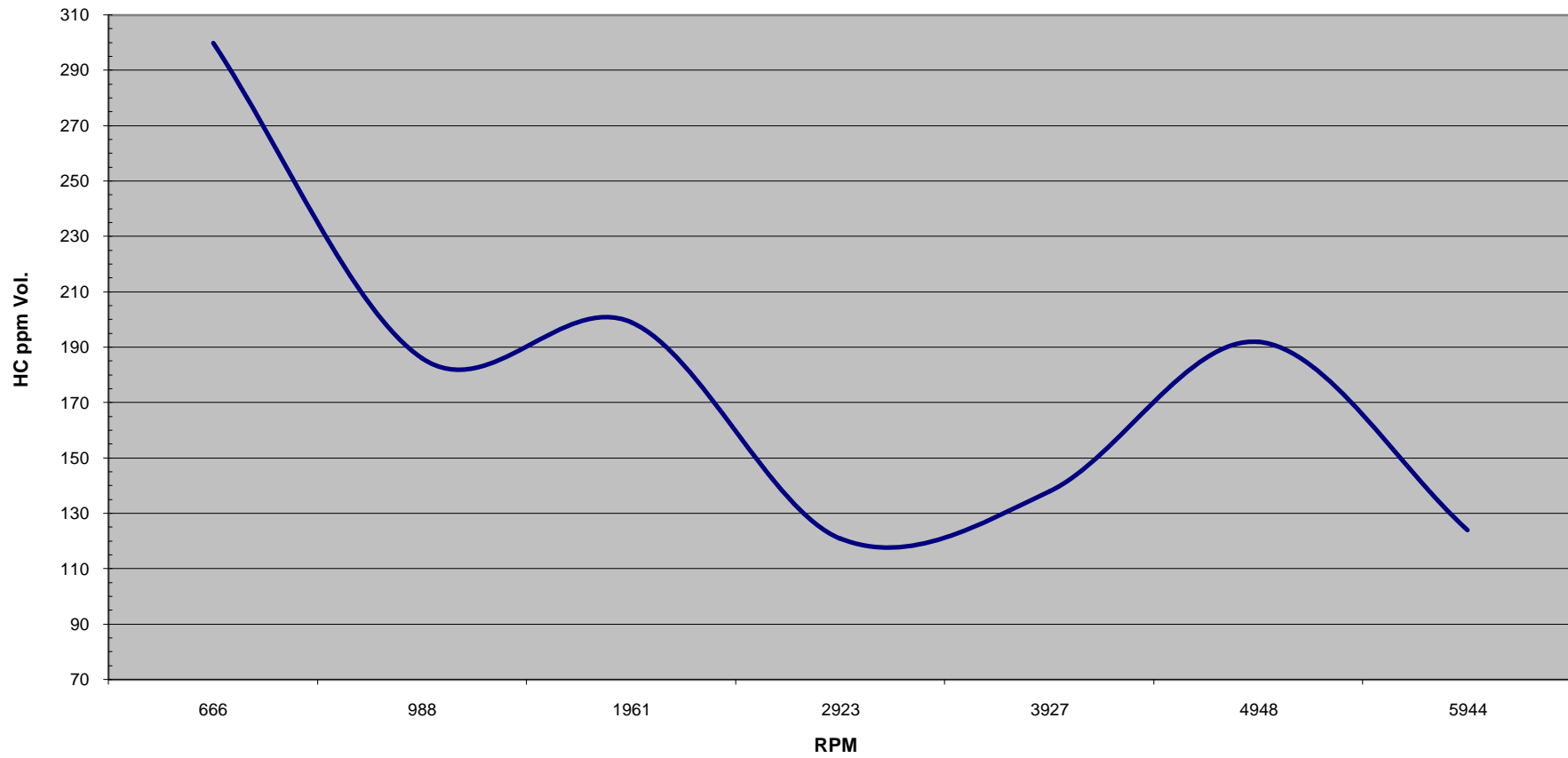


Gráfico 5.26 Fuente Experimental. Curva HC 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 10% ETANOL - 90% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

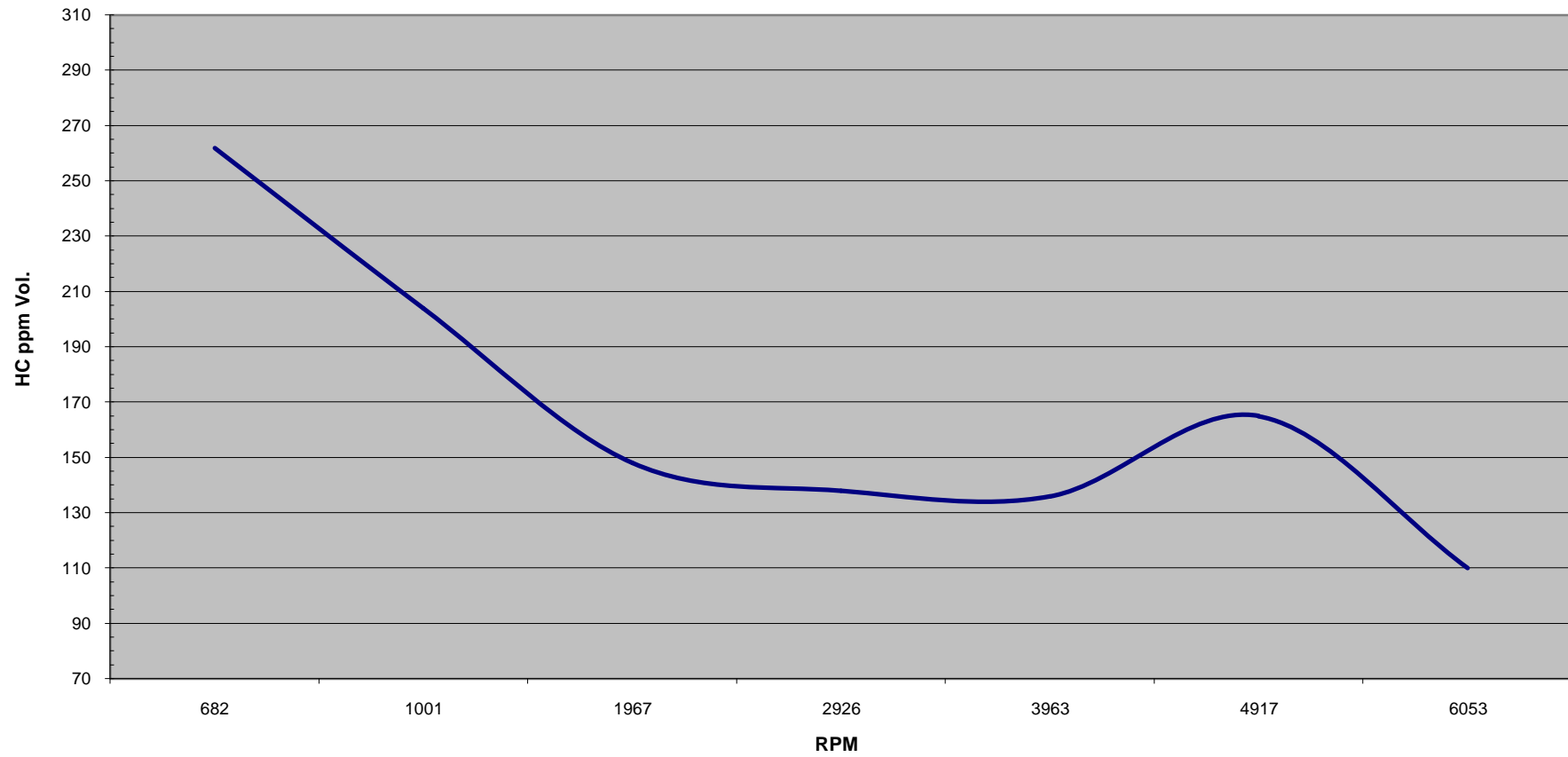


Gráfico 5.27 Fuente Experimental. Curva HC 10% etanol, 90% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 15% ETANOL - 85% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

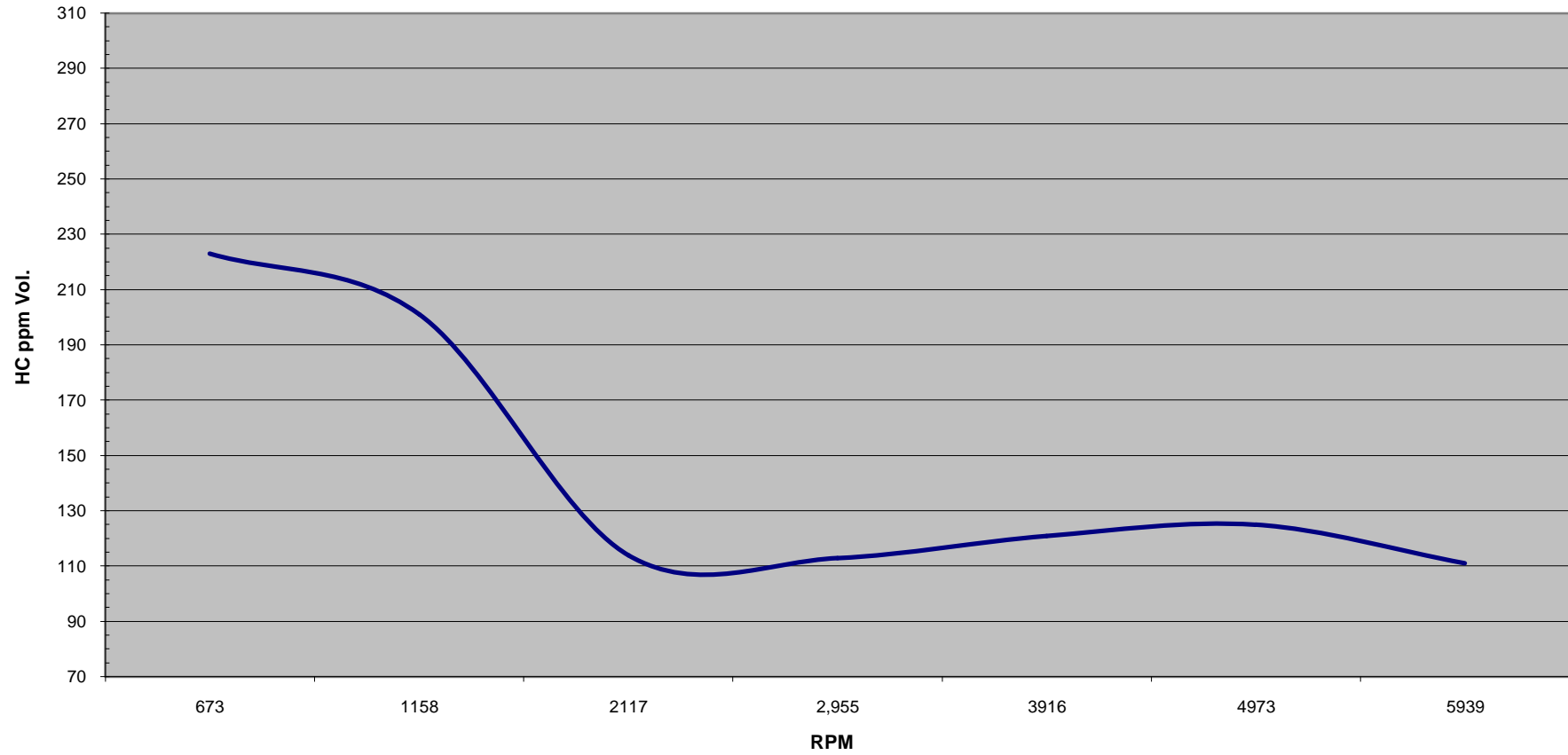


Gráfico 5.28 Fuente Experimental. Curva HC 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 20% ETANOL - 80% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

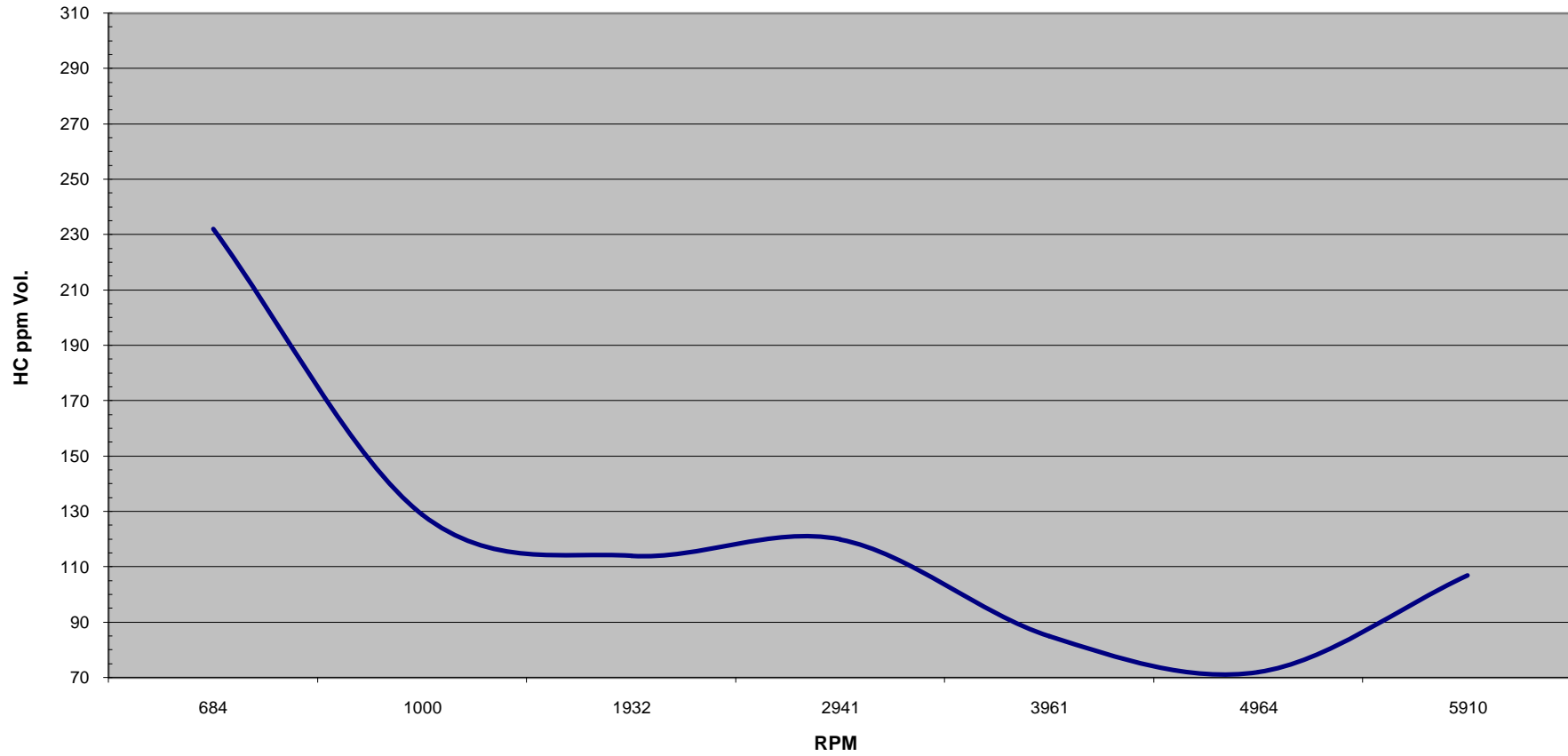


Gráfico 5.29 Fuente Experimental. Curva HC 20% etanol, 80% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

