



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

Análisis teórico para la implementación del sistema *FLEX-FUEL*

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autor:

ROLANDO IVÁN TENEMPAGUAY GUAMÁN

Director:

MIGUEL ANDRÉS LÓPEZ HIDALGO

CUENCA – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

A la familia Tenempaguay Guamán:

A María y Manuel, que como madre y padre supieron sembrar en mí los buenos valores humanos, me enseñaron a luchar constantemente por los sueños anhelados sin importar los obstáculos que se presentan en el transcurso de la vida, a mis hermanos, que con sus consejos y hechos son un ejemplo a seguir.

Rolando Iván.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le agradezco a Dios por haberme prestarme la vida, a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, en especial a todo el personal quienes lo conforman la Escuela de Ingeniería Automotriz, gracias por transmitir de una u otra forma los conocimientos que son la base primordial para continuar creciendo como persona y gran profesional de este país, un agradecimiento especial a mi familia, por el apoyo económico e incondicional durante mi vida universitaria.

Rolando Iván

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINA
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPITULO I: BIOCOMBUSTIBLES	
1.1. Introducción.....	2
1.2. Historia.....	2
1.3. Producción.....	3
1.3.1. Primera generación.....	3
1.3.2. Segunda generación.....	4
1.3.3. Tercera generación.....	4
1.3.4. Cuarta generación.....	5
1.4. Propiedades.....	5
1.5. Tipos de biocombustibles.....	6

1.5.1	Bioetanol.	6
1.5.1.1	Ventajas.....	7
1.5.1.2	Desventajas:	8
1.5.2	Biodiesel.....	8
1.5.3	Biogás.....	9
1.5.3.1.	Uso automotriz.....	10
1.6.	Flex fuel.	10
1.6.1.	Concepto básico.....	10
1.6.2	Aspecto-color.	11
1.6.3	Grado de alcohol etílico anhidro combustible.....	11
1.6.4	Masa específica a 15°C.....	11
1.6.5	Grado alcohólico.	11
1.6.6	Grado de goma.	12
1.6.7	Contenido de oxigenados	12
1.6.8	Curva e índice de destilación.....	12
1.6.9	Número de octano de investigación y número de octano del motor.	13
1.6.10	Presión de vapor.....	13
1.6.11	Grado de hidrocarburos.	14
1.6.12	Grado de bioetanol.....	14
1.6.13	Grado de iones cloruro, sulfato, hierro, sodio.....	14
1.6.14	Grado de los iones de cobre.....	14
1.7.	Clasificación según el porcentaje de la mezcla.....	14
1.7.1.	Gasohol.....	14
1.7.2.	E20-E85	15

CAPITULO II: ANÁLISIS DEL SISTEMA *FLEX FUEL*.

2.1.	Definición.....	16
2.2.	Identificación.....	17
2.2.	Sistema <i>flex fuel</i>	18

2.2.1.	Sistema <i>flex fuel</i> de primera generación.	19
2.2.1.1.	<i>El arranque en frío</i>	20
2.2.1.2.	<i>Sensor de Etanol</i>	21
2.2.2.	<i>Flex-fuel</i> de segunda generación.	22
2.2.3.	Sistema <i>Flex-fuel</i> tercera generación.	24
2.2.3.1.	<i>Inyector Eco Pico</i>	24
2.2.3.2.	<i>Sistema ECS</i>	25
2.2.3.3.	Bujías.	26
2.3.	Rendimiento del motor.	26
2.4.	Contaminación.	27

CAPITULO III: ESTUDIO PARA CONVERTIR EL VEHÍCULO CORSA EN UN FLEX FUEL VEHICLE.

3.1.	Inspección de los sistemas originales del Corsa.	30
3.1.1.	Chequear el aislado eléctrico en su totalidad.	31
3.1.2.	El sistema de control electrónico del motor actual.	31
3.1.3.	Partes internas del motor.	31
3.1.4.	Sistema de ignición.	32
3.1.5.	Sistema de alimentación.	32
3.2.	Pruebas de laboratorio.	33
3.2.1.	Medición del flujo de combustible entregado por la bomba.	33
3.2.2.	Medición del flujo de combustible entregado por los inyectores.	34
3.2.3.	Cálculos.	35
3.3.	Módulo de conversión flex a implementar.	38
3.3.1	Instalación del módulo BIOadapter y BioETUN. (EZ85 FLEX FUEL)....	40
3.3.2.	Módulo E85 BIOapadter.	41
3.3.2.1.	Programación.	43
3.3.3.	Módulo E85 BioETUN.	45
3.3.3.1	Funcionamiento: (bioETUN)	47

3.3.3.2 Programación	47
3.3.3.2.1 Apartado N° 1.	48
3.3.3.2.2 Apartado N° 2.	49
3.3.3.2.2.1 La ventana del parámetro I.	49
3.3.3.2.2.2 La ventana del parámetro II.	52
3.3.3.2.2.3 Tablas de arranque en frío y de calentamiento.	54
3.3.3.2.3 Apartado N° 3.	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
GLOSARIO DE SÍMBOLOS.	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.	61
OTRAS REFERENCIAS.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema básico de la producción del bioetanol.	4
Figura 2. Emblema de identificación FFV.	17
Figura 3. Tapa del tanque de combustible del FFV	17
Figura 4. Número de identificación del vehículo (VIN)	18
Figura 5. Número del motor.	18
Figura 6. Esquema de inyección Bosch de primera generación.	19
Figura 7. Elementos del sistema cold start.	20
Figura 8. Circuito eléctrico del sistema cold start.	21
Figura 9. Sensor flex fuel.	21
Figura 10. Sensor flex fuel seccionado	22
Figura 11. Diagrama de alimentación	22
Figura 12. Microprocesador SFS.	23
Figura 13. Inyector Eco Pico.	24
Figura 14. Etanol sistema Cold ECS.	25
Figura 15. Partes involucradas en un FFV	29
Figura 16. Conjunto de alojamiento la bomba de combustible.	31
Figura 17. Vista panorámica de los sistemas de alimentación y de drenaje del canister.	33
Figura 18. Medición del caudal de la bomba.	34
Figura 19. Medición del caudal del inyector.	34
Figura 20. Señal original y modificada del inyector.	39
Figura 21. Pulso de inyección con y sin el módulo E85.	40
Figura 22. Tipos de conectores según el sistema.	41
Figura 23. Tipos de conectores según el sistema.	42
Figura 24. Módulo E85 Bioadapter.	43
Figura 25. Módulo E85 BioETUN.	45
Figura 26. Esquema de instalación BIOETUN.	46
Figura 27. Software BioETUN Tuner 4.5.9.	48
Figura 28. Parámetro I del programa BioETUN Tuner.	50

Figura 29. Parámetros II del programa BioETUN Tuner.	52
Figura 30. Tabla de datos del Programa.....	54
Figura 31. Botón para enviar información.	55
Figura 32. Botón de actualización.....	55
Figura 33. Botón para leer datos.	55

ÍNDICE DE TABLAS

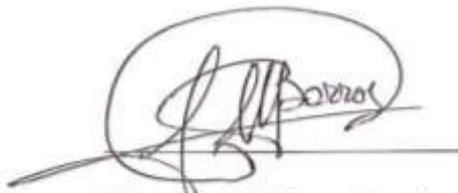
Tabla 1. Disminución de GEI con la utilización de biocombustibles.....	6
Tabla 2. Propiedades de la gasolina y del bioetanol.	7
Tabla 3. Emisiones reducidas con el biodiesel.....	9
Tabla 4. Valor de octanaje de las mezclas Extra-Etanol y Súper-Etanol.....	13
Tabla 5. Presión de vapor en las mezclas Gasolina-Etanol, en kPa.....	13
Tabla 6. Características del Inyector Eco Pico.....	25
Tabla 7. Rendimiento del motor FF.	26
Tabla 8. Emisiones de un FFV	28
Tabla 9. Ficha técnica del Chevrolet corsa evolution del año 2007.....	30
Tabla 10. Consumo de combustible a diversos porcentajes del FF	38

ANÁLISIS TEÓRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FLEX – FUEL.

RESUMEN

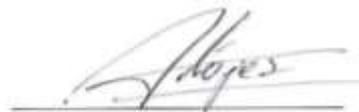
El presente trabajo de graduación analiza la posible instalación y programación de dos módulos electrónicos E85 en el sistema de inyección del vehículo corsa Evolution 1.4; la programación manual del módulo bioadapter E85 y la programación mediante un software del módulo BioETUN E85. Dicho módulo aumenta el tiempo de trabajo del inyector controlado por la ECU; para así, compensar el menor poder calorífico que contiene el etanol. Para lo cual primero se realizó una investigación de las características del etanol, el estudio del sistema flex-fuel y finalmente la adaptación del sistema (sistema que permite el uso de gasolina y etanol) en un motor a gasolina. Proponiendo así, un proyecto de investigación para bajar la dependencia de la gasolina y al mismo tiempo reducir las emisiones del motor.

PALABRAS CLAVES: Instalación, programación, módulo, E85, pulsos, poder calorífico.