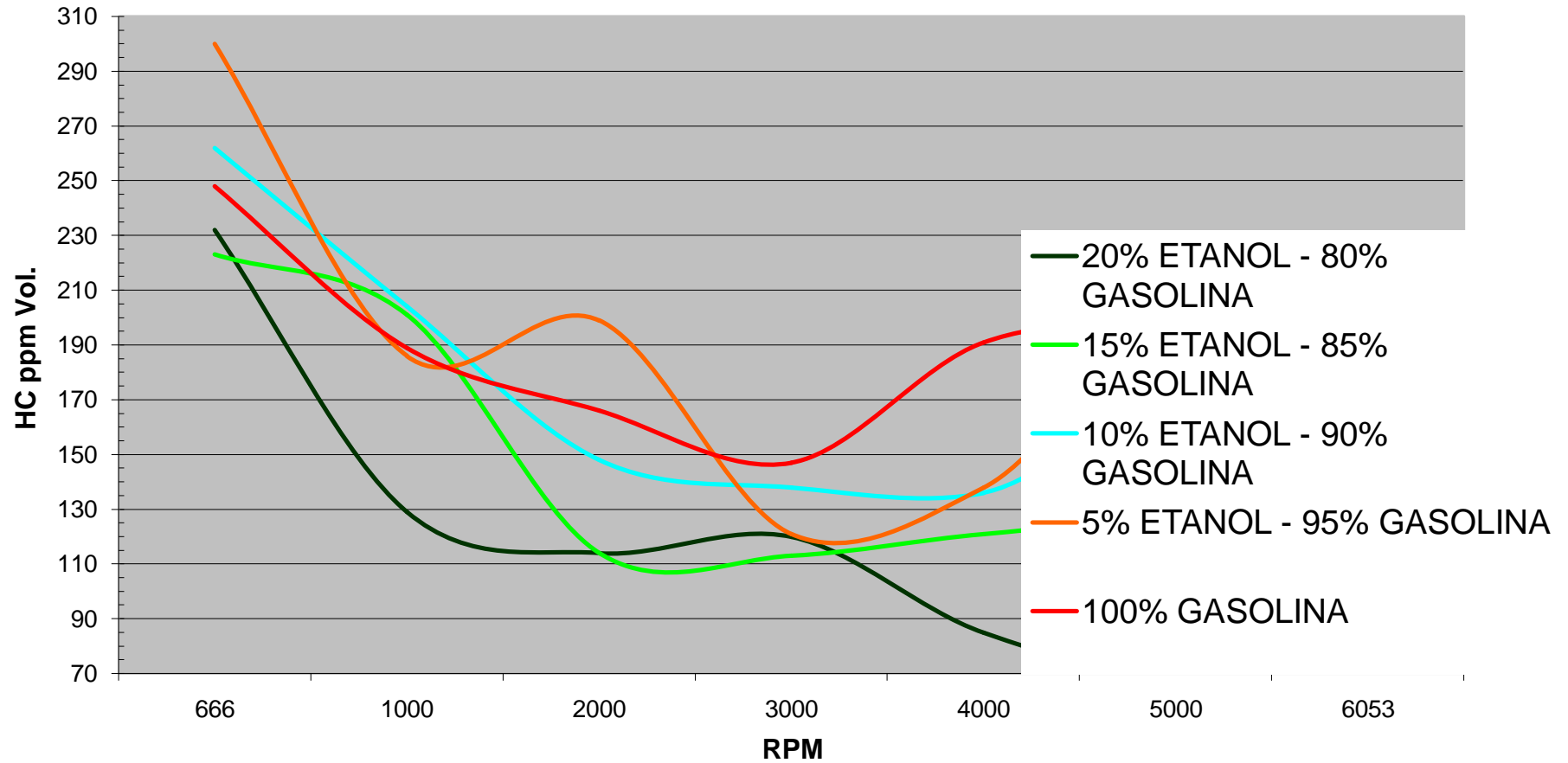


Gráfico 5.30 Fuente Experimental. Curvas HC diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- A partir de las 666 rpm hasta las 3000 rpm, comparando los valores ppm volumen HC medidos en las 4 mezclas con los valores de emisiones HC medidos al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra encontramos que las emisiones de HC con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina son 20% mayores que las ocasionadas por la gasolina tipo extra, las emisiones de HC al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina son 11% menores, las emisiones de HC al usar como combustible la mezcla 15% etanol – 85% gasolina son 31% menores, las emisiones de HC al usar como combustible la mezcla 20% etanol – 80% gasolina son 31% menores; todas con respecto a las emisiones de HC ocasionadas al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra.

5.5.3 EMANACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

GASES 100% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

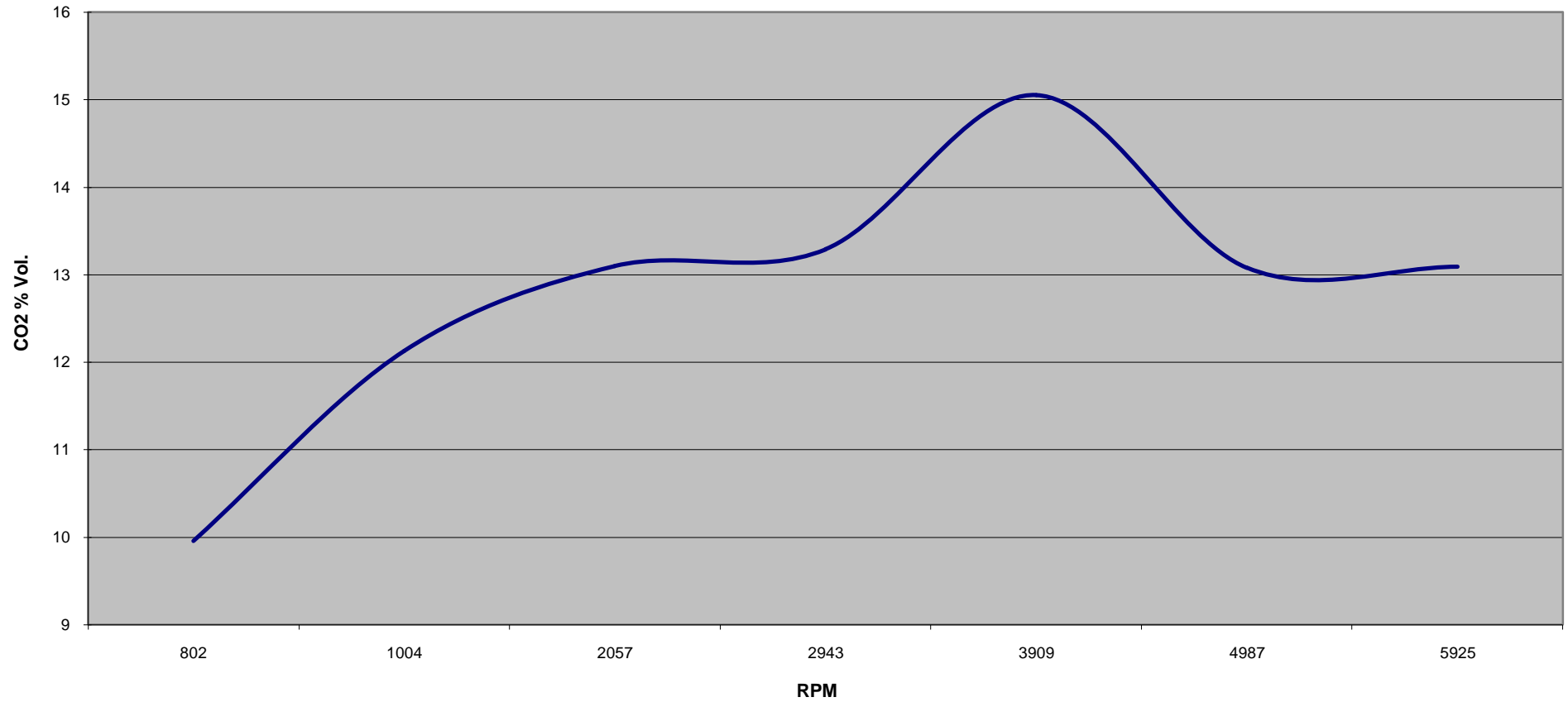


Gráfico 5.31 Fuente Experimental. Curva CO2 100% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 5% ETANOL - 95% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

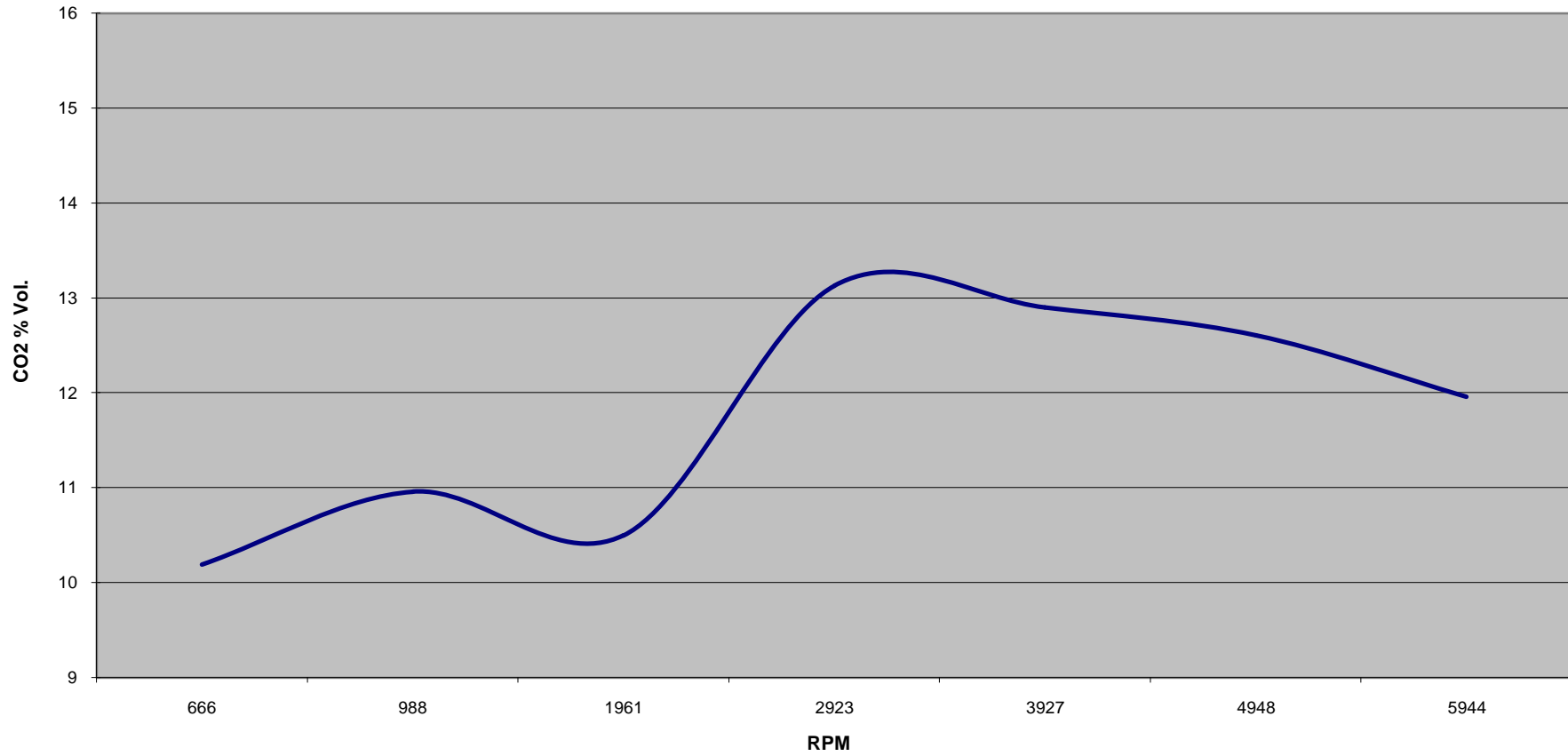


Gráfico 5.32 Fuente Experimental. Curva CO2 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 10% ETANOL - 90% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

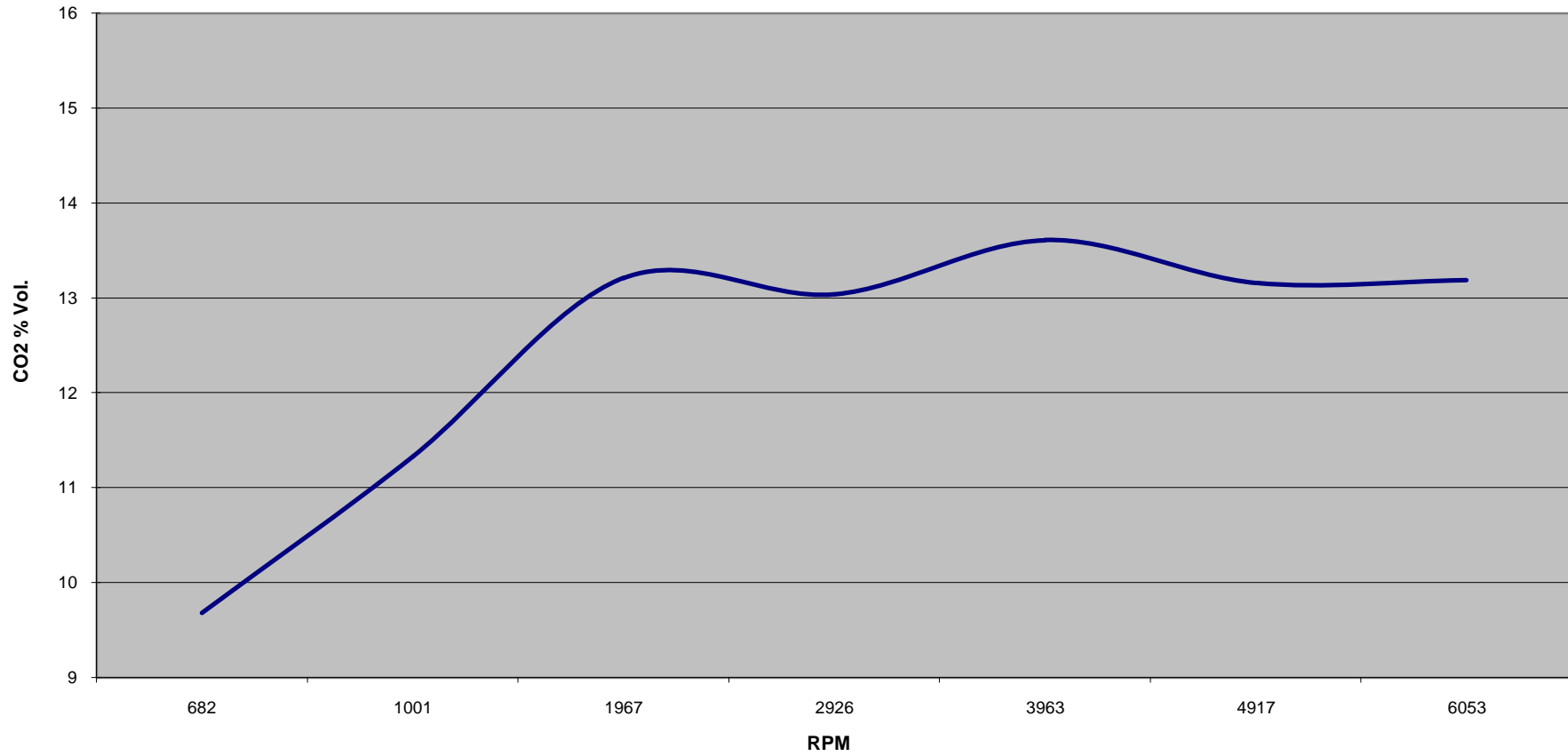


Gráfico 5.33 Fuente Experimental. Curva CO2 10% etanol, 90% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 15% ETANOL - 85% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

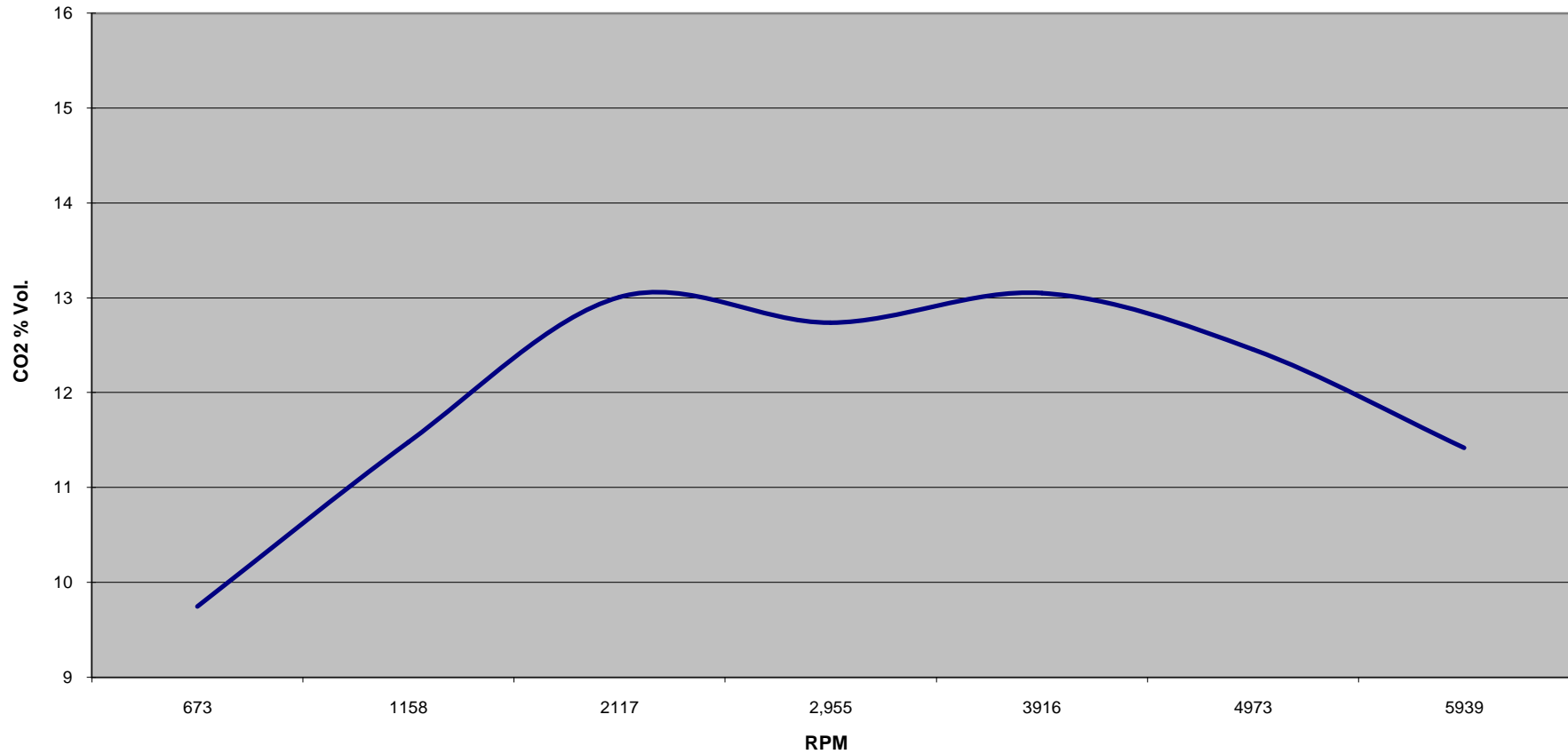


Gráfico 5.34 Fuente Experimental. Curva CO2 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 20% ETANOL - 80% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

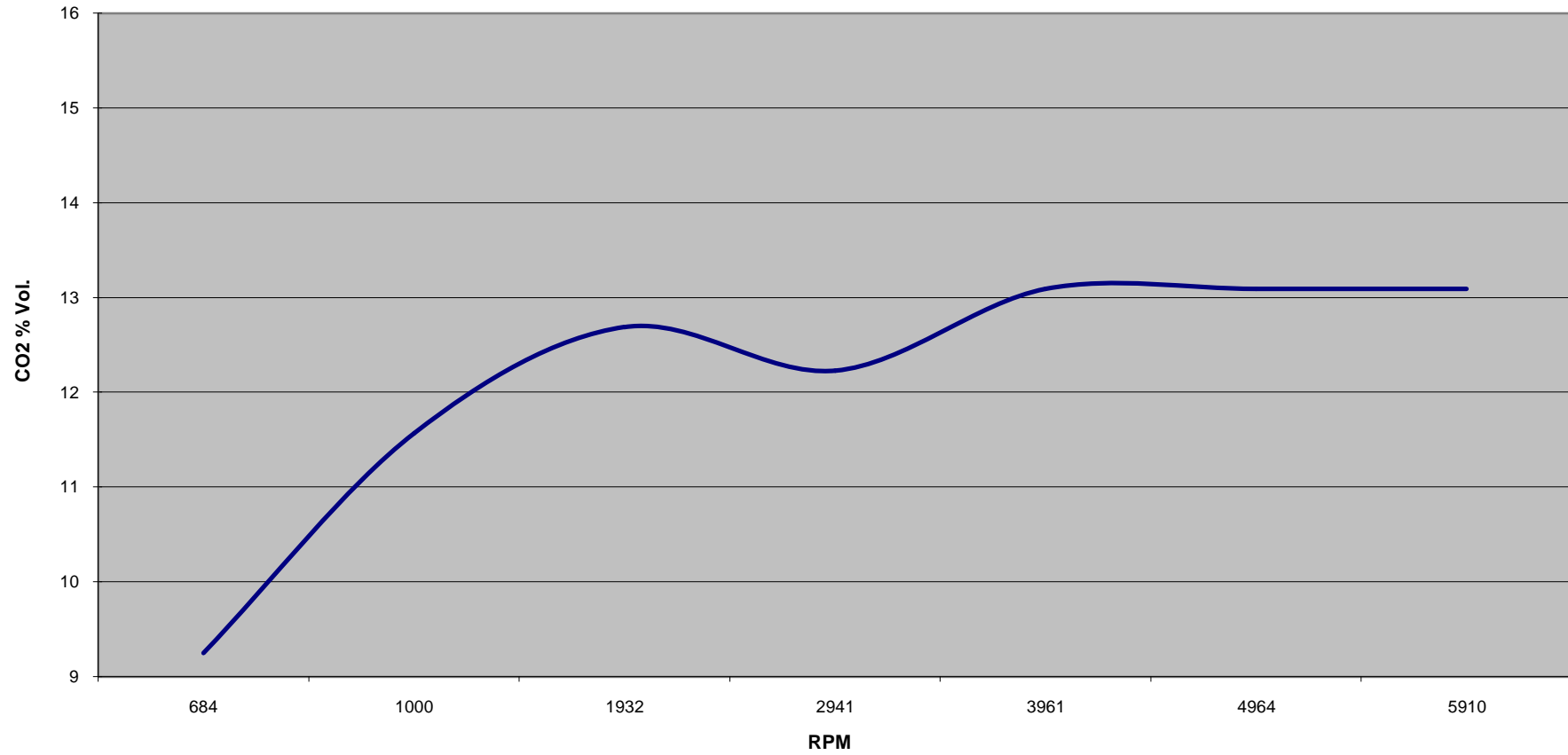


Gráfico 5.35 Fuente Experimental. Curva CO2 20% etanol, 80% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

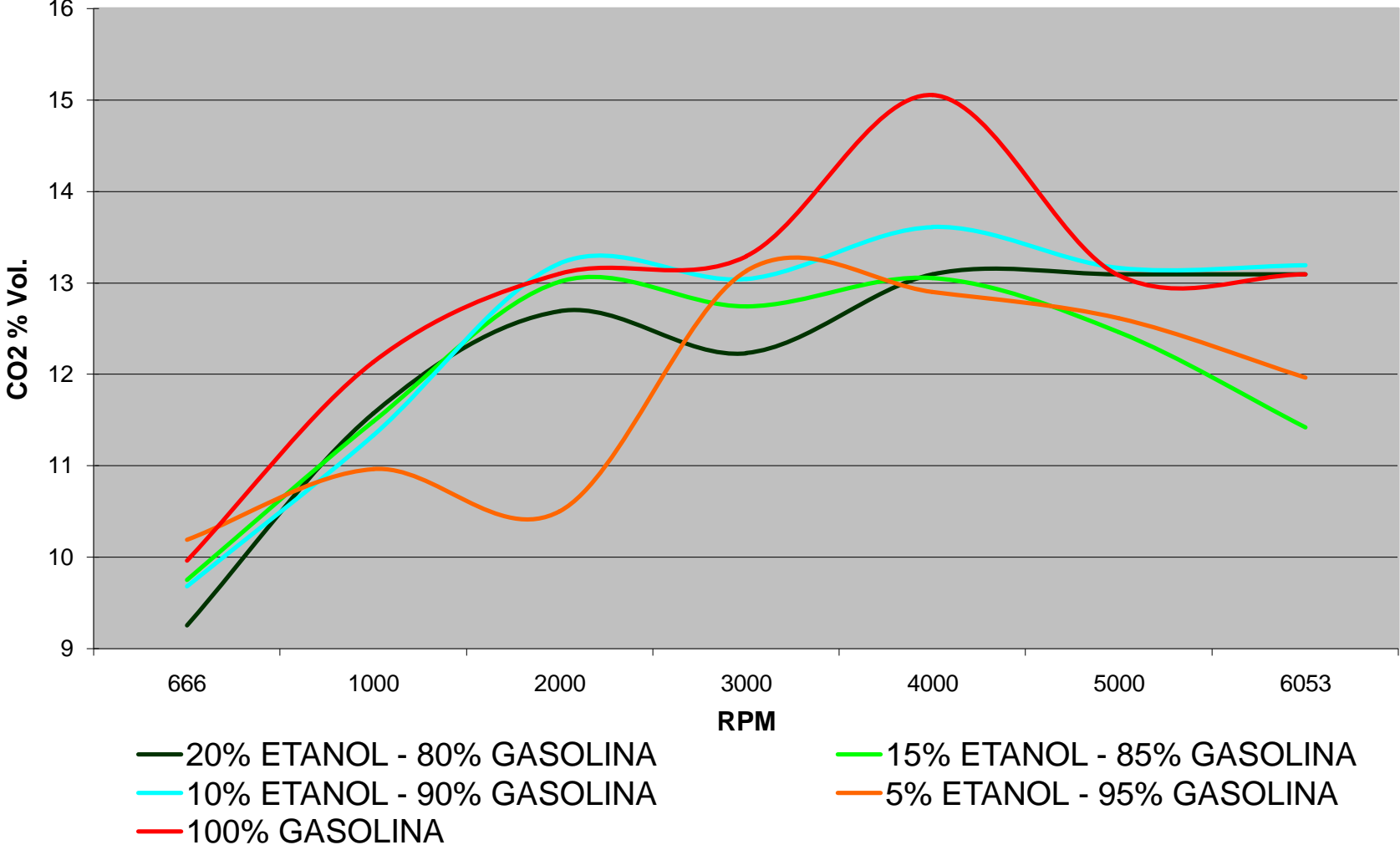


Gráfico 5.36 Fuente Experimental. Curvas CO2 diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- A partir de las 666 rpm hasta las 3000 rpm, comparando los valores % volumen CO₂ medidos en las 4 mezclas con los valores de emisiones CO₂ medidos al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra encontramos que las emisiones de CO₂ con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina son 20% menores que las ocasionadas por la gasolina tipo extra; las emisiones de CO₂ al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina son 1% mayores que las emisiones de CO₂ de la gasolina tipo extra; al usar como combustible las mezclas 15% etanol – 85% gasolina las emisiones son 1% menores que las emisiones de CO₂ obtenidas al usar como combustible gasolina tipo extra; las emisiones de CO₂ al usar como combustible la mezcla 20% etanol – 80% gasolina son 3% menores que la gasolina tipo extra.

5.5.4 EMANACIÓN DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NOX)

GASES 100% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

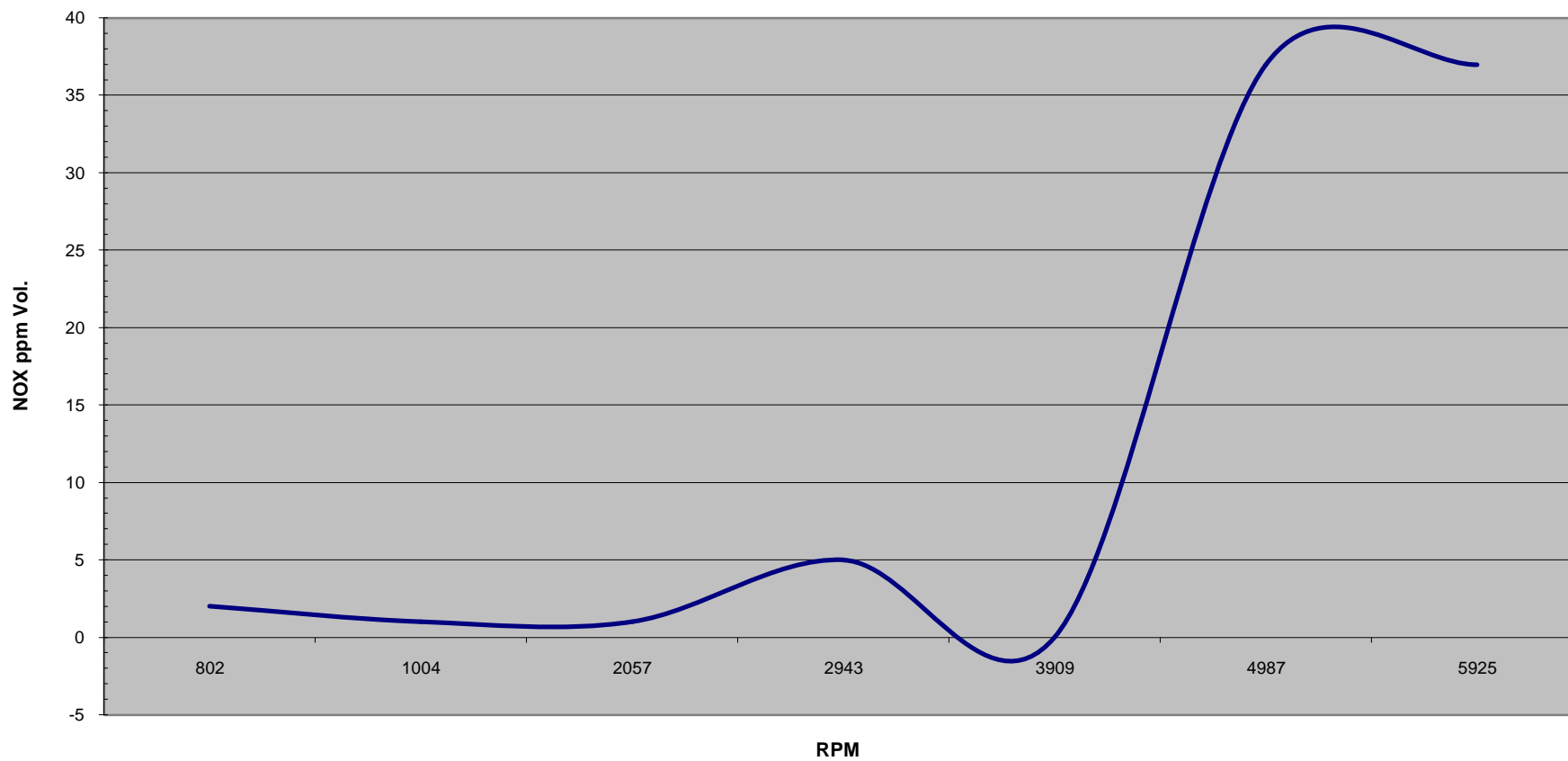


Gráfico 5.37 Fuente Experimental. Curva NOX 100% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 5% ETANOL - 95% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