Edgar Mauricio Barros Barzallo

DIRECTOR DE ESCUELA



Miguel Andrés López Hidalgo

DIRECTOR DE TESIS



Rolando Iván Tenempaguay Guamán

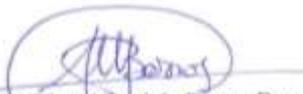
AUTOR

**THEORETICAL ANALYSIS FOR THE FLUX-FUEL SYSTEM
IMPLEMENTATION**

ABSTRACT

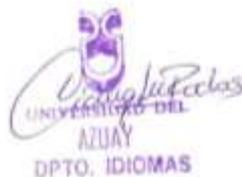
This graduation paper analyzes the possible installation and programming of two E85 electronic modules in the Evolution 1.4 Corsa vehicle injection system; the manual programming of the E85 bio adapter module, and the module E85BioETUN programming by software. This module increases the injector working time controlled by the ECU to compensate the lower calorific power that ethanol contains. For this reason, first we performed an investigation of ethanol characteristics, a study of flex-fuel system, and finally the adaptation of the system (a system that allows the use of gasoline and ethanol) in a gasoline engine was implemented. As a result, a research project to lower the dependence on gasoline while reducing engine emissions was presented.

KEYWORDS: Installation, Programming, Module, E85, Pulses, Calorific Value


Edgar M. Barros Barzallo
SCHOOL DIRECTOR


Miguel Andrés López Hidalgo
THESIS DIRECTOR


Rolando Iván Tenempaguay Guamán
AUTHOR


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS


Presented by,
Lic. Lourdes Crespo

Tenempaguay Guamán Rolando Iván

Trabajo de Graduación

Dr. Miguel Andrés López Hidalgo.

Febrero de 2015

ANÁLISIS TEÓRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FLEX – FUEL.

INTRODUCCIÓN

Debido al calentamiento global, las autoridades gubernamentales de las naciones en general han decretado leyes estrictas para la comercialización de vehículos equipados con motores de combustión interna y a sus combustibles, obligando a que la industria automotriz responda con nuevos sistemas que cumplan dichas leyes. La tecnología Flex fuel, empleada actualmente en varios países e incluso en Latinoamérica, consiste en utilizar la mezcla de gasolina con bioetanol en coches de pasajeros.

En Ecuador tanto las empresas importadoras de vehículos como las empresas productoras de combustibles alternativos, de una u otra forma están contribuyendo para que tecnología *flex fuel* a futuro sea un éxito, siendo así que, claramente se nota la circulación de vehículos que admiten altos porcentajes de bioetanol en la gasolina y así mismo, el plan piloto para comercializar el combustible con el 5% de bioetanol denominado ecopaís, se encuentra ya en la segunda fase, que comprende el aumento de los puntos en donde los usuarios puede abastecer al coche con dicho combustible.

Una alternativa que se encuentra al alcance para dejar la dependencia de la gasolina (energía base para los automóviles) sería la producción del alcohol combustible; con ello se consigue bajar la importación de la gasolina, descender los niveles de contaminación y aumentar la mano de obra interna del Ecuador. Sin embargo, el estudio debería ser continuo y en ciclo cerrado a fin de evitar la desestabilidad del mercado alimentaria y provocar la deforestación de miles de hectáreas con la creación de monocultivos para los insumos empleados en la producción del bioetanol.

CAPITULO I

BIOCOMBUSTIBLES

1.1. Introducción.

En la actualidad existen numerosas investigaciones relacionados sobre la energía renovable, debido a la disminución de recursos naturales no renovables y el preocupante aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) que ocasionan el calentamiento global. Entre dichas investigaciones se encuentran los biocombustibles, energía química que se derivan de aquellos recursos naturales energéticos que poseen bioenergía, y mediante un proceso elaborado por el ser humano se puede obtener; líquidos, sólidos o gaseosos. Con la finalidad última de liberar la energía de sus compuestos químicos mediante una reacción de combustión. (Maciel, 2009)

1.2. Historia.

La materia prima base para la obtención de los biocombustibles han estado presentes desde hace muchos siglos atrás, encontrándose en la diversidad de la vegetación, unas que poseen poca energía y otras con concentraciones elevadas, a los que se denominan actualmente plantas energéticas. Este último grupo ha pasado desapercibido sin que el hombre tomara en cuenta aquellos beneficios de la energía brindada.

Por otro lado, la industria automotriz dio su inicio con los biocombustibles como fuentes de energía para los motores de combustión interna, un ejemplo histórico está el uso del bioetanol por Henry Ford en 1896 y del aceite de maní o cacahuate, por Rudolf Diesel un año después. Con el trascurso del tiempo, la revolución industrial, los combustibles fósiles como la gasolina y el diesel presentaban un poder calorífico mayor, además llegando a ser abundantes y baratos, remplazando en su totalidad a los biocombustibles. (Carvalho, 2008)

Varios años después, el gigante suramericano Brasil, gran parte de los países de la Unión Europea por no decir en su totalidad, y Estados Unidos, son los responsables en cuanto a volver a utilizar los biocombustibles. Brasil fue el pionero en el desarrollo de la tecnología en cuanto a la producción y el uso final del bioetanol, realizando pruebas como combustible vehicular en el periodo de 1905 a 1925, dando como resultado que para 1931 se establece un decreto como obligatorio la mezcla del 5% de etanol en el combustible importado y 7 años después rigió también para el combustible producido. Los biocombustibles tuvieron que superar varias etapas, y una más de ellas fue, la desvalorización de los combustibles fósiles después de la segunda guerra mundial, afectando negativamente el avance tecnológico de los biocombustibles que había obtenido hasta ese entonces. Pero, Años después en la década de los setenta fue un avance muy importante debido que en 1973 se dio la primera crisis petrolera mundial, lo que da como consecuencia el inicio del mercado actual de los biocombustibles y al final de los setenta el gobierno brasileño promueve con dos clases de bioetanol en el programa nacional de alcohol; el hidratado y el anhidro (Maciel, 2009).

Tanto, Brasil, EEUU y los países de la Unión Europea retomaban la utilización de los biocombustibles en cada flaqueza comercial del petróleo, con el fin de estirar y evitar el agotamiento prematuro de sus reservas petroleras.

1.3. Producción.

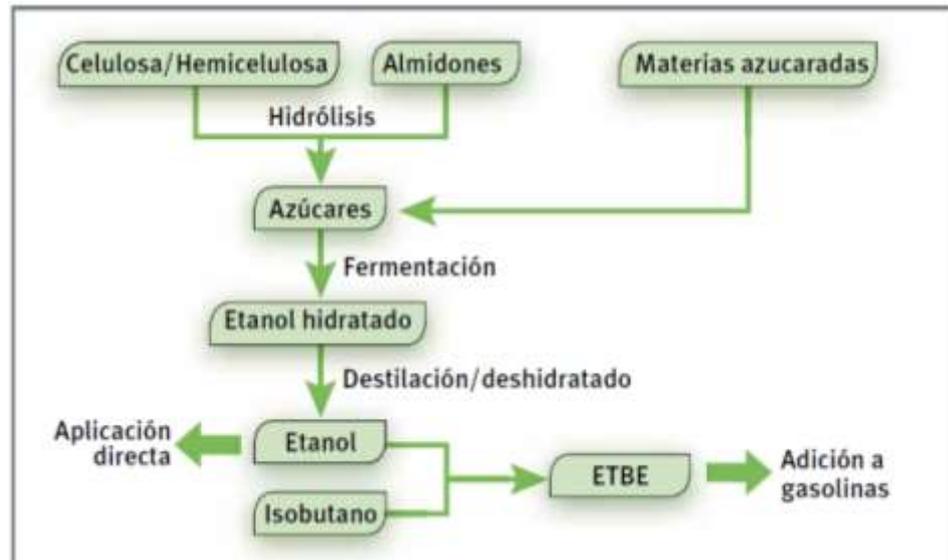
En la actualidad, en función del insumo utilizado como materia prima y el proceso de producción se clasifican en cuatro generaciones.

1.3.1. Primera generación.

Esta generación es la más empleada actualmente, utiliza el proceso de producción tal como se manifiesta en el esquema de la figura 1, el cual no es complejo, aunque la desventaja es que, la biomasa usado en su mayoría son de procedencia agrícola alimentaria con un alto contenido de almidón, azúcar o aceites. Siendo los insumos aprovechados; el jugo de la caña de azúcar, granos de maíz molidos y fermentados, jugo de la remolacha o betabel, aceite de semilla de girasol, aceite de soya, aceite de palma, aceite de ricino, aceite de semilla de algodón, aceite de coco, aceite de maní o

cacahuete, las grasas de los animales, grasas y aceites de desecho provenientes de la elaboración de alimentos, y desperdicios sólidos orgánicos.

Figura 1. Esquema básico de la producción del bioetanol.



Fuente: (Aragón, 2008)

1.3.2. Segunda generación.

La producción de dicha generación es más compleja y su eficiencia en cuanto a la reducción de GEI continúa siendo negativa o nula en comparación con la energía utilizada para obtenerlo, sin embargo, de acuerdo con el avance tecnológico, las industrias productoras de bioetanol estiman que para el 2015 contar con un método totalmente fiable. Más aún, que esta generación no alterar el mercado agrícola de alimentos, puesto que los insumos empleados son residuos agrícolas y forestales compuestos principalmente por celulosa, tales como; el bagazo de la caña de azúcar, el tallo y hojas del maíz, tallos secos de trigo, aserrín, hojas y ramas secas de los árboles.

1.3.3. Tercera generación.

Este método de producción como el de la cuarta generación está en investigación y desarrollo, es decir, aún no existe una línea de producción. Los insumos empleados son vegetales no alimenticios con una gran cantidad energética almacenada en sus estructuras moleculares, tales como; los pastos perennes, árboles y plantas de crecimiento rápido, las algas verdes y verdes - azules.