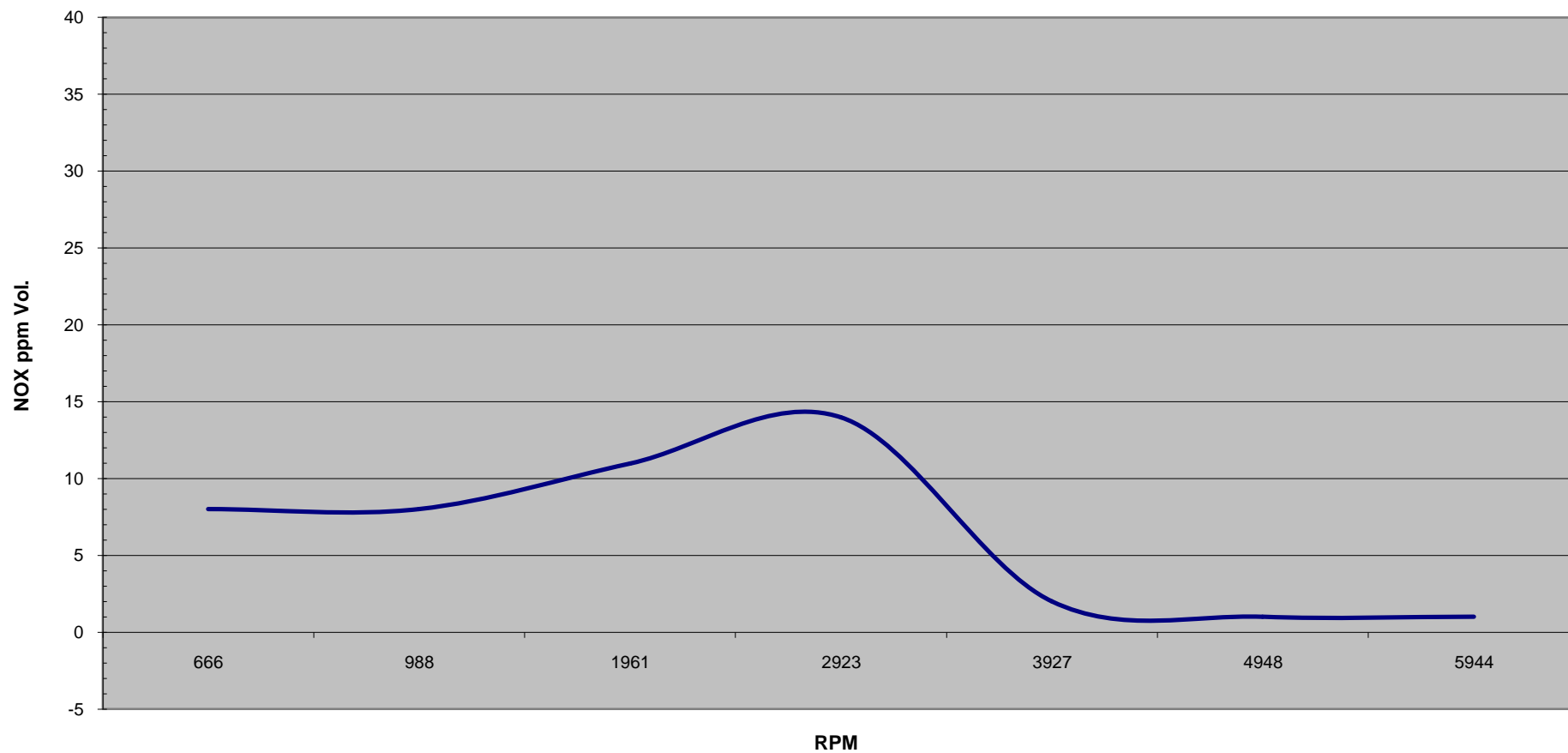


Gráfico 5.38 Fuente Experimental. Curva NOX 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 10% ETANOL - 90% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

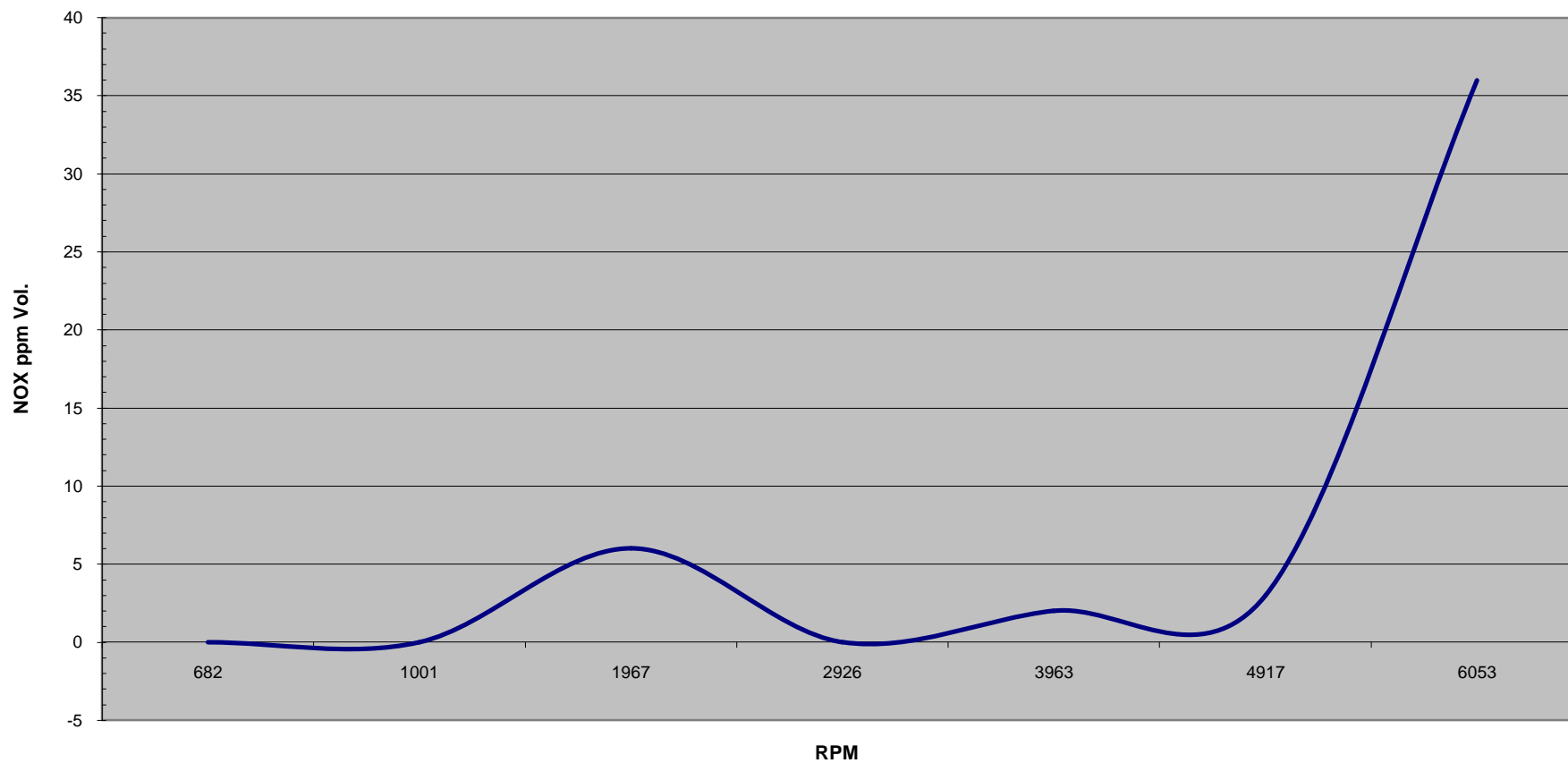


Gráfico 5.39 Fuente Experimental. Curva NOX 10% etanol, 90% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 15% ETANOL - 85% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

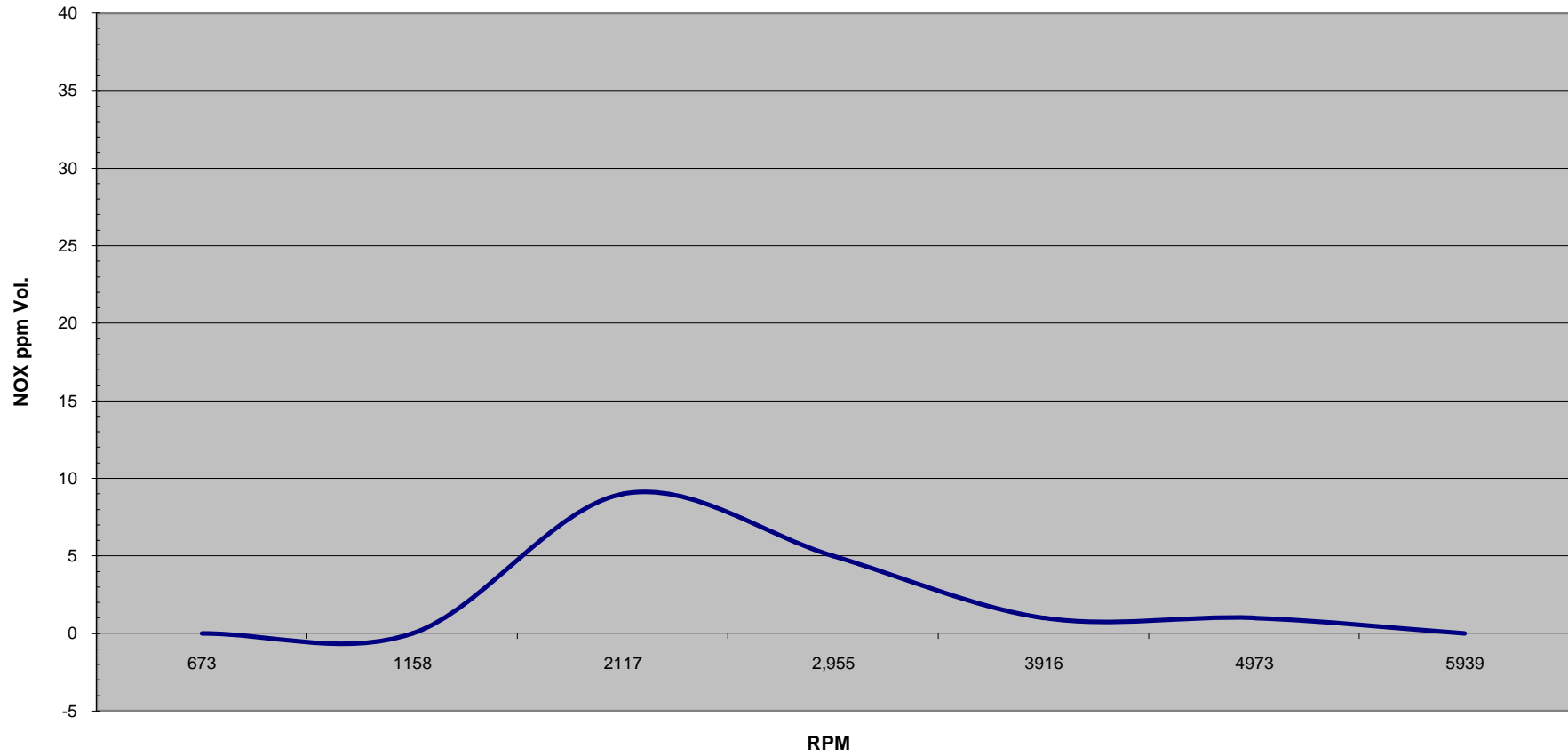


Gráfico 5.40 Fuente Experimental. Curva NOX 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 20% ETANOL - 80% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

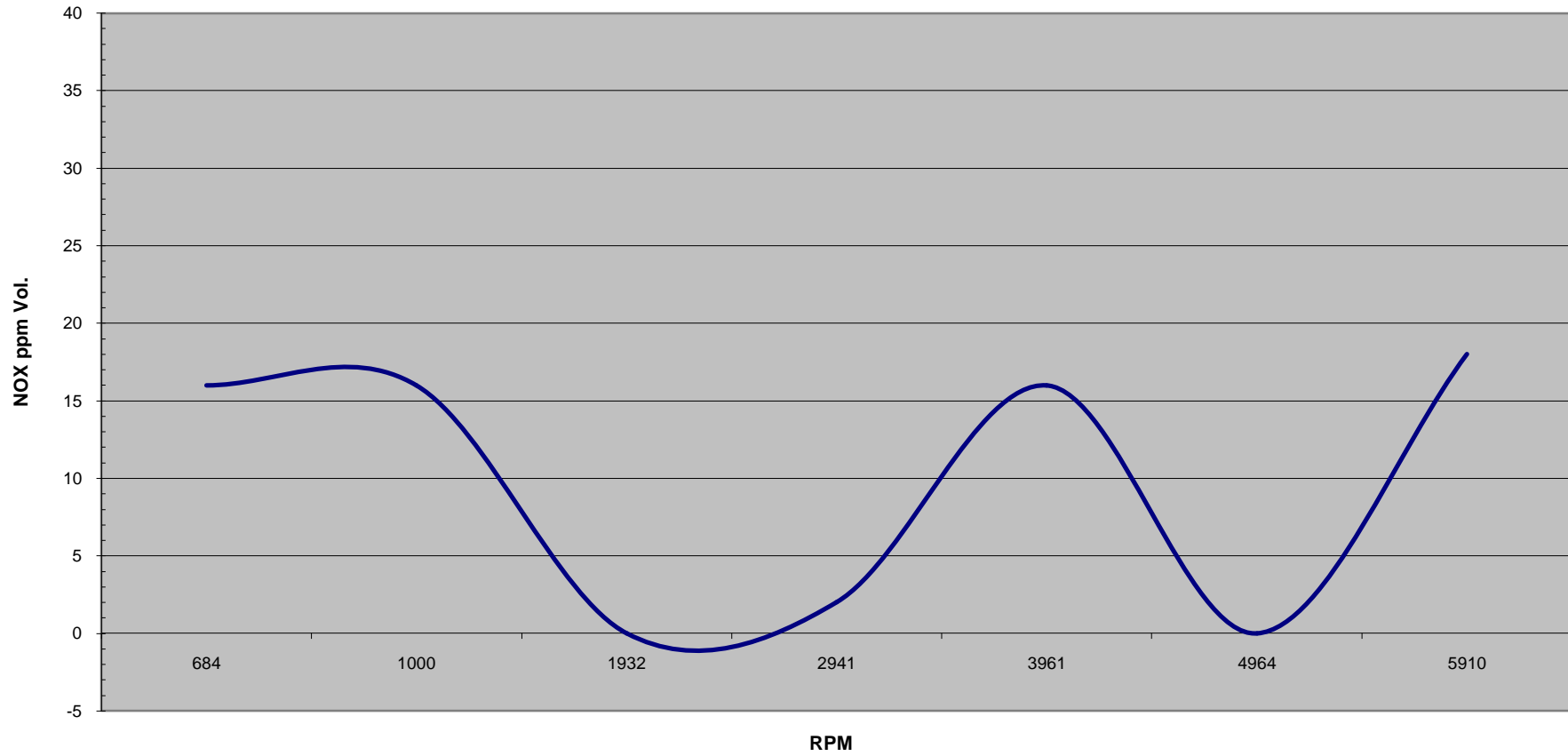


Gráfico 5.41 Fuente Experimental. Curva NOX 20% etanol, 80% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

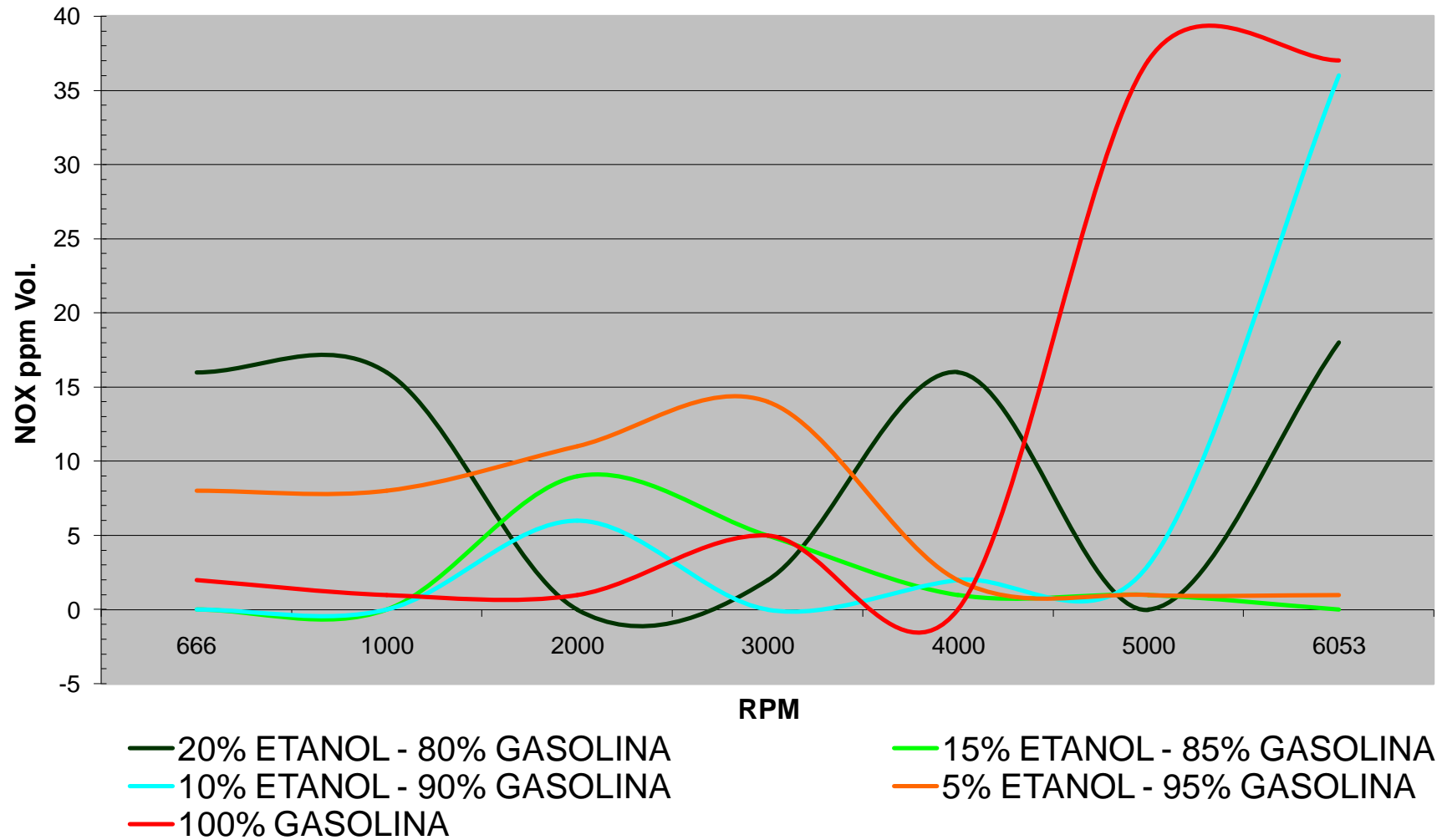


Gráfico 5.42 Fuente Experimental. Curvas NOX diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- A partir de las 666 rpm hasta las 3000 rpm, comparando los valores ppm volumen NOX medidos en las 4 mezclas con los valores de emisiones NOX medidos al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra encontramos que las emisiones de NOX con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina son 1000% mayores que las ocasionadas por la gasolina tipo extra; las emisiones de NOX al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina son 500% mayores que las emisiones de NOX de la gasolina tipo extra; al usar como combustible las mezclas 15% etanol – 85% gasolina las emisiones son 800% mayores que las emisiones de NOX obtenidas al usar como combustible gasolina tipo extra; las emisiones de NOX al usar como combustible las mezclas 20% etanol – 80% gasolina son 100% menores que la gasolina tipo extra.

5.5.5 EMANACIÓN DE OXÍGENO (O2)

GASES 100% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

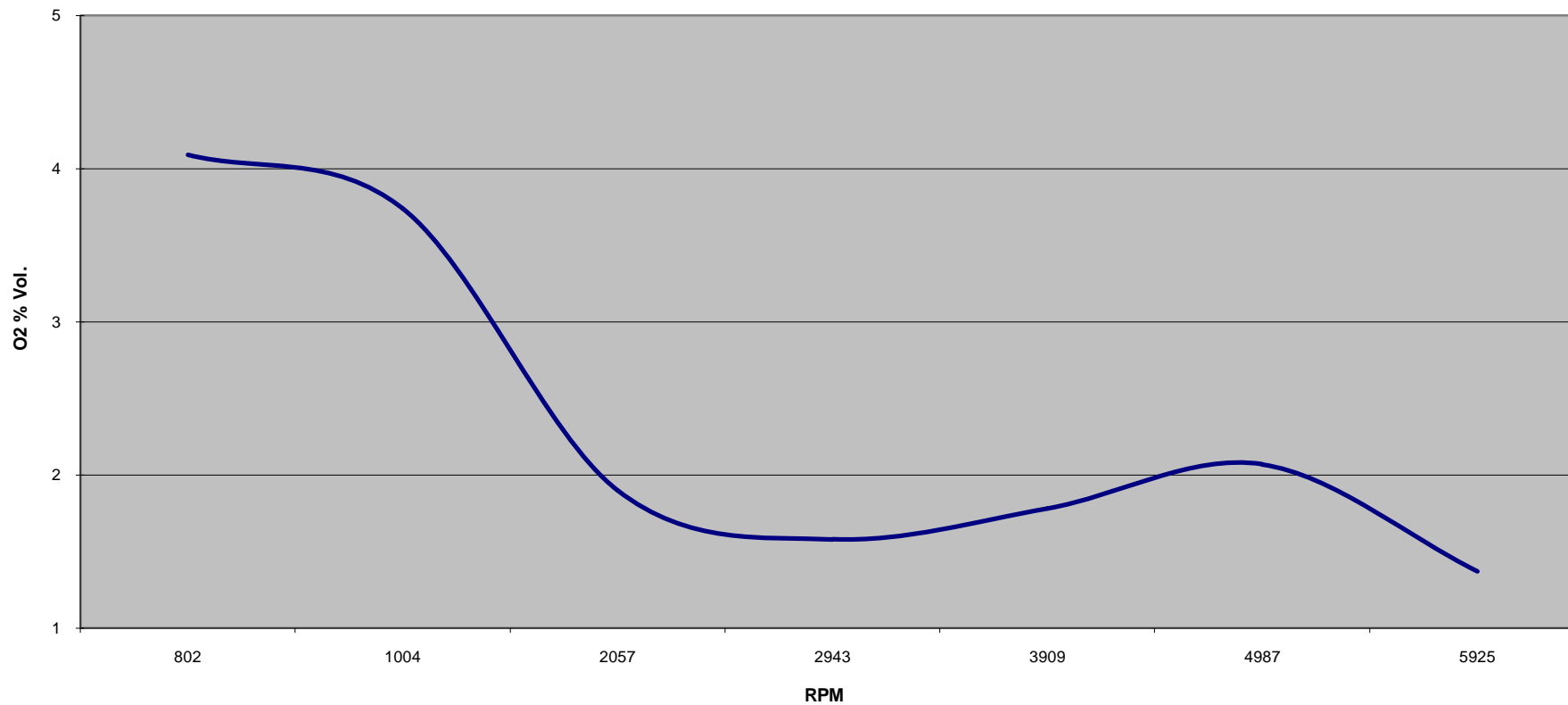


Gráfico 5.43 Fuente Experimental. Curva O2 100% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 5% ETANOL - 95% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

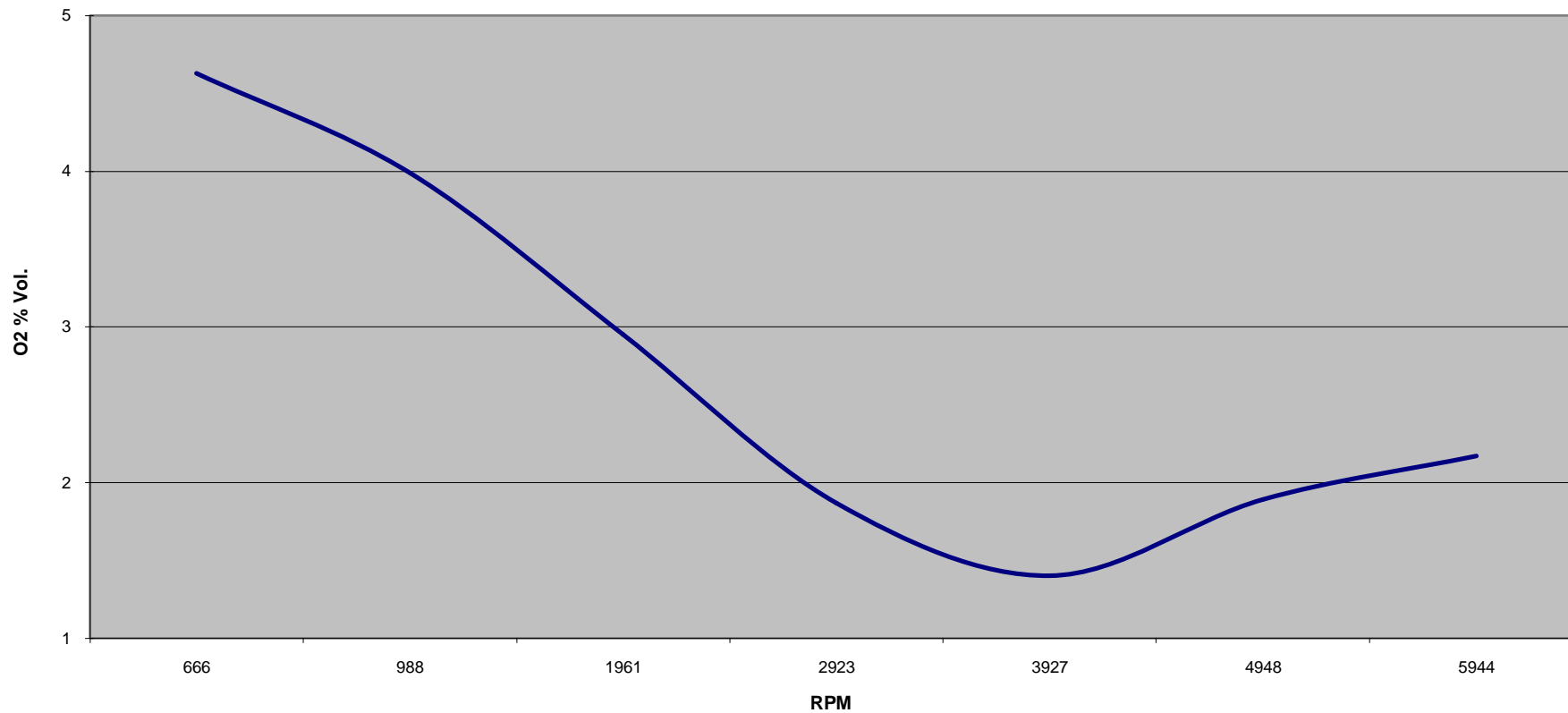


Gráfico 5.44 Fuente Experimental. Curva O2 5% etanol, 95% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 10% ETANOL - 90% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

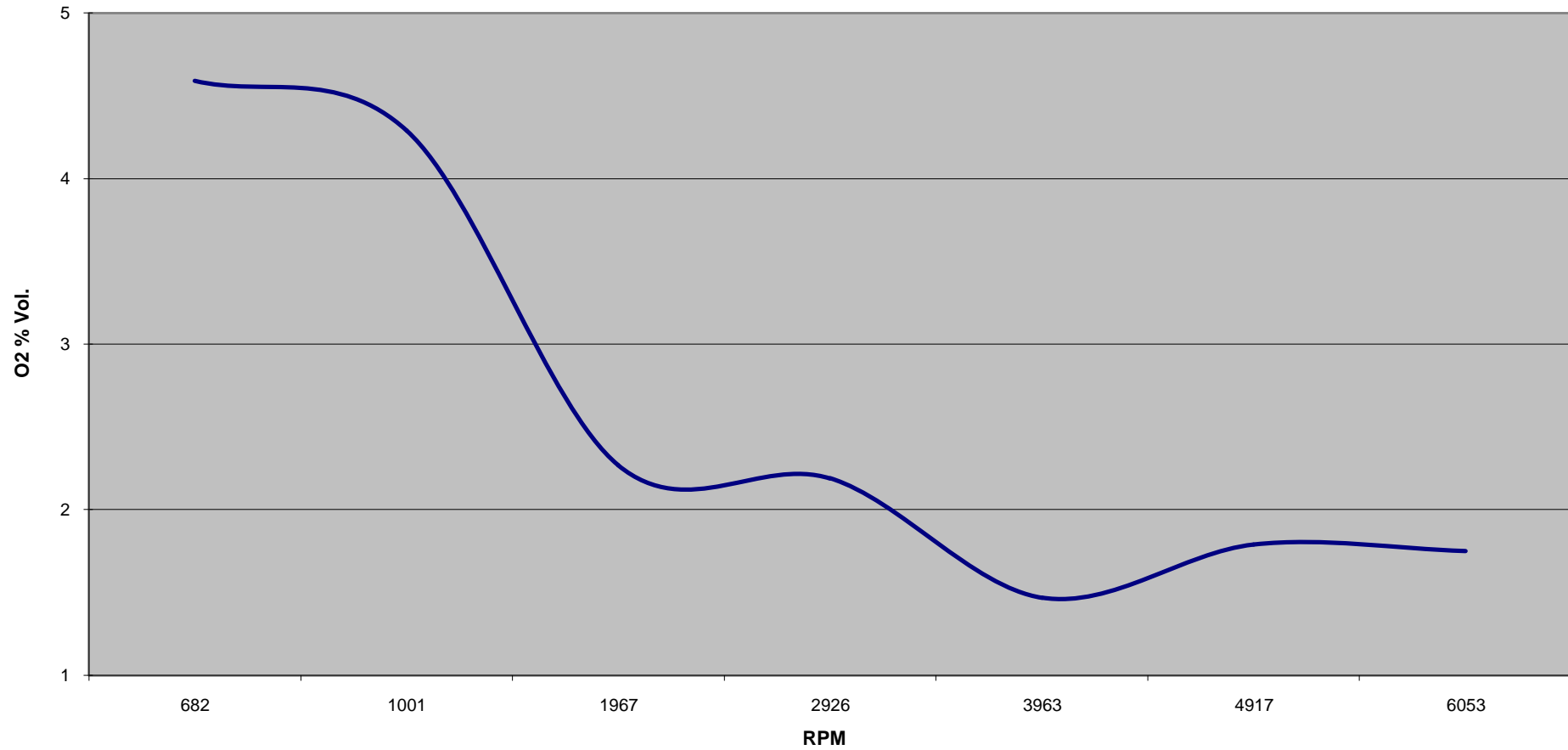


Gráfico 5.45 Fuente Experimental. Curva O2 10% etanol, 90% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 15% ETANOL - 85% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