1.3.4. Cuarta generación.

El combustible es producido a partir de bacterias genéticamente modificadas, las cuales emplean anhídrido carbónico (CO_2) o alguna otra fuente de carbono para la obtención de los biocombustibles.

A diferencia de las generaciones anteriores, en las que también se pueden emplear bacterias y organismos genéticamente modificados como insumos o para realizar alguna parte de los procesos, en la cuarta generación, la bacteria es la que efectúa en su totalidad el proceso de producción de los biocombustibles (Maciel, 2009).

1.4. Propiedades.

Los biocombustibles se caracterizan principalmente por que provienen de recursos naturales renovables, es decir, de aquellas plantas que durante su crecimiento almacenan en su estructura molecular propiedades energéticas muy similares al de los combustibles de fuentes fósiles, con el proceso y uso adecuado en la actualidad se puede reducir las emisiones de los vehículos equipados con motores de combustión interna, debido a que gran porcentaje de CO_2 es absorbido en el desarrollo de dicho vegetal al que se lo utiliza como materia prima. Y además la producción en serie a futuro podría reducir el uso del petróleo en 95%, de esta manera habría un aporte importante con la disminución de 13% en cuanto a los GEI (Carvalho, 2008).

En cuanto al almacenaje y transportación es la misma que para los combustibles convencionales y en caso de existir un derrame al medio ambiente por cualquier motivo, dicho combustible no es contaminante debido a que es totalmente biodegradable.

En la tabla 1 se ilustra la disminución en las emisiones de GEI al mesclar o sustituir los combustibles fósiles por biocombustibles, expresando en gramos de CO_2 por cada mega joule de energía utilizado.

Tabla 1. Disminución de GEI con la utilización de biocombustibles.

Biocombustible	Materia prima	Disminución de GEI ($g\ CO_2\ eq/MJ$)
Etanol	Maíz	35,58
Etanol	Caña de azúcar	59,99
Biodiesel	Canola	41,18
Biodiesel	Soya	38,79
Etanol	Biomasa lignocelulosica	63,10
Metanol	Biomasa lignocelulosica	77,60

Fuente: (TECNOCENCIA, 2011)

1.5. Tipos de biocombustibles.

1.5.1 Bioetanol.

Es un alcohol etílico con elevado contenido de oxígeno en su masa, cerca de 35% y su fórmula molecular es C_2H_6O o C_2H_5OH , gracias a esto, se consigue doble beneficio, tal como, mejorar el desempeño de los motores de ciclo Otto y a contribuir a una combustión más limpia sin importar si es mezclada con la gasolina. (Aragón, 2008) Para tener una referencia clara en la tabla 2 se hace una comparación de las propiedades con las que cuenta la gasolina y el bioetanol.

Usando cualquiera de las cuatro generaciones mencionados con anterioridad se obtiene dos clases de bioetanol; a) El alcohol etílico anhidro combustible (AEAC) que debe contener menos de 0,6% de agua para mezclar con gasolina, o b) El alcohol etílico hidratado combustible (AEHC) con concentraciones hasta 7,4% de agua, para usarlo puro (Carvalho, 2008). Para el uso de bioetanol hidratado únicamente debe ser usado en el motor netamente fabricado o específicamente modificado para este combustible, debido a su octanaje alto de 110 y las propiedades corrosivas que afectaría al metal y gomas. Es diferente el caso para utilizar el bioetanol anhidrido, no se toma especial cuidado para mezclas inferiores al 10% en vehículos del 2008 en adelante, dado que, los fabricantes ya lo han diseñado el motor, el sistema de alimentación e ignición aptos para implementa dicho combustible y además cuenta con los modernos sistemas electrónicos de gestión del motor y de inyección electrónica de combustible, capaces de monitorear en cada momento la relación

combustible-aire con el fin de modificar el suministro correcto, sin ninguna intervención del usuario y además permite que él mismo usuario elija el tipo de combustible a emplear a su conveniencia. (Aragón, 2008)

Tabla 2. Propiedades de la gasolina y del bioetanol.

Parámetro.	Unidad	Gasolina	Bioetanol
Poder calorífico	kJ/kg	43500	28225
	kJ/litro	32180	22350
Densidad	kg/litro	0,72 – 0,78	0,792
Octanaje RON (Research Octane Number)	-	90 --100	102 – 130
Octanaje MON (Motor Octane Number)	-	80 - 92	89 – 96
Calor latente de vaporización	kJ/kg	330 - 400	842 – 930
Relación estequiométrica aire/combustible		14,7	9,0
Presión de vapor	kPa	40 - 65	15 – 17
Temperatura de ignición	°C	220	420
Solubilidad en agua	% en volumen	~ 0	100

Fuente: (Carvalho, 2008)

1.5.1.1 Ventajas

- *“El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables.*
- *Es un combustible líquido y puede ser manipulado como la gasolina o el diesel.*
- *Su alto octanaje (105) favorece la combustión y evita el golpeteo.*
- *Produce menos dióxido de carbono al quemarse que la gasolina.*
- *Al presentar una temperatura de auto ignición mayor, es menos inflamable que la gasolina y el diesel.*
- *Es de baja toxicidad.*
- *No produce compuestos de azufre.”* (Sorloza, 2008)

1.5.1.2 Desventajas:

- *Es de menor poder calorífico que la gasolina, por lo tanto para una misma distancia de recorrido requiere un mayor consumo.*
- *Contiene sólo 2/3 de energía a la que podría contener un mismo volumen de gasolina.*
- *Cuando su elaboración es a partir de granos lo convierte en un producto más caro que la gasolina (aproximadamente 1,5 veces).*
- *Puede presentar problemas de corrosión en partes mecánicas y sellos.*
- *En climas muy fríos presenta dificultades para el encendido.” (Sorloza, 2008)*
- *“El Etanol es altamente higroscópico, por lo que las mezclas de combustible reformuladas con Etanol deben protegerse de la humedad del ambiente” (Castillo, 2009)*

1.5.2 Biodiesel.

Para este tipo de biocombustible se utiliza insumos como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga, que se encuentran en los aceites vegetales, grasas de animales o en los aceites de desechos de la cocina, para luego ser procesados industrialmente mediante esterificación y transesterificación. El biodiesel es un biocombustible que se utiliza como sustituto total o parcial del diesel derivado de petróleo en motores de ciclo diesel, dando el comienzo de su uso a principios del siglo XXI (Aragón, 2008).

Las propiedades físicas y químicas del biodiesel son semejantes al diesel convencional, así pues los fabricantes garantizan sus motores para mezclas hasta de un 30%, es decir que se puede utilizar la mezcla del 70% de diesel con 30% de biodiesel al que se le da el nombre comúnmente de B30, en cuanto a mezclas superiores se debe tener un especial cuidado, de modo que pueden surgir varios problemas como deteriorar el sistema motriz, las juntas de cauchos y la posible obstrucción de los inyectores. (Aragón, 2008)

En la tabla 3 se reflejan los resultados de las emisiones del motor funcionando con el B20, los beneficios obtenidos del biodiesel se puede aumentar cuanto mayor sea el porcentaje de la mezcla con el diesel convencional fósil.

Tabla 3. Emisiones reducidas con el biodiesel.

Emisión	Signo	Porcentaje
Monóxido de carbono	-	12,6
Dióxido de carbono (ciclo de vida completa)	-	15,7
Óxidos de nitrógeno	+	1,2
Partículas	-	18
Otros compuestos tóxicos	-	12/20
Mutagenicidad	-	20

Fuente: (Aragón, 2008)

1.5.3 Biogás.

Es un biocombustible que se obtiene de la degradación anaerobia de los desechos orgánicos debidamente procesadas, se caracterizan por contener de 50% a 70% de metano, complementado con el monóxido de carbón que es el segundo elemento de gran porcentaje en su estructura y además con pequeñas concentraciones de hidrógeno, nitrógeno, dióxido de carbono, entre otros gases. Convirtiéndose así en la alternativa más fiable para el remplazo del gas natural fósil empleada en diversas aplicaciones actualmente.

Aunque el poder calorífico del biogás es menor que el del gas natural, si es posible usarse en motores de ciclo Otto o de ciclo Diesel. Obviamente se debe realizar ciertas modificaciones en el control de motor debido a las propiedades presentes, uno de ellos y la más relevante es su mayor número de octanos por encima de los 130, que beneficiaría reduciendo el picado del motor, mayor potencia y una combustión casi completa. (Aragón, 2008)

1.5.3.1. Uso automotriz.

Para la dosificación en los motores que funcionan con el biogás se ha desarrollado diferentes sistemas de inyección; de fase, secuencial, multipunto o indirecta y la clasificación que se da a los vehículos que funcionan a biogás son:

1) **Mono-fuel, monovalentes o dedicados.** Utiliza el biogás debidamente optimizado como único combustible, lo que asegura la máxima eficiencia y unas mínimas emisiones.

2) **Bi-fuel o bivalentes.** El motor opera indistintamente con biogás o con cualquier otro combustible adecuado para el motor de combustión interna a encendido provocado, de forma que jamás se mezclan dichos combustibles en ninguna instancia previa a ingresar a los cilindros.

3) **Dual-fuel o, “combustible dual”.** El concepto es similar al del sistema Bi-fuel, pero con dos diferencias, el primero es que se emplea para motores a diesel, y el segundo, el diesel se utiliza únicamente para dar arranque al motor.