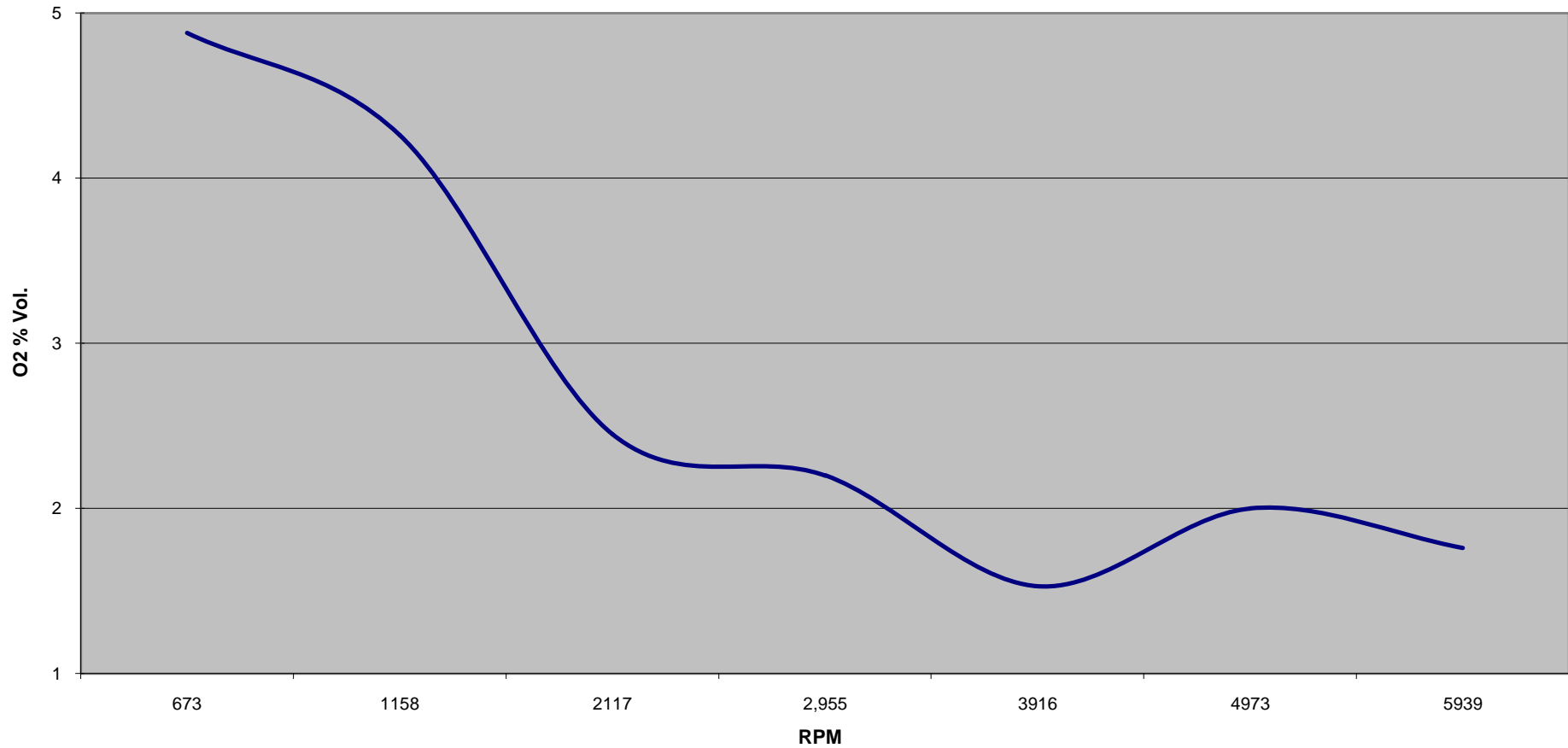


Gráfico 5.46 Fuente Experimental. Curva O2 15% etanol, 85% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES 20% ETANOL - 80% GASOLINA CHEVROLET - RODEO

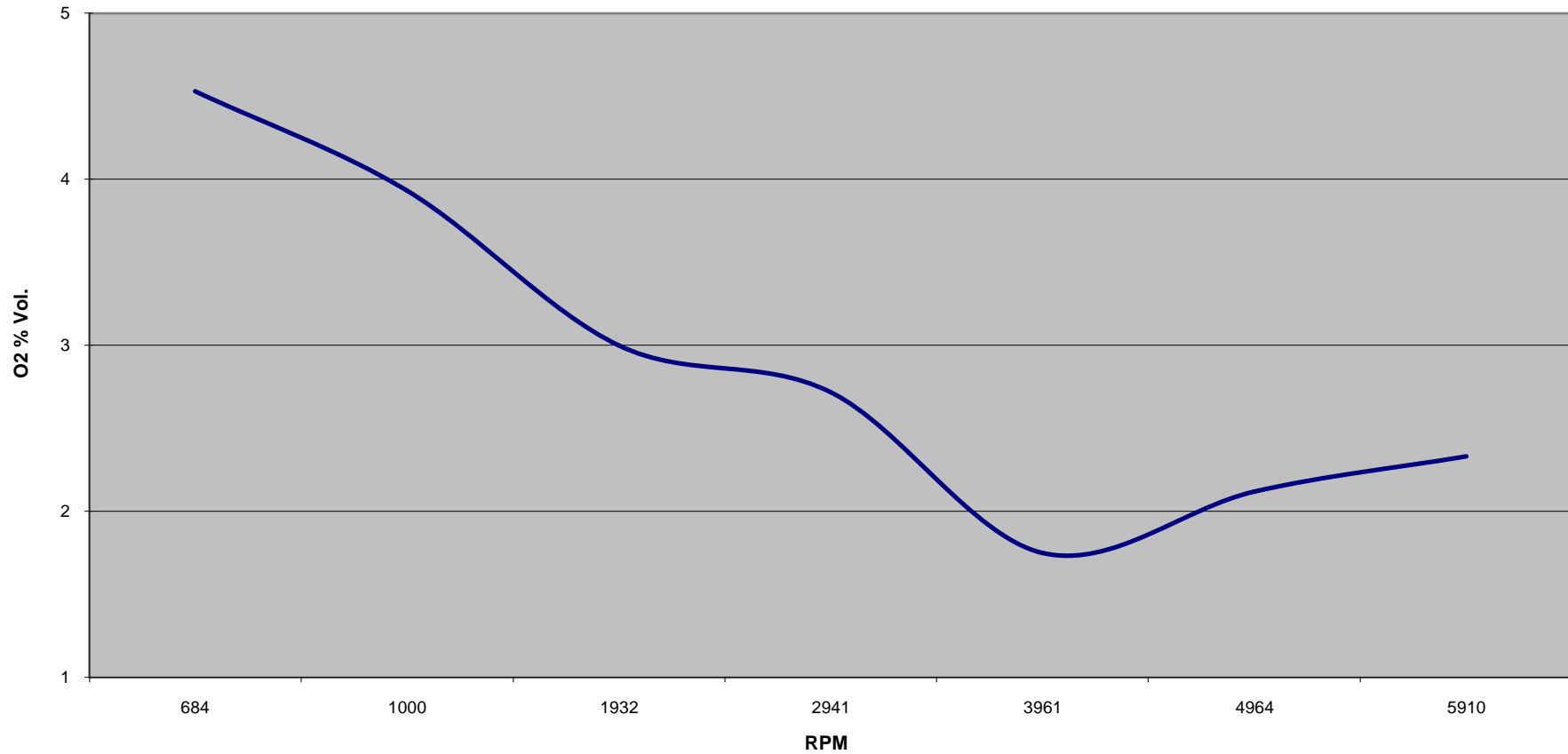


Gráfico 5.47 Fuente Experimental. Curva O2 20% etanol, 80% gasolina, con respecto a r.p.m

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

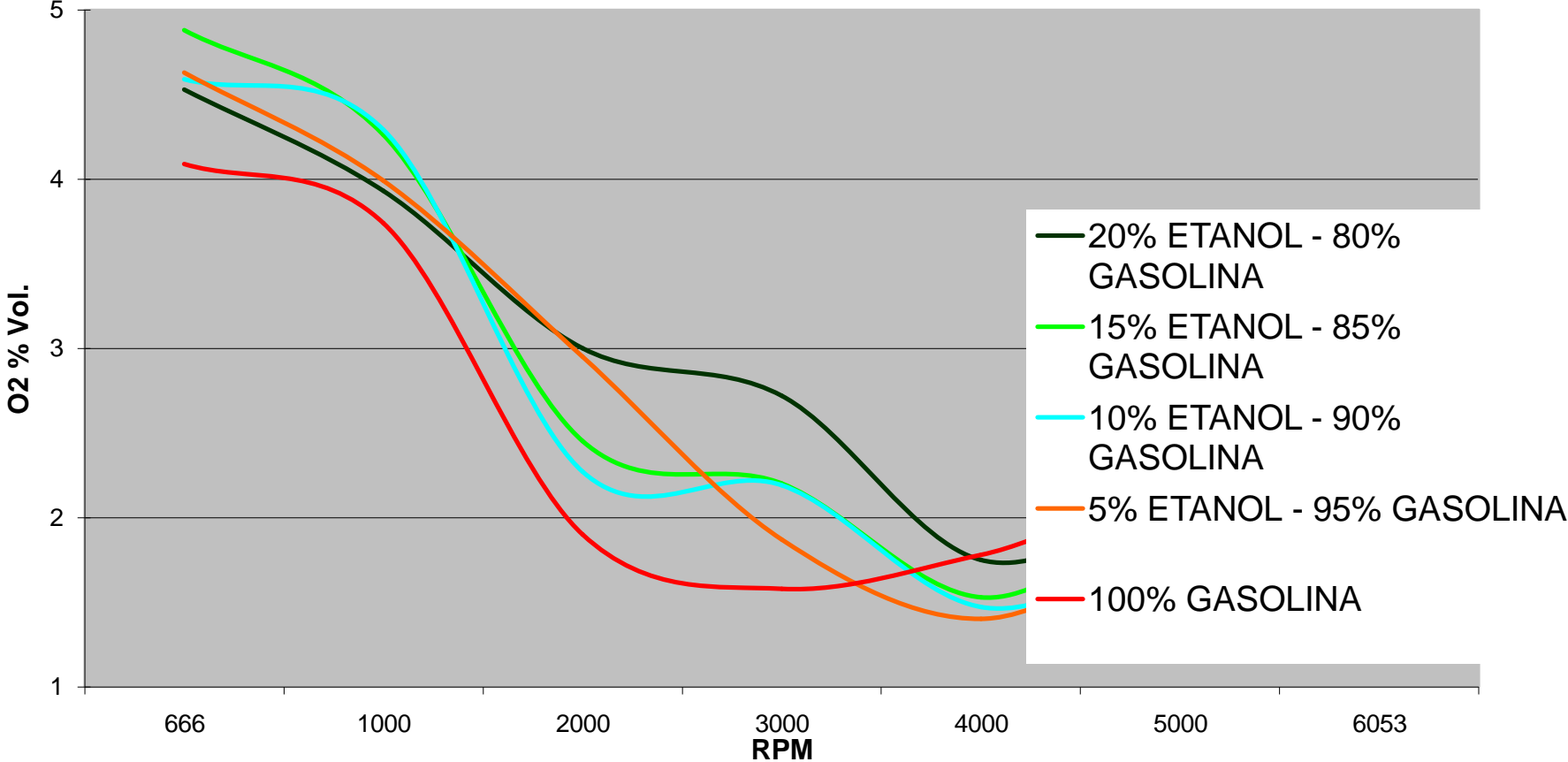


Gráfico 5.48 Fuente Experimental. Curvas O2 diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- A partir de las 666 rpm hasta las 3000 rpm, comparando los valores % volumen O₂ medidos en las 4 mezclas con los valores de emisiones O₂ medidos al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra encontramos que las emisiones de O₂ con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina son 55% mayores que las ocasionadas por la gasolina tipo extra; las emisiones de O₂ al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina son 42% mayores que las emisiones de O₂ de la gasolina tipo extra; al usar como combustible las mezclas 15% etanol – 85% gasolina las emisiones son 29% mayores que las emisiones de O₂ obtenidas al usar como combustible gasolina tipo extra; las emisiones de O₂ al usar como combustible las mezclas 20% etanol – 80% gasolina son 58% mayores que la gasolina tipo extra.

5.5.6 CURVAS DEL FACTOR DE EXCESO DE AIRE (λ)

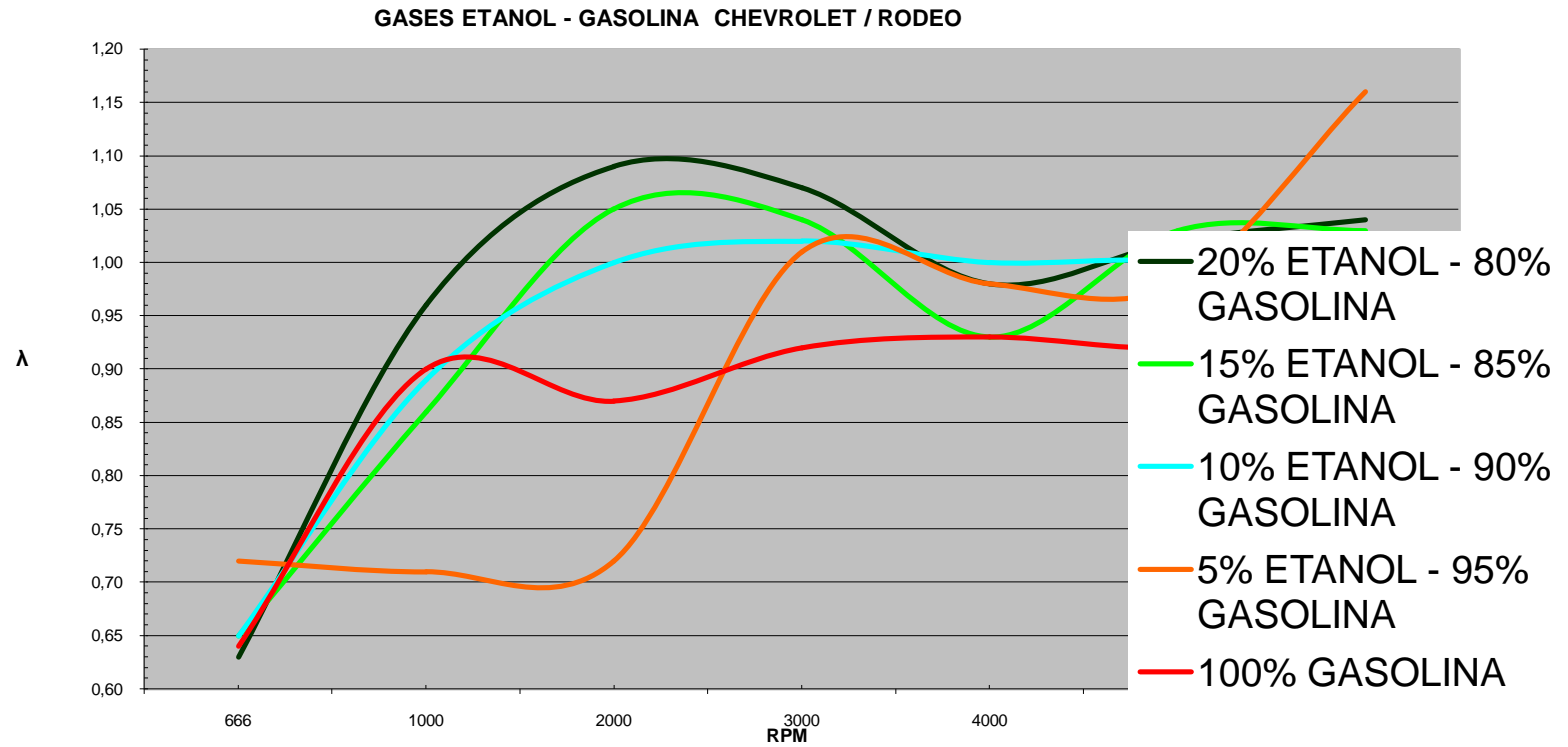


Gráfico 5.49 Fuente Experimental. Curvas λ diferentes mezclas, con respecto a r.p.m

- A partir de las 666 rpm hasta las 3000 rpm, comparando los valores del factor de exceso de aire (λ) medidos en las 4 mezclas con los valores de emisiones λ medidos al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra encontramos que para la mezcla 5% etanol – 95% gasolina λ es 17% menor que el valor de λ medido al usar gasolina tipo extra; el valor λ al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina es 15% mayor que el valor λ registrado en las emisiones de la gasolina tipo extra; al usar como combustible las mezclas 15% etanol – 85% gasolina λ es 21% mayor que el valor λ obtenido al usar como combustible gasolina tipo extra; λ al usar como combustible las mezclas 20% etanol – 80% gasolina es 25% mayor que el valor λ registrado por el analizador al usar como combustible gasolina tipo extra.

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

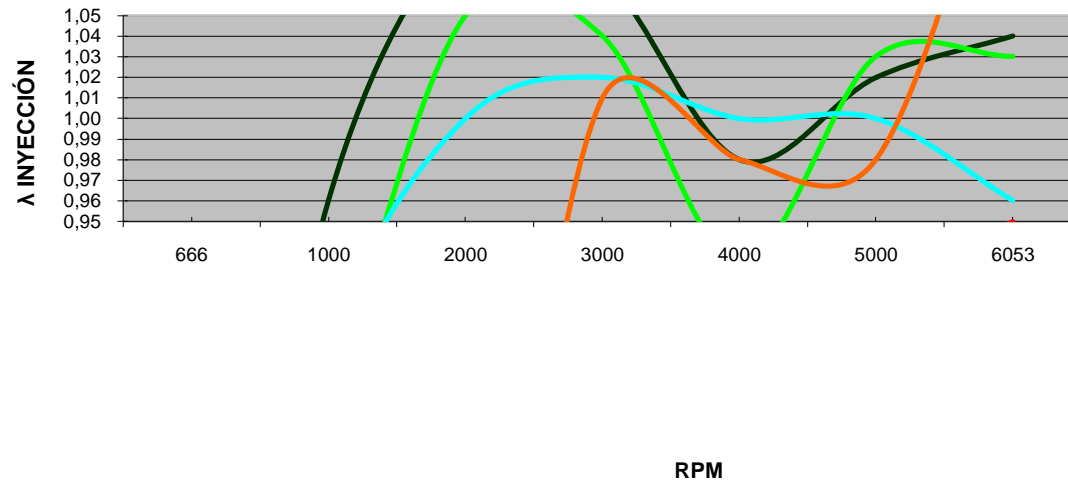


Gráfico 5.50 Fuente Experimental. Curvas λ diferentes mezclas, con respecto a r.p.m, dentro de límites para vehículos a inyección

- A partir de las 2000 rpm hasta las 5000 rpm; los valores del factor de exceso de aire λ al usar como combustible únicamente gasolina tipo extra se mantienen entre 0,87 y 0,95; los valores del factor de exceso de aire λ para la mezcla 5% etanol – 95% gasolina tipo extra se mantienen entre 0,72 y 1,01; los valores del factor de exceso de aire λ para la

mezcla 10% etanol – 90% gasolina tipo extra se mantienen entre 1 y 1,02; los valores del factor de exceso de aire λ para la mezcla 15% etanol – 85% gasolina tipo extra se mantienen entre 0,93 y 1,05; los valores del factor de exceso de aire λ para la mezcla 20% etanol – 80% gasolina tipo extra se mantienen entre 0,98 y 1,09.

5.5.7 CURVAS DE LA RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE (AFR)

GASES ETANOL - GASOLINA CHEVROLET / RODEO

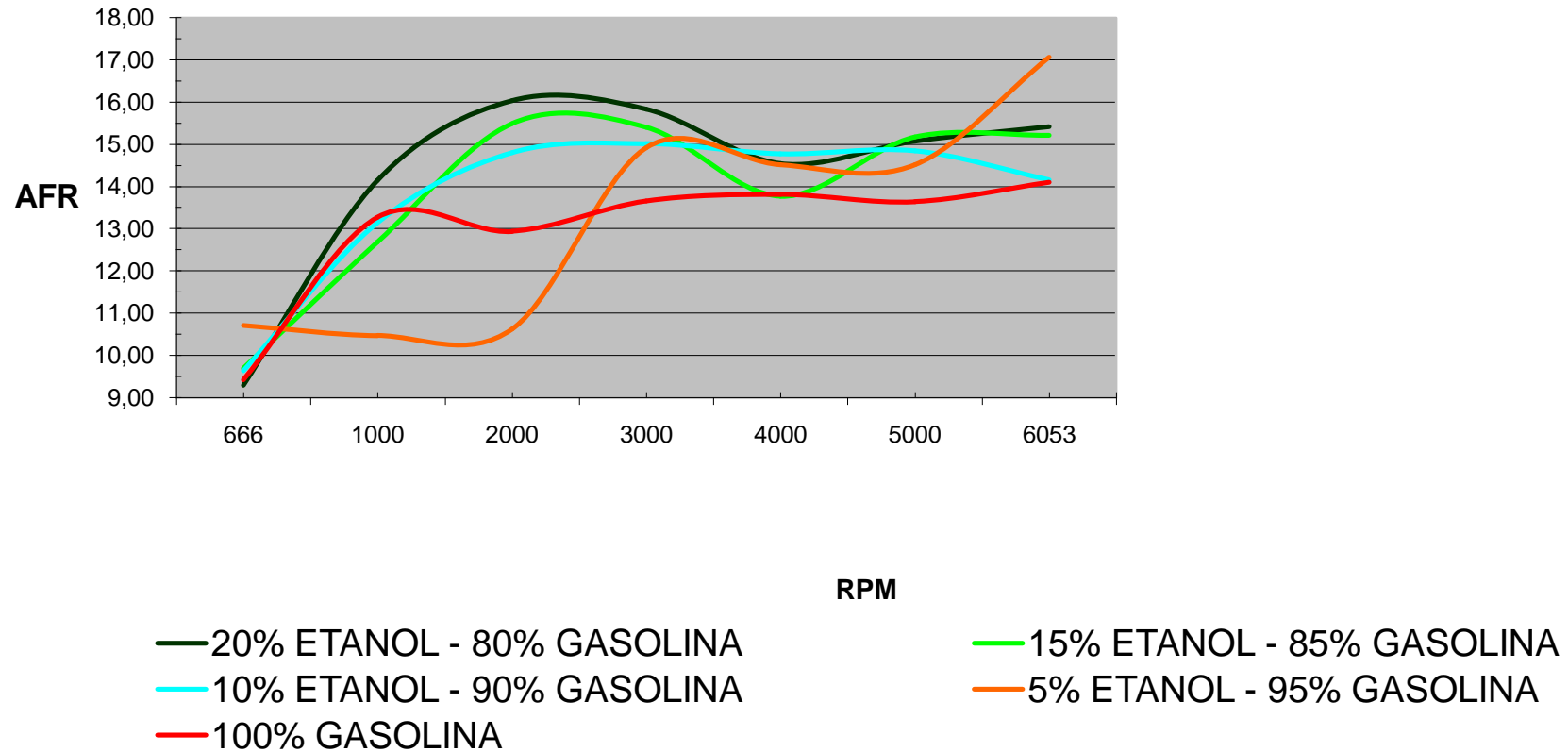


Gráfico 5.51 Fuente Experimental. Curvas AFR diferentes mezclas, con respecto a r.p.m, dentro de límites para vehículos a inyección

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Determinamos que la potencia máxima 68,9 CV a 5300 rpm la obtenemos con gasolina tipo extra; con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina la potencia es 6% menor que la potencia máxima; con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina la potencia es 6% menor que la potencia máxima; la mezcla 20% etanol – 80% gasolina es 7% menor y con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina es 11% menor que la potencia registrada al usar 100% gasolina tipo extra. Con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina tipo extra o con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina la potencia es 6% menor que la potencia máxima podemos evitar pérdidas excesivas.
- El torque máximo con un valor de 11,6 kgm a 3400 rpm es el máximo lo obtenemos con gasolina tipo extra; con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina el torque es 5% menor que el torque máximo; con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina el torque es 5% menor que el torque máximo; la mezcla 20% etanol – 80% gasolina es 7% menor y con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina es 11% menor que la potencia registrada al usar 100% gasolina tipo extra. Con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina tipo extra o con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina el torque es 5% menor que el torque máximo tenemos la menor pérdida en cuanto a torque.

- Al usar como combustible la mezcla 15% etanol – 85% gasolina concluimos que las emisiones de CO son 75% menores que las generadas por la gasolina tipo extra siendo esta mezcla la mejor opción. Con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina las emisiones son 152% mayores. Con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina las emisiones son 65% menores. Con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina las emisiones son 75% menores. Valores comparados con las emisiones de la gasolina tipo extra.
- Al usar como combustible la mezcla 15% etanol – 85% gasolina concluimos que las emisiones de HC son 31% menores que las generadas por la gasolina tipo extra siendo esta mezcla la mejor opción. Con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina las emisiones son 20% mayores. Con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina las emisiones son 11% menores. Con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina las emisiones son 31% menores. Valores comparados con las emisiones de la gasolina tipo extra.
- Al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina concluimos que las emisiones de CO₂ son 1% mayores que las generadas por la gasolina tipo extra siendo esta mezcla la mejor opción. Con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina las emisiones son 20% menores. Con la mezcla 15% etanol – 95% gasolina las emisiones son 1% menores. Con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina las emisiones son 3% menores. Valores comparados con las emisiones de la gasolina tipo extra.

- Al usar como combustible la mezcla 20% etanol – 80% gasolina concluimos que las emisiones de NOX son 100% menores que las generadas por la gasolina tipo extra siendo esta mezcla la mejor opción. Con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina las emisiones son 1000% mayores. Con la mezcla 10% etanol – 90% gasolina las emisiones son 500% mayores. Con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina las emisiones son 800% mayores. Valores comparados con las emisiones de la gasolina tipo extra.
- Al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina concluimos que el rendimiento térmico (nt) es 4% menor que el generado por la gasolina tipo extra siendo esta mezcla la mejor opción. Con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina el rendimiento térmico (nt) es 12% menor. Con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina el rendimiento térmico (nt) es 7% menor. Con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina el rendimiento térmico (nt) es 4.1% menor. Valores comparados con el rendimiento térmico (nt) de la gasolina tipo extra.
- Al usar como combustible la mezcla 10% etanol – 90% gasolina concluimos que el volumen de combustible consumido es 1% mayor que el requerido al usar gasolina tipo extra siendo esta mezcla la mejor opción. Con la mezcla 5% etanol – 95% gasolina el volumen de combustible consumido es 5% mayor. Con la mezcla 15% etanol – 85% gasolina el volumen de combustible consumido es 3% mayor. Con la mezcla 20% etanol – 80% gasolina el volumen de combustible consumido es 5% mayor. Valores comparados con el volumen de combustible consumido de la gasolina tipo extra.

6.2.RECOMENDACIONES

- En base a los resultados obtenidos recomendamos utilizar la mezcla 15% etanol – 85% gasolina tipo extra como combustible.
- Se sugiere utilizar etanol anhidro ya que la presencia de agua en el alcohol provoca la separación inmediata de la mezcla y problemas de corrosión.

- Se considere la limpieza del tanque de combustible y cambio de filtros antes de empezar a usar el bicomcombustible en mención, para evitar taponamientos y fallas en los inyectores o carburador.
- Antes de utilizar el alcohol anhidro es necesario revisar y determinar el grado de corrosión de las partes del motor, por lo general los vehículos antiguos presentan partes no resistentes al alcohol etanol anhidro. Pero por lo general no necesitan cambiar sus partes hasta un 30%.
- Para utilizar el alcohol deshidratado al 100% se debe tener en cuenta el calculo y cambio de partes corrosibles al alcohol, las cañerías, filtros, válvulas y partes resistentes al alcohol deshidratado son existentes en el mercado.
- Como cualquier combustible, se debe tener precauciones de inflamabilidad, volatilidad, y tener cuidado el contacto con la piel evitando enfermedades cancerigenas y peor aun con el consumo.
- Para las pruebas de gases si bien es cierto que la mezcla alcohol – gasolina es menos contaminante, hay que tener mucho cuidado con los gases, utilizar mascarillas, ropa de trabajo y evitar la irritación de los ojos.

BIBLIOGRAFÍA

- MOTT Robert, “Mecánica de Fluidos Aplicada”, Editorial Prentice-Hall Inc, 1996, México.

- MOTT Robert, “Resistencia de Materiales Aplicada”, Editorial Prentice-Hall Inc, 1996, México.
- MALISHEV, NIKOLAIEV, SHUVALOV, “Tecnología de los Metales”, Editorial Mir, Moscu.
- FAIRES Virgil, “Termodinámica”, Editorial Macmillan, 1976, Estados Unidos.
- JOVAJ, “Motores de Automóviles”, Editorial Mir, 1987, Moscu.
- SEESE William, “Química”, Editorial Prentice-Hall Inc, 1994, México.
- OLADE, Situación Energética de América Latina, S/E, 1987, Quito
- OLADE, Análisis y Experiencias de la Utilización del Alcohol como Carburante en América Latina, S/E, 1987, Quito
- BERENBUT Downes, Tables for petroleum gas oxygen. Flames combustion products and thermodynamic properties, Oxford University, 1960, New York
- ALVARES Ana, Estudio de la influencia de la adición de etanol y cuantificación espectrofotométrica de infrarrojo, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, 2006, Quito
- <http://www.ambiente-ecologico.com/revist53/alnaft53.htm>
- 11. <http://www.conae.gob.mx/work/secciones/2603/imagenes/etanol.pdf>

- 12. <http://www.bbiethanol.com>

ANEXOS

ANEXO "A"

PROPIEDADES REPRESENTATIVAS DE ACEROS INOXIDABLES Y METALES NO FERROSOS

A-14 Propiedades representativas de aceros inoxidables y metales no ferrosos										
Material y condición	Resistencia última, s_u		Resistencia a la cedencia, s_y		Porcentaje de alargamiento	Densidad		Módulo de elasticidad, E		
	ksi	MPa	ksi	MPa		lb/plg ³ †	kg/m ³	lb/plg ² × 10 ⁻⁶	GPa	
Aceros inoxidables										
AISI 301 recocido	110	758	40	276	60	0.290	8030	28	193	
AISI 301 duro	185	1280	140	965	8	0.290	8030	28	193	
AISI 430 recocido	75	517	40	276	30	0.280	7750	29	200	
AISI 430 duro	90	621	80	552	15	0.280	7750	29	200	
AISI 501 recocido	70	483	30	207	28	0.280	7750	29	200	
AISI 501 OQT 1000	175	1210	135	931	15	0.280	7750	29	200	
17-4PH H900	210	1450	185	1280	14	0.281	7780	28.5	197	
PH 13-8 Mo H1000	215	1480	205	1410	13	0.279	7720	29.4	203	
Cobre y sus aleaciones										
Cobre C14500	suave	32	221	10	69	50	0.323	8940	17	117
	duro	48	331	44	303	20				
Cobre C17000	suave	175	1210	150	1030	5	0.298	8250	19	131
	duro	215	1482	200	1379	2				
Bronce C54400	suave	68	469	57	393	20	0.318	8800	17	117
	duro	75	517	63	434	15				
Latón C36000	suave	49	338	18	124	53	0.308	8530	16	110
	duro	68	469	45	310	18				
Magnesio-fundido										
ASTM AZ 63A-T6		40	276	19	131	5	0.066	1830	6.5	45
Zinc-fundido ZA 12										
		58	400	47	324	5	0.218	6030	12	83
Aleación de titanio										
Ti-6Al-4V envejecido		170	1170	155	1070	8	0.160	4430	16.5	114

†Ésta se puede usar como peso específico o como densidad de masa en lb_m/plg³.