4) **Tri-fuel o, “tri-combustibles”.** Se emplea para motores de ciclo Otto, el motor puede funcionar normalmente con gasolina, bioetanol, con la mezcla de gasolina-bioetanol o con biogás. La primera introducción de vehículos equipados con esta tecnología ha sido en Brasil en el 2005.

5) **De inyección directa de alta presión (o, en inglés, High Pressure Direct Injection - HPDI).** *“Se trata de una tecnología que está siendo desarrollada por Westport Innovations en Canadá. Esta tecnología inyecta a alta presión tanto el diesel como el gas natural directamente en la cámara de combustión. Como los motores dual-fuel, dependen del diesel para que la combustión se produzca. Sin embargo, se diferencia de éste en la forma en la que los diferentes combustibles se mezclan (en este caso la mezcla se lleva a cabo en el interior de los cilindros).”* (Aragón, 2008)

1.6. Flex fuel.

1.6.1. Concepto básico.

El flex fuel es la mezcla o la fusión del combustible derivado del petróleo con uno derivado de fuentes renovables, el más implementado en el campo de la automoción es la de gasolina y bioetanol, variando en el rango de porcentaje en 5% a 85%. Siendo las concentraciones más conocidos él; E5, E10, E20, E25, E70 y E85. En

cuanto a las abreviaturas, se hacen referencia al porcentaje de bioetanol contenido en la gasolina convencional, es decir tomando un ejemplar el E5; sería el 5% de bioetanol en el total del contenido de la gasolina.

A este combustible que muchos lo llaman el combustible del futuro se debe tener en cuenta cada una de las propiedades descritas a continuación, a fin de aprovechar su máximo potencial energético para los motores de combustión interna, y los beneficios brindados para el medio ambiente.

1.6.2 Aspecto-color.

Se puede verificar esta propiedad solo con la visualización, debido a que son notables las impurezas ocasionadas en el proceso de producción o transporte inadecuado. Las alteraciones en el color del combustible pueden ocurrir debido a la presencia de contaminantes o debido a la oxidación de compuestos inestables presentes en él, como olefinas y sustancias nitrogenadas. Con la adición de colorantes y marcadores también se puede modificar mucho esta propiedad, por lo que, debe ser considerado en las especificaciones del producto. (Duarte, 2006)

1.6.3 Grado de alcohol etílico anhidro combustible.

Con la adición del etanol se eleva el octanaje de la gasolina, por esta razón la gasolina formulada con etanol contienen menos cantidades de compuestos aromáticos, gracias a que el etanol combustible es un elevador de octanaje. Por esa razón, las gasolinas aromáticas emiten más hidrocarburos en la combustión incompleta que la gasolina reformulada con etanol.

1.6.4 Masa específica a 15°C.

“Es la densidad del gasohol e indica posibles adulteraciones con productos más livianos o más pesados, este parámetro se eleva, cuanto más alto es el grado de etanol, normalmente mayor será la densidad. Es una propiedad bastante influenciada por los compuestos aromáticos que contiene la gasolina.” (Duarte, 2006)

1.6.5 Grado alcohólico.

“Además de reflejar el grado de pureza del etanol, permite evaluar especialmente la presencia del agua, que es muy soluble en el etanol e incolora, pero que presenta elevada densidad.” (Duarte, 2006)

1.6.6 Grado de goma.

“Indica la cantidad de goma (barniz) formado como consecuencia de las reacciones naturales de oxidación entre los hidrocarburos insaturados presentes en la gasolina, esta goma puede provocar depósitos y obstrucciones indeseables. Estudios demuestran que la adición de etanol mejora esta propiedad ya que el alcohol no forma barniz, debido a que es un solvente para la goma oriunda de la gasolina.” (Duarte, 2006)

1.6.7 Contenido de oxigenados

“El contenido total de Oxígeno aumenta considerablemente en las gasolinas reformuladas con la adición de Etanol, debido a que el contenido de Oxígeno en peso del Etanol es 34,8%, mientras que el del MTBE asciende a 18,2%.” (Castillo, 2009)

1.6.8 Curva e índice de destilación.

La curva de destilación da la información de los compuestos presentes en el flex fuel, *“El Etanol, en su estado puro, tiene una temperatura única de ebullición a una presión dada (78,3°C a 1 atm de presión), mientras que la gasolina por ser una mezcla de hidrocarburos tiene un intervalo de temperaturas de ebullición a una presión dada (30°C-200°C a 1 atm de presión).”* Esto es muy importante para saber el índice de destilación, o sea la capacidad de evaporarse durante el arranque del motor en frío y hasta cuando llegue a su temperatura normal de funcionamiento.

En el estándar ASTM D-4814 se encuentra la ecuación para calcular el índice de destilación (ID):

$$ID = 1,5T_{10} + 3T_{50} + T_{90} + 2.4V$$

En donde las T (temperatura) se encuentran en grados Fahrenheit y la V es el porcentaje del volumen de etanol presente en la mezcla.

- T_{10} (temperatura a la que el 10% de combustible se evapora) esto tiene que ser lo suficientemente bajo para facilitar el arranque del motor en frío y lo suficientemente alto para evitar los tapones de vapor.
- El T_{50} y T_{90} representan la evaporación de los elementos pesados del combustible, esto de igual forma debe ser tan bajo de tal forma que el motor alcance su temperatura de régimen sin dificultad y no tan bajo a fin de que no provoque problemas de sobrecalentamiento o tapones de vapor. Cabe recalcar también que T_{90} es la temperatura final de ebullición. (Castillo, 2009)

1.6.9 Número de octano de investigación y número de octano del motor.

El número de octano (NO) es la resistencia a la auto ignición del combustible lo que causa el “golpeteo” o “picado” del motor. Número de octano de investigación (NOI) se refiere al combustible utilizado en el motor con pruebas muy conservadoras, mientras que el número de octano del motor (NOM) hace referencia al combustible empleado en el motor a pruebas severas. De donde sale el NO, que no es más que, el promedio aritmético de NOI y NOM obtenidos en las pruebas, que por lo general, las gasolinas comerciales tienen un valor de NOI entre 88-101 y un NOM con valores que oscilan entre 80 - 90 y el Etanol tiene un NOM reportado de 90 y un NOI de 110 (Castillo, 2009).

La tabla 4 demuestra que el NO se aumenta más cuando se combina con una gasolina extra, que cuando se añade a la gasolina súper en un porcentaje hasta el 15%. (Castillo, 2009)

Tabla 4. Valor de octanaje de las mezclas Extra-Etanol y Súper-Etanol

Concentración de Etoh (% vol)	Extra			Súper		
	NOI	NOM	Número de octano	NOI	NOM	Número de octano
0 %	91,5 ± 0,2	84,3 ± 0,1	87,9 ± 0,1	98 ± 0,0	87,1 ± 0,1	92,6 ± 0,0
10 %	95,6 ± 0,1	86,1 ± 0,1	90,8 ± 0,1	101 ± 0,0	88,2 ± 0,1	94,6 ± 0,0
15 %	97,4 ± 0,1	86,7 ± 0,1	92,1 ± 0,0	102 ± 0,0	88,4 ± 0,2	95,2 ± 0,1

Fuente: (Castillo, 2009)

1.6.10 Presión de vapor.

Esta propiedad es fundamental para el combustible, y de más importancia cuando se trata de mezclar la gasolina con el bioetanol (tabla 5), debido a que el bioetanol tiene una presión de 16 *KPa* y la gasolina va en un rango de (50*KPa* - 65*KPa*) por contener en sus propiedades varios hidrocarburos.

Tabla 5. Presión de vapor en las mezclas Gasolina-Etanol, en kPa

Gasolina Base	Etaoh (% vol)		
	0 %	10 %	15 %
Súper	70,4 ± 0,7	67,5 ± 1,9	67,2 ± 0,4
Extra	44,7 ± 1,6	70,3 ± 1,0	55,3 ± 4,9

Fuente: (Castillo, 2009)

La mezcla para un incremento de presión de vapor efectivo comprende de 5% al 10% de bioetanol en la gasolina extra, mientras que en mezclas superiores hasta el 50% va disminuyendo lentamente, y mezclas superiores al 50% la presión cae rápidamente. Para la gasolina súper no existe un comportamiento ideal, debido que, en porcentajes bajos incrementa la presión pero en unas tres unidades, para posteriormente disminuir como se observa en la tabla 5. (Castillo, 2009)

1.6.11 Grado de hidrocarburos.

“Un parámetro muy importante, ya que en ella se refleja el porcentaje de la gasolina en el AEAC.” (Duarte, 2006)

1.6.12 Grado de bioetanol.

“El análisis que se debe realizar bajo alguna sospecha de la presencia de otros alcoholes superiores o metanol.” (Duarte, 2006)

1.6.13 Grado de iones cloruro, sulfato, hierro, sodio.

“Con cualquiera de estos iones que contenga el AEAC en su composición se convierte en un combustible muy agresivo, afectando a los diversos mecanismos del auto.” (Duarte, 2006)

1.6.14 Grado de los iones de cobre.

“Es un metal absorbido por el AEAC en su procesamiento, puesto que los equipos son fabricados de cobre, un componente que al combinarse con la gasolina formara una sustancia capaz de obstruir elementos del circuito de alimentación.” (Duarte, 2006)

1.7. Clasificación según el porcentaje de la mezcla.

1.7.1. Gasohol.

Se conoce como “gasohol” a la gasolina añadido el bioetanol hasta un porcentaje teórico de 12,7%, pero, en el mercado actual de muchos países se comercializa la gasolina con concentraciones bajas hasta el E10. Para la utilización en los vehículos livianos fabricantes del 2008 en adelante, consiguiendo una reducción de las emisiones GEI en un 12-19% en comparación con la gasolina convencional, aun que como consecuencia, los vehículos suelen ir de 3-4% menos de recorrido por galón.

1.7.2. E20-E85

En concentraciones superiores del 12,7% al 85% de bioetanol en la gasolina se da el nombre de *flex fuel* (FF), sin importar su porcentaje. Por consiguiente se puede emplear normalmente una infinidad de mezclas hasta llegar al porcentaje de 85% y se usan en los vehículos totalmente equipados para funcionar con el combustible flexible, que ya se encuentran debidamente diseñados y equipados para funcionar con dicho combustible y obteniendo las siguientes ventajas:

- El E85 tiene el más alto contenido de oxígeno de cualquier combustible disponible, haciendo que su combustión sea limpia.
- Contiene 80% menos de compuestos formadores de goma de que la gasolina.
- El etanol es altamente biodegradable, por lo que es más conveniente para el medio ambiente.

CAPITULO II

ANÁLISIS DEL SISTEMA DEL *FLEX FUEL*

Las tres definiciones como; *Flex-fuel*, *Flex-power* o *Biopower*, hace referencia a la misma tecnología equipado en los automóviles que revolucionó el mercado automotriz en algunos países hace una década atrás y continua creciendo actualmente. Esta Tecnología *Flex-fuel* desarrollada por Bosch e implementada en EEUU a finales de la década del noventa, no fue muy satisfactorio para Brasil, de ahí que, Magneti Marrelli (MM) con la colaboración del gobierno de Brasil y Volkswagen lanza su sistema Flex en marzo del 2003, y en septiembre del mismo año el siguiente vehículo introducido en Brasil con dicho sistema fue con la contribución de la empresa Delphi. Desde entonces las tres empresas dedicadas al desarrollo en sistemas de inyección, componentes electrónicos e innovación de nuevas tecnologías están en constante lucha por ganar más posesión en este tipo de mercado.

2.1. Definición.

Se los denominan *flex fuel vehicles* (FFVs) a aquellos vehículos equipados con un solo motor de ciclo Otto que funciona con dos clases de combustibles, ya sea esta; mezclado en un solo depósito o que contengan dos depósitos independientes, siendo innecesario en esta tecnología ningún pre o pos calibración en el sistema de inyección e ignición por un técnico especializado o por el mismo propietario. Los FFVs más comunes que se encuentran en varios países y los que se va a tratar en el presente estudio son los que se encuentran equipados con motores que operan en franjas de concentraciones de bioetanol que van desde la gasolina pura, hasta el E85, variando el contenido de la gasolina de acuerdo a la estación climática en la que se encuentra, a fin de poder poner el motor en marcha a temperaturas bien bajas.

2.2. Identificación.

A pesar de que en el Ecuador no se usa el combustible *flex fuel* por ninguna situación, esta clase de vehículo ya se encuentra circulando en nuestro medio, tales son, los modelos de las marcas principales como; Ford, Chevrolet, Toyota, siendo estas unidades de clase convencional o híbrida. A estos vehículos se los identifica por que llevan una insignia de combustible flexible en la parte lateral o posterior del vehículo, tal como se indica en la figura 2.

Figura 2. Emblema de identificación FFV.



Fuente: (THE SAN FRANCISCAN, 2008)

En la figura 3, se indica el tapón del tanque de combustible en color amarillo e impreso sobre ella el E85, implementados por varios fabricantes con el único propósito de indicar esta distinción, aunque este aún, no se ha estandarizado entre los fabricantes.

Figura 3. Tapa del tanque de combustible del FFV



Fuente: (Fuel Economy)

En cuanto a la identificación técnicamente de acuerdo con el *vehicle identification number* (VIN), es sencillo; Basándose en la información de la línea KIA como

ejemplar para la explicación, se encuentra resaltado sexto dígito del VIN en la figura 4, el cual informa el tipo de motor con el que está equipado el vehículo, basando en la tabla que se encuentra a la derecha de la misma figura, que en este caso el número 4 pertenece a un FFV.

Figura 4. Número de identificación del vehículo (VIN)

Identification Number Description	
Vehicle Identification Number	
K N A J S 8 1 4 A B 5 000001	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
	6. Engine type
	- 1 : Gasoline engine 1.6 (Gamma MPI)
	- 3 : Diesel engine 1.6 (U-II)
	- 4 : Flexible Fuel Vehicle (FFV - Ethanol) engine 1.6 (Gamma FFV)
	- 5 : Gasoline engine 1.6 (Gamma GDI)
	- 6 : Gasoline engine 2.0 (Nu MPI)

Fuente: (KIA, 2013)

Además, la información del tipo de combustible que utiliza se encuentra en el primer dígito del número del motor, como claramente se encuentra ilustrado en la figura 5 con la letra F correspondiente al FF.

Figura 5. Número del motor

Engine Number	
F 4 F C B H 000001	
1 2 3 4 5 6 7	
	1. Engine fuel
	- G : Gasoline
	- D : Diesel
	- F : Flexible Fuel Vehicle (FFV - Ethanol)

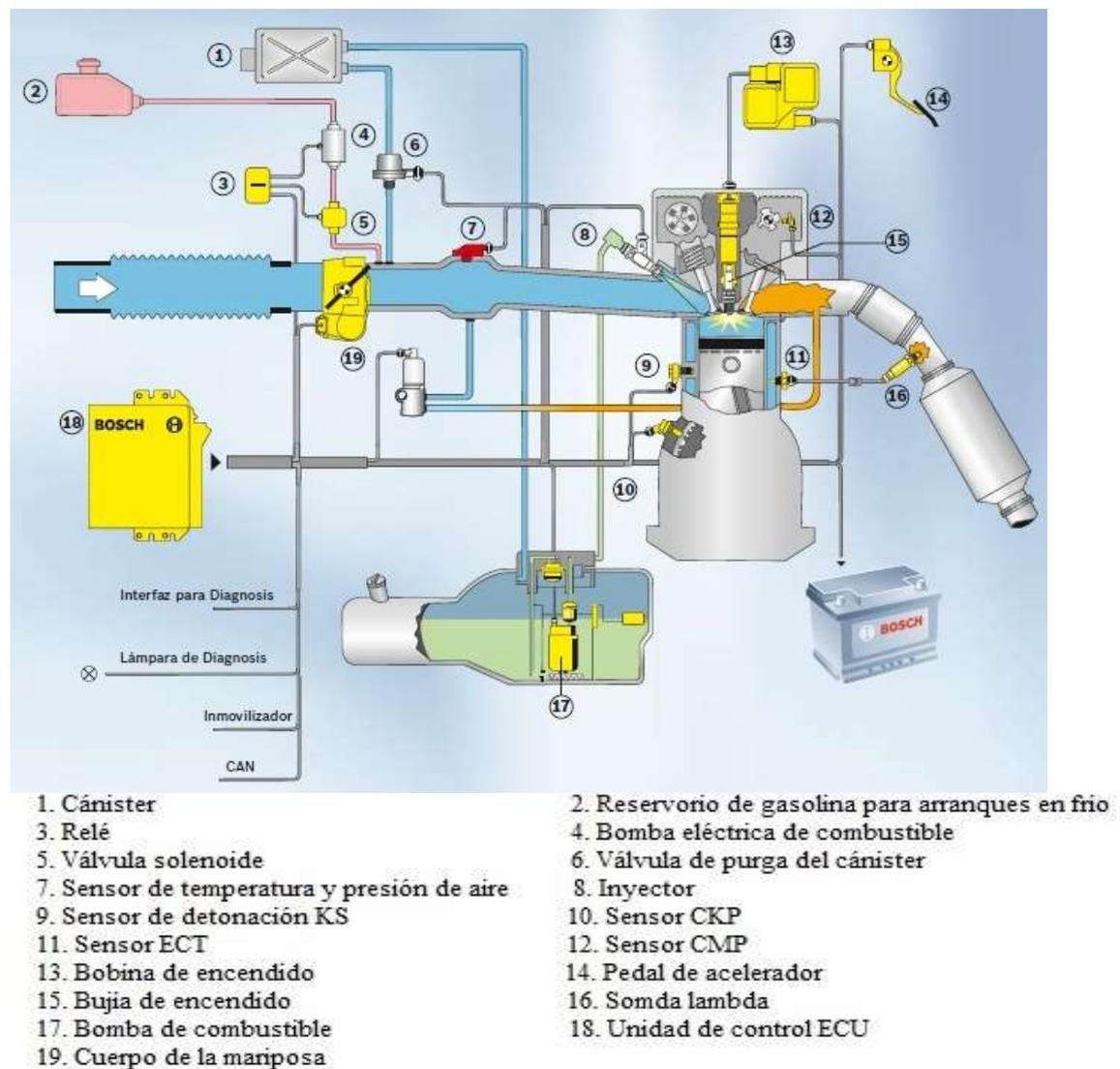
Fuente: (KIA, 2013)

2.3. Sistema *flex fuel*.

La mayoría de los constructores de automóviles, por no decir en su totalidad, de procedencia estadounidense, europeos y asiáticos, ofrecen al mercado varios de sus unidades equipados netamente con tecnología *flex fuel*.

2.3.1. Sistema *flex fuel* de primera generación.

Figura 6. Esquema de inyección Bosch de primera generación.



Fuente: (BOSCH, 2013)

El esquema del sistema BOSCH *flex fuel*, (Figura 6) fue la pionera utilizado en 1998 y se tomó como un punto de partida para la evolución de las siguientes generaciones que se las describirá más adelante en su momento. Por otra parte, como ya se comentó con anterioridad que fueron tres empresas implicadas en el desarrollo de la tecnología *flex-fuel*, el esquema básico y el principio de funcionamiento del uno al otro no varía significativamente.

En la figura 6 se observa de forma esquemática los componentes principales del sistema de inyección electrónica moderna equipado en cualquier vehículo moderno

que se encuentra en el parque automotor del Ecuador, a este esquema lo adicionan algunos ítems especiales en lo que es hardware del sistema *flex-fuel* de primera generación, como son los apartados (2 3 4 5), que a continuación se tratará.

2.3.1.1. *El arranque en frío.*

Debido a las propiedades del etanol combustible, es imposible arrancar el motor a temperaturas bajas (por debajo de 5°C), o si lo hace, es con mucha dificultad, por tal razón cuenta con el sistema *cold start*, siendo sus elementos; un depósito pequeño solo para la gasolina con un contenido volumétrico de un litro, una bomba de combustible y un inyector que se ubica justo después de la mariposa. Tal cual se manifiesta con los números (2 3 4 5) de la figura 6 y todos se encuentran ubicado en el mismo compartimiento del motor (figura 7).

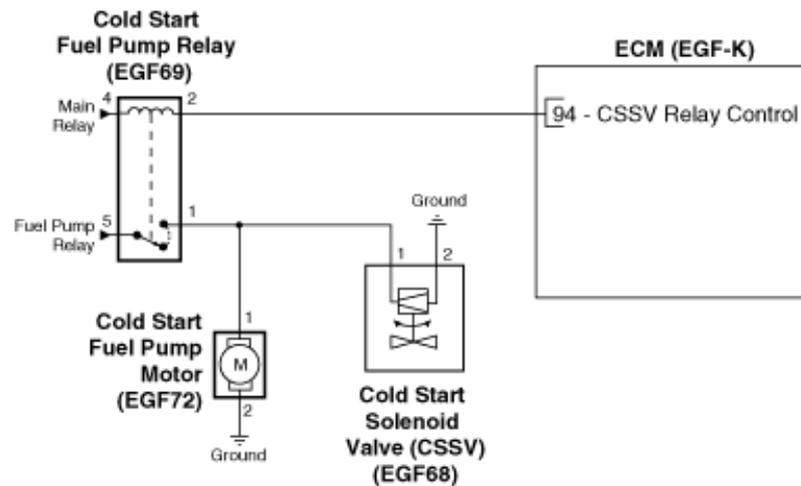
Figura 7. Elementos del sistema cold start



Fuente: (BLOGAUTO, 2008)

La bomba de combustible y el inyector son controlados totalmente por la ECU, a través de un solo relé tal como está ilustrado en el circuito eléctrico de la figura 8. Una vez puesto el motor en marcha la ECU toma información de sensores fundamentales y lo desactiva por completo al sistema *cold start*, y al mismo tiempo empieza a funcionar el sistema principal del *flex fuel* sin que el motor experimente cambios.

Figura 8. Circuito eléctrico del sistema cold start.



Fuente: (KIA, 2013)

2.3.1.2. Sensor de Etanol.

El *flex fuel sensor* (Figura 9) está a cargo de informar a la ECU el porcentaje de bioetanol en la gasolina y su temperatura, debido que, es de gran importancia conocer con precisión la relación de alcohol/gasolina para que el motor funcione correctamente en cualquiera que sea la situación.

Figura 9. Sensor flex fuel.

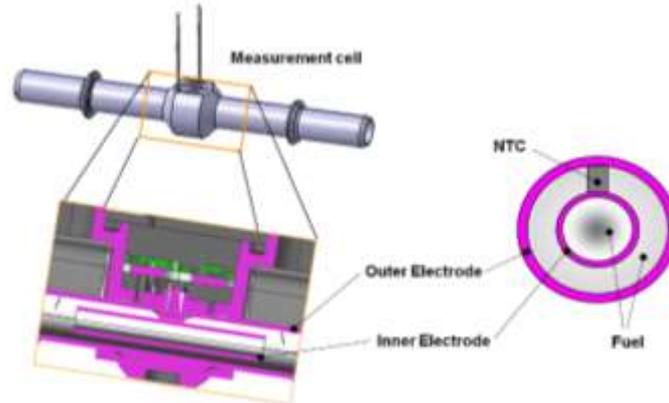


Fuente: (Haltech)

El sensor consta básicamente con dos tubos que hacen de electrodo exterior e interior correspondientemente como se aprecia en la figura 10, mientras que el combustible que fluye a través de estos dos electrodos actúa como un dieléctrico de un condensador, permitiendo así, la medición de capacitancia y conductancia, siendo la frecuencia de oscilación de la capacitancia una función directa al contenido de bioetanol en la gasolina. Tal información recibida por el microprocesador al igual que la temperatura del combustible emitido por un termistor NTC, son procesadas

por la ECU para dosificar la cantidad de combustible conveniente en cada condición de funcionamiento del motor, de manera que se obtenga la mayor potencia con menos residuos contaminantes (CLEMSON, 2008)

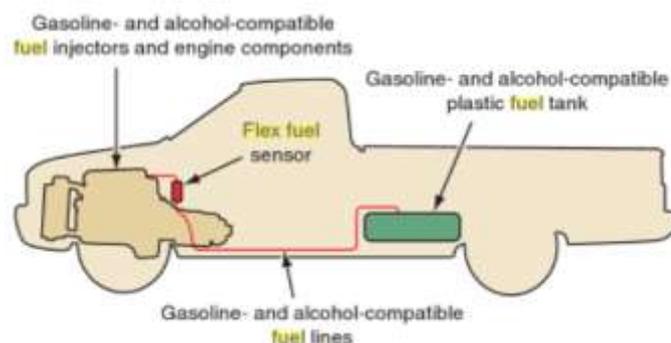
Figura 10. Sensor flex fuel seccionado



Fuente: (Clemson, 2008)

El sensor se encuentra alojado en el interior del depósito junto a la bomba o en la línea de combustible que alimentación al motor, siendo la segunda ubicación descrita la ideal, tal cual se aprecia en la figura 11, debido a lo manifestado en el párrafo anterior, y con el fin de obtener la respuesta inmediata se debería elegir la ubicación más cerca posible al riel de los inyectores.

Figura 11. Diagrama de alimentación



Fuente: (Erjavec, 2009)

2.3.2. *Flex-fuel* de segunda generación.

Magneti Marelli aportó con nueva tecnología al campo de los automóviles FF, con el lanzamiento de la segunda generación de este sistema en Marzo del 2003, cambiando el sensor físico de combustible por un Sensor de *Flex fuel software* (SFS) (Figura 12). Gracias a esta tecnología, especialmente diseñado para los usuarios brasileños,

el propietario elige el tipo de combustible a utilizar en su coche, puesto que, el sistema es capaz de gestionar la combustión de alcohol, gasolina o la mezcla de los dos combustibles en cualquiera que sea su proporción, con tal rapidez y exactitud. Magneti Marelli se convirtió así, en el líder en el segmento de los biocombustibles en el mercado de Brasil, proporcionando su sistema para Fiat, Ford, Mitsubishi y Volkswagen

Figura 12. Microprocesador SFS.



Fuente: (Borletti, MAGNETI MARELLI, 2012)

El SFS incorpora un microprocesador de 32 bits con una estructura de hardware modular que se adapta a todas las diversas arquitecturas del vehículo, el software de gestión innovadora identifica la mezcla de gasolina/etanol por medio de un sofisticado algoritmo de cálculo complejo, recepta la información de todos los sensores en especial del sensor LAMBDA a tiempo real y con precisión del 99%, para procesarlas constantemente a una frecuencia de hasta un ciclo por milisegundo y brindar la modificación de los parámetros adecuados, a fin de que el motor desarrolle su potencia máxima con un consumo mínimo de combustible (MAGNETI MARELLI, 2012).

2.3.3. Sistema *Flex-fuel* tercera generación.

El sistema *Flex* de tercera generación combina los productos desarrollados por MM, como es; el SFS, el nuevo inyector Eco Pico, ECS (sistema de encendido resfriado que no requiere aceite), son partes desarrollados especialmente para la generación de nuevos motores *flex fuel*.

2.2.3.1. *Inyector Eco Pico.*

Los inyectores Eco PICO fabricados por MM (figura 13) y al igual que Multec 3.5 por Delphi, implementan un diseño único, además de soportar físicamente el alto poder corrosivo del etanol, están equipadas con boquillas especiales que garantiza el suministro de combustible demandado por el motor en todas las condiciones de manejo en cualquiera que sea el porcentaje de mezcla bioetanol/gasolina. (MAGNETI MARELLI, 2011)

Figura 13. Inyector Eco Pico



Fuente: (MAGNETI MARELLI, 2010)

Estos inyectores comandadas por el control del SFS, permite que el sistema FF garantice las más altas exigencias del motor en términos técnicos, como; potencia, par motor, consumo de combustible y emisiones contaminantes bajas. Debido a que después de la ECU, el inyector es el segundo elemento fundamental en la gestión de combustible para los motores, especialmente en este sistema, debido que el etanol contiene 30% de energía menos que la gasolina y se debe recompensarse esto de cualquier forma en el motor FF, por lo tanto, se necesita aumentar el flujo de mismo en un 30%, pero capaz de continuar manteniendo la baja demanda en ralentí (Borletti, 2010). De esta manera siendo un contribuyente más, para reducir el

consumo de combustible hasta en un 3% y un 20% de las emisiones emitidas al implementar dicho inyector, que cumple con las características descrita en la tabla 6.

Tabla 6. Características del Inyector Eco Pico.

Características principales	
Rango de presión	0,3 a 0,5 MPa
Rango de flujo estático	0,33 a 0,66 l/min
Manejo de corriente	0,8 Amp
Forma de rociado	Rociado simple o multiples

Fuente: (MAGNETI MARELLI, 2010)

2.2.3.2. Sistema ECS.

La ECS (*Etanol sistema Cold*) es un innovador sistema de arranque en frío, con una aparecía física muy similar a la figura 14, protegido por varias patentes internacionales, el cual consiste de dos resistencias ubicados en el interior de la línea de combustible para calentar el mismo, y de esta manera asegura la óptima combustión en el motor e incluso a muy bajas temperaturas con el etanol puro, el alcohol combustible puro calentado garantiza la adecuada combustión en el motor durante las primeras revoluciones, disminuyendo así, el consumo de combustible y las emisiones contaminantes (Borletti, MAGNETI MARELLI, 2011)

Figura 14. Etanol sistema Cold ECS



Fuente: (EKOS natura, 2011)

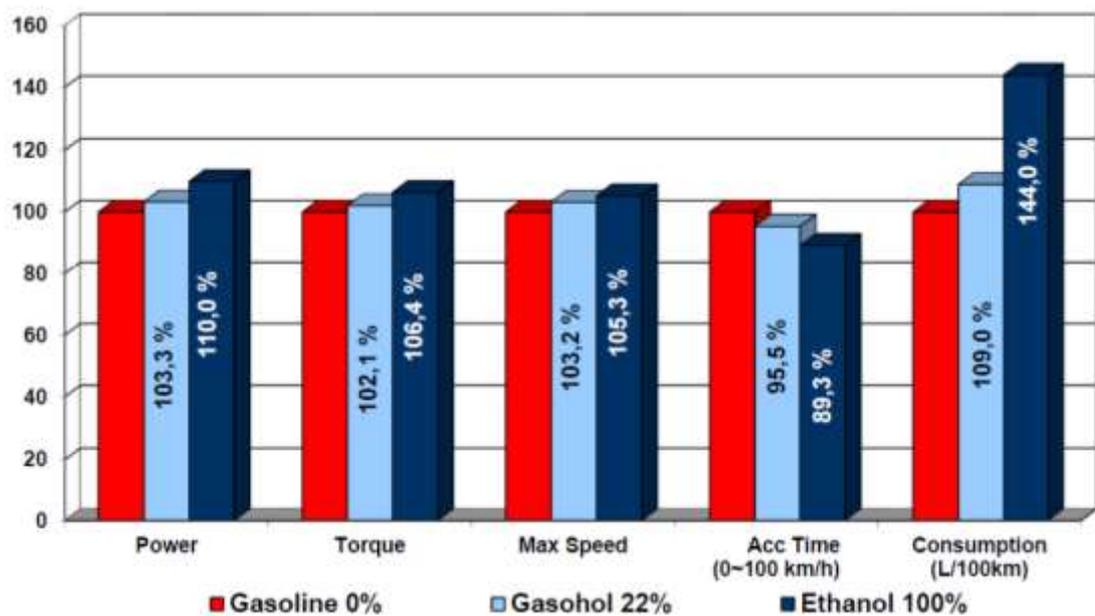
2.3.3.3. Bujías.

Las bujías utilizadas para los motores actuales de combustible FF, son muy diferentes a los que se utiliza en motores a gasolina, dado que, estas bujías especiales tienen el grado térmico más frío y el electrodo de alambre es más ancho para una mejor transferencia de calor. Las bujías estándar por ningún motivo se deben instalar en este sistema, debido a que puede producirle comportamientos raros al motor. (ford forums, 2009)

2.4. Rendimiento del motor.

El rendimiento de potencia, comportamiento y desempeño de los FFVs tiende a ser el mismo o a un mejor que a un vehículo equipado netamente a gasolina, debido a las propiedades del flex fuel, si bien para concentraciones elevadas de bioetanol, a pesar de presentar menor poder calorífico se refleja mejoras en cuanto a la eficiencia del motor, gracias a la menor temperatura en la ignición y al mayor volumen de los productos de combustión, aunque conlleva como efecto final de consumo en los motores actuales en un 25% a 30% más elevado que la gasolina.

Tabla 7. Rendimiento del motor FF.



Fuente: (Henry, 2013)

Con la tecnología de última generación, el cual automáticamente compensa la cantidad de combustible y realiza la calibración necesaria al porcentaje de bioetanol añadido en la gasolina, con tal rapidez de manera que el desempeño de potencia y

aceleración no se vea afectado significativamente, en la tabla 7 se puede distinguir claramente las barras; la potencia, el torque y la máxima velocidad que sobrepasan a los motores a gasolina, sin embargo repercute negativamente en el tiempo de aceleración y consumo.

En el futuro, la adopción de conceptos más avanzados en cuanto a la ingeniería de motores, como; la inyección directa, índices de compresión más elevados y el sistema de turbo alimentación inteligente, podrá ocasionar importantes beneficios en el consumo específico de los motores a *flex-fuel*. (EPA, 2010)

2.5. Contaminación.

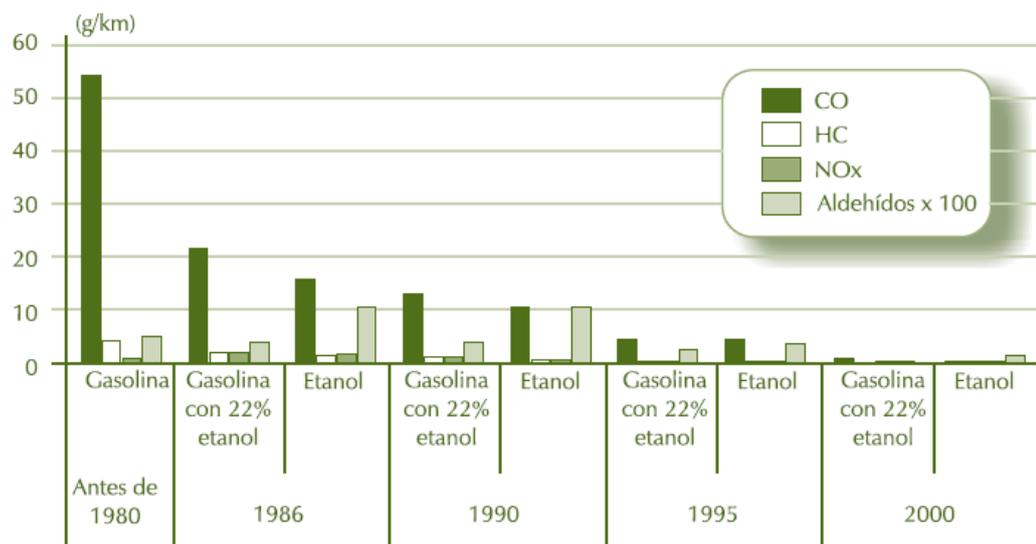
En los sistemas de primera y segunda generación del flex-fuel, el motor de un FFV se enciende básicamente con el contenido de gasolina, dando como consecuencia hasta cierto punto un aumento de las emisiones de CO y HC en la fase de puesta en marcha. Además sin importar el tipo de combustible, el catalizador no inicia su trabajo inmediatamente después de la ignición, esto significa que, durante unos 10s aproximadamente las emisiones de HC, NO_x y CO pasan por el catalizador con una significativa porción de combustible sin quemar, pero con el transcurso de aproximadamente de un minuto que toma llegar a su temperatura de funcionamiento óptimo, el catalizador va estar en pleno funcionamiento dando como resultado una disminución drástica del HC y CO. (BEST, 2010)

Las emisiones de la combustión producidas por los motores de los FFVs son muy bajas en comparación a los de gasolina típico, debido a que, el bioetanol se quema de manera más eficiente que la gasolina una vez puesta en marcha el motor y a temperatura adecuada, siendo así que sus emisiones totales de HC, CO y SO_x están muy por debajo de los requerimientos legales, en cambio para la cantidad de NO_x no se ha modificado, puesto que depende de las características del motor o en caso contrario puede elevarse al igual que los aldehídos.

En cierta medida, con el uso de los catalizadores, la reducción de los contaminantes se ha llegado a niveles tolerables y sin agravantes. En la tabla 8 se manifiesta que. *“Actualmente, la emisión media de aldehídos en los vehículos nuevos brasileños es de 0,014 g/km para los vehículos a etanol y 0,002 g/km para los vehículos a gasolina (la gasolina de referencia para las pruebas de emisión contiene un 22% de etanol*

anhidro), inferiores al límite de 0,030 g/km establecido por la legislación ambiental brasileña en el 2006". (Carvalho, 2008)

Tabla 8. Emisiones de un FFV



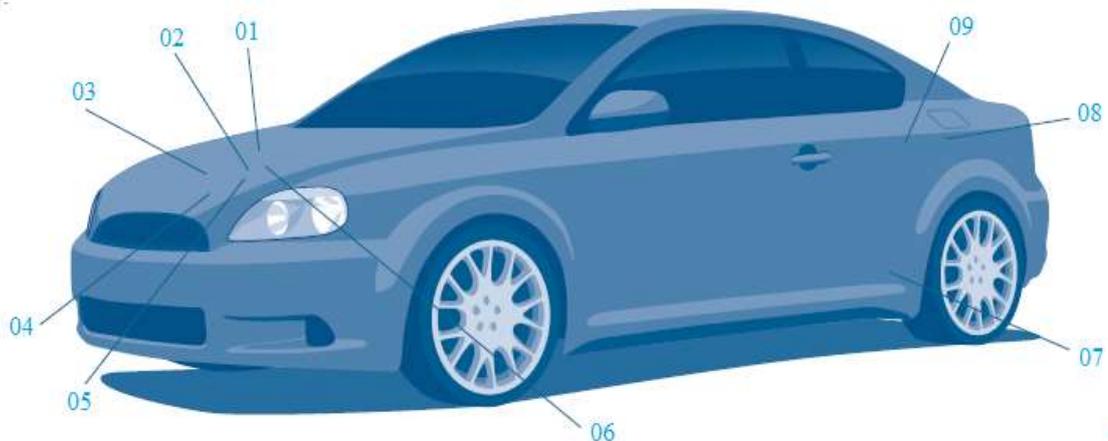
Fuente: (Carvalho, 2008)

CAPITULO III

ESTUDIO PARA CONVERTIR EL VEHÍCULO CORSA EN UN *FLEX-FUEL VEHICLE*

En el presente capítulo se va analizar los principales sistemas del vehículo Chevrolet Corsa *Evolution* 1,4 del año 2007, con el fin de verificar la compatibilidad para la adaptación del módulo FF sin ninguna modificación mecánica del motor y obtener un rendimiento igual o muy similar a uno que funciona netamente a gasolina, ya que en caso contrario de utilizar el FF en un vehículo que funciona a gasolina, sin el análisis previo de cada uno de las partes involucradas que se resalta en la figura 15 para la adaptación del módulo E85 o el *flex fuel module*, el conductor sentirá una aceleración muy pobre, un aumento sustancial en el consumo de combustible y el daño total o parcial de algún sistema del coche.

Figura 15. Partes involucradas en un FFV



Fuente: (Clean Cities, 2008)

- 1) Conexiones eléctricas del sistema de combustible.
- 2) Sistema de control electrónico del motor actual.
- 3) Partes internas del motor.
- 4) Sistema de ignición.
- 5) Sistema de inyección de combustible.
- 6) Riel y líneas de combustible.
- 7) Tanque de combustible.
- 8) Filtro de combustible.
- 9) Soporte de alojamiento y bomba de combustible.

En la ficha técnica de la tabla 9 proporcionado por el fabricante se encuentran datos primordiales para dar comienzo con el análisis de diversos elementos del coche tal como; sistema de alimentación y encendido totalmente electrónica. En caso que no hubiese contado con esta tecnología, de entrada ya no se puede realizar la adaptación del sistema *flex – fuel*.

Tabla 9. Ficha técnica del Chevrolet corsa evolution del año 2007

Ficha técnica Corsa Opel C 2007	
Tipo de motor	Powertech 1,4 SOHC
Cilindrada	1389 cc
Relación de compresión	9,5: 1
Potencia máxima	83,7 hp a 6000 rpm
Torque máximo	114 Nm a 3000 rpm
Diámetro por carrera	77,6 x 73,4 mm
Material de la culata	Aleación de aluminio (Al, Si, Cu, Mn, Mg)
Material del bloque motor	Hierro fundido (fundición gris)
Bujías de encendido	FLR8LDCU con separación de 0,9-1,1mm
Presión de la línea de combustible	3,8 – 4,0 bar
Grado de aceite del motor	SAE 10W30
Sistema de alimentación electrónica	Multec Delphi MPFI
Sistema de encendido	DIS

Fuente: Autodata 2009

3.1. Inspección de los sistemas originales del Corsa.

Algo fundamental previo a al análisis de cualquier sistema del vehículo, es recomendable verificar el estado de todos los sistemas que intervienen en el buen funcionamiento del motor, en especial el sistema de control electrónico, el cual debe ser chequeado con más énfasis y grabados los todos los datos de los sensores sin excepción, con el motor y vehículo en marcha.

3.1.1. Chequear el aislado eléctrico en su totalidad.

Inspeccionar visualmente todas las líneas eléctricas del motor, que no se encuentre con ningún deterioro del aislante o en caso de tener algún empalme debe ser bien aislado. En especial los cables que se conectan a la bomba y a la boya de combustible (figura 16), por el hecho de que, se encuentran sumergidos en el combustible del tanque.

Figura 16. Conjunto de alojamiento la bomba de combustible



Fuente: (BOSCH, 2013)

3.1.2. El sistema de control electrónico del motor actual.

El coche cuenta con el sistema Multec-S/F, es decir que gracias al software cargado en la ECU puede monitorear la cada instante la información como; los gases de escape, temperatura del motor, cargas adicionales, para procesarlas y ordenar las correcciones de avance de encendido y pulsos de inyección.

3.1.3. Partes internas del motor.

En cuanto a los materiales con el que está construido el motor no se lo realizó ningún estudio técnico, solo se basó en la teoría que los materiales usados para la construcción de motores de este año, los cuales ya utilizaban aleaciones de materiales especiales con contenidos lubricantes, el cual evita el desgaste por fricción entre elementos móviles. (BOSCH, 2005)

En cuanto al aceite para el motor de un FFV, los fabricantes en sus especificaciones técnicas de mantenimiento lo describen su marca de aceite recomendada a fin de que

el usuario no pierda su garantía, sin embargo los aceites comercializados comúnmente en el mercado y que cumplan con las reglas SAE o API actuales se puede ponerle en el motor que se lo ha adaptado el sistema de combustible FF, dichos aceites son capaces de proteger el desgaste de los elementos interno del motor. Pero, algo importante que se debe tomar en cuenta es, de no variar la densidad especificada por el constructor y su kilometraje de cambio del aceite. (Kendall, 2012)

3.1.4. Sistema de ignición.

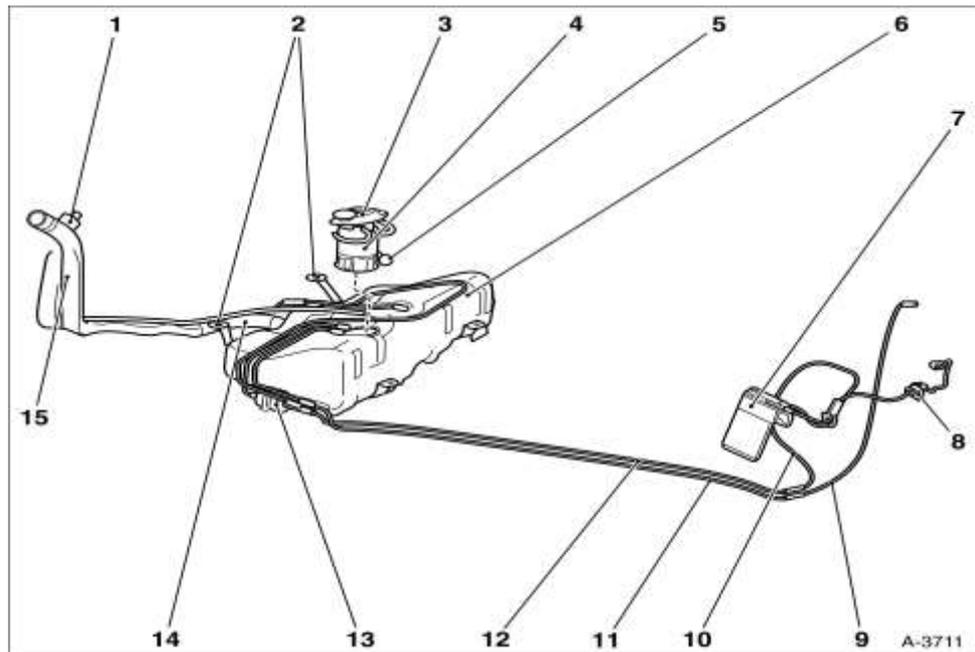
En cuanto al encendido, el vehículo está equipado netamente de fábrica con el sistema de *Direct Ignition System* (DIS), un sistema actual de control totalmente electrónico y que proporciona un voltaje de 1200 a 1800 voltios lo suficientemente necesario para que la bujía transmita la chispa adecuada.

3.1.5. Sistema de alimentación.

Basándose en la ficha técnica, el coche cuenta con el sistema de alimentación de combustible MPFI, es decir que, está equipado con una inyección indirecta de control electrónico total para cada cilindro del motor. En cuanto al depósito de combustible, línea de alimentación, riel y la línea de la recirculación de gases del combustible (figura 17) del vehículo corsa está construido con materias primas de plásticos sintéticos muy resistentes al alcohol combustible, es decir que, cumple satisfactoriamente el requisito para el almacenamiento y flujo del dicho combustible sin contaminar al mismo.

A veces se puede encontrar con un filtro de combustible metálico, el cual debe ser remplazado por una de estructura plástica, que si se encuentra normalmente en los almacenes de repuestos automotrices. Y en caso de encontrar algún tramo en la línea de alimentación de manguera común para la gasolina o de metal, tiene que ser sustituido por una manguera resistente al alcohol combustible.

Figura 17. Vista panorámica de los sistemas de alimentación y de drenaje del canister.



- | | |
|--|---|
| 1. Separador del vapor del combustible. | 2. Cintas de fijación. |
| 3. Tapa de la abertura para mantenimiento. | 4. Bomba de combustible. |
| 