ANEXO "B"

CRITERIOS PARA ESFUERZO DE DISEÑO; ESFUERZOS NORMALES DIRECTOS

Forma de carga	Material dúctil	Material quebradizo
Estática	$\sigma_d = s_y/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Repetida	$\sigma_d = s_u/8$	$\sigma_d = s_u/10$
De impacto o de choque	$\sigma_d = s_u/12$	$\sigma_d = s_u/15$

ANEXO "C"
PROPIEDADES DE LA ATMÓSFERA

Unidades SI				Sistema Británico de Unidades			
Altitud (m)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Densidad (kg/m ³)	Altitud (pie)	Temperatura (°F)	Presión (lb/pulg ²)	Densidad (slugs/pie ³)
0	15.00	101.3	1.225	0	59.00	14.696	2.38 × 10 ⁻³
200	13.70	98.9	1.202	500	57.22	14.433	2.34 × 10 ⁻³
400	12.40	96.6	1.179	1000	55.43	14.173	2.25 × 10 ⁻³
600	11.10	94.3	1.156	5000	41.17	12.227	2.05 × 10 ⁻³
800	9.80	92.1	1.134	10000	23.34	10.106	1.76 × 10 ⁻³
1000	8.50	89.9	1.112	15000	5.51	8.293	1.50 × 10 ⁻³
2000	2.00	79.5	1.007	20000	-12.62	6.753	1.27 × 10 ⁻³
3000	-4.49	70.1	0.9093	30000	-47.99	4.365	8.89 × 10 ⁻⁴
4000	-10.98	61.7	0.8194	40000	-69.70	2.720	5.85 × 10 ⁻⁴
5000	-17.47	54.0	0.7364	50000	-69.70	1.683	3.62 × 10 ⁻⁴
10000	-49.90	26.5	0.4135	60000	-69.70	1.040	2.24 × 10 ⁻⁴
15000	-56.50	12.11	0.1948	70000	-67.30	0.644	1.38 × 10 ⁻⁴
20000	-56.50	5.53	0.0889	80000	-61.81	0.400	8.45 × 10 ⁻⁵
25000	-51.60	2.55	0.0401	90000	-56.32	0.251	5.22 × 10 ⁻⁵
30000	-46.64	1.20	0.0184	100000	-50.84	0.158	3.25 × 10 ⁻⁵

Datos de la *U.S. Standard Atmosphere, 1976*, NOAA-S/T76-1562. Washington, D.C.: National Oceanic and Atmospheric Administration.

ANEXO "E"
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

COPPER PIPE:

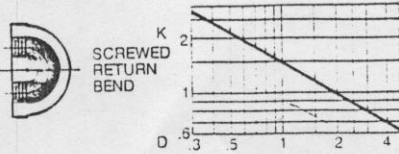
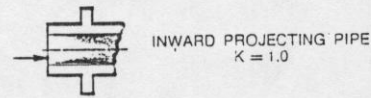
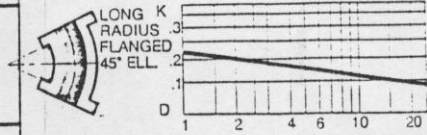
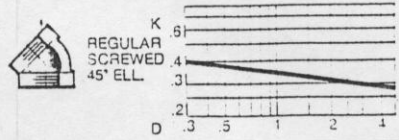
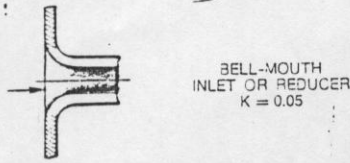
FRICCIÓN LOSS PER 100 FT.

Flow	GPH	3/8"		1/2"		3/4"		1"		1 1/4"	
		Fl.	Lbs.	Fl.	Lbs.	Fl.	Lbs.	Fl.	Lbs.	Fl.	Lbs.
1	60	6.2	2.7	1.8	.8	.39	.17				
2	120	19.6	8.5	6.0	2.6	1.2	.50				
5	300			30	13	5.8	2.5	1.6	.7		
7	420			53	23	11.0	4.8	3.2	1.4	2.2	.95
10	600					19.6	8.5	5.3	2.3	3.9	1.7
15	900					37.0	16.0	9.9	4.3	6.2	2.7
18	1,080					55.4	24.0	16.1	7.0	6.9	3.0
20	1,200							18.5	8.0	10.4	4.5
25	1,500							27.7	12.0	14.3	6.2
30	1,800							39.3	17.0	18.7	8.1
35	2,100							48.5	21.0	25.4	11.0
40	2,400									30.0	13.0
45	2,700									39.3	17.0

ANEXO "F"

COEFICIENTE DE RESISTENCIA PARA UNIONES

15C-2 Resistance Coefficients For Valves and Fittings



NOTE: K DECREASES WITH INCREASING WALL THICKNESS OF PIPE AND ROUNDING OF EDGES

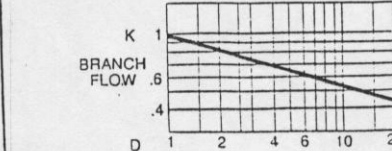
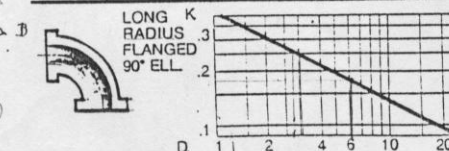
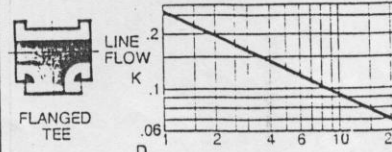
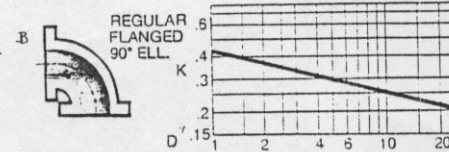
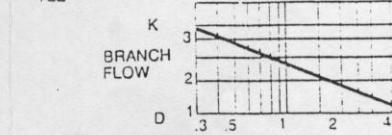
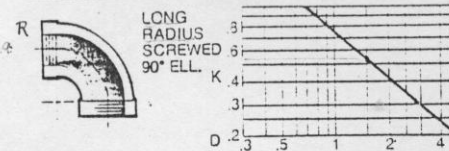
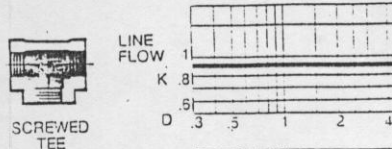
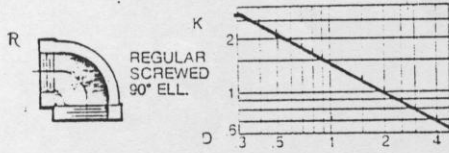
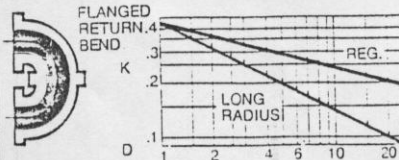
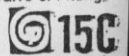


Chart 1

Where:
 h = Frictional Resistance in Feet of Liquid
 V = Average Velocity in Feet/Second in a Pipe of Corresponding Diameter

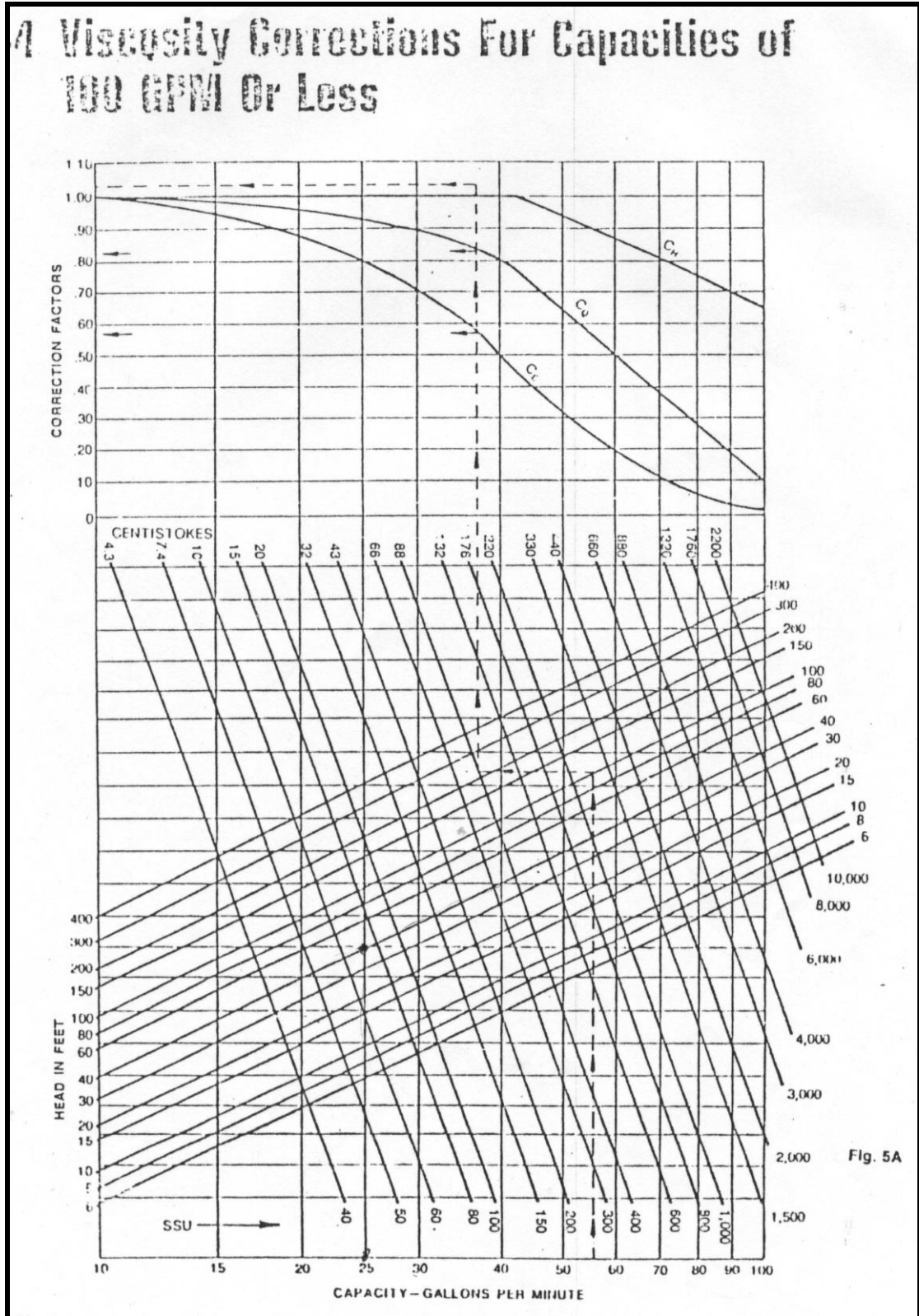
$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

$g = 32.17$ Feet/Second/Second
 K = Resistance Coefficient For Valve or Fitting



ANEXO "G"

FACTORES DE CORRECCIÓN POR VISCOSIDAD



ANEXO "H"
ESFUERZOS PERMISIBLES PARA CONEXIONES DE ACERO
ESTRUCTURAL

TABLA 16-1 Esfuerzos permisibles para conexiones de acero estructural .				
Remaches	Esfuerzo cortante permisible		Esfuerzo de tensión permisible	
	ksi	MPa	ksi	MPa
ASTM A502				
Grado 1	17.5	121	23	159
Grado 2	22	152	29	200
Tornillos	Esfuerzo cortante permisible [†]		Esfuerzo de tensión permisible	
	ksi	MPa	ksi	MPa
ASTM A325	17.5	121	44	303
ASTM A490	22	152	54	372
Miembros conectados	Esfuerzo cortante permisible ^{†§}		Esfuerzo de tensión permisible [†]	
Todas las aleaciones	1.20s _u		0.6s _y	

*Especificaciones AISC.
[†] Para conexión de fricción. Para conexión de apoyo sin roscas en la plano de cortante, use 30 ksi (207 MPa) para A325 y 40 ksi (276 MPa) para A490.
[‡] Véase el apéndice A-15 con respecto a aceros estructurales.
[§] El esfuerzo de apoyo no se considera en las juntas atornilladas de fricción.

ANEXO "I"

RECOMENDACIONES DE % MEZCLA COMBUSTIBLE.

MARCA		CON MTBE	CON ETANOL	CON METANOL
Chrysler	Producto	Si se puede usar	Hasta 10%	especifico No usar
Ford	Asfalto	Hasta 15%	Hasta 10%	1.03 NI
General Motor Corp		Si puede	Si se puede	0.5 NI
BMW	Butano	Hasta 15%	Hasta 10%	0.6 Hasta 3%
Honda/Acura	Butano	Hasta 15%	Hasta 10%	0.5 No usar
Hyunday	Diesel	Hasta 15%	Hasta 10%	0.8 No usar
Isuzu	Etano	Si puede usar	Si puede usar	0.3 NI
Jaguar	Gas licu	Hasta 15%	Hasta 10%	0.6 Hasta 5%
Land Rover	Gasolina	Hasta 15%	Hasta 10%	0.7 Evitar el uso
Mazda	Isobutan	Puede usar	Hasta 10%	0.5 NI
Mercedes Benz	lubricar	Hasta 15%	Hasta 10%	0.85 Hasta 3%
Mitsubishi	Materia negro de	Hasta 15%	Hasta 10%	1.0 No usar
Nissan/Infiniti	Metanol	Hasta 15%	Hasta 10%	0.7 Hasta 5%
Porsche	Metil ter	Puede usar	Puede usar	0.74 NI
Rolls Royce	Nafas naturales	Hasta 15%	Hasta 10%	0.6 Hasta 3%
Saab	Perafina	Hasta 15%	Hasta 10%	0.8 Hasta 5%
Subaru	Pentano	Hasta 15%	Hasta 10%	0.6 Hasta 5%
Suzuki	Propano	Hasta 15%	Hasta 10%	0.5 Hasta 5%
Toyota/Lexus	Propano	Hasta 15%	Hasta 10%	0.5 Hasta 5%
Volkswagen / Audi	Carbon	Hasta 15%	Hasta 10%	0.5 Hasta 3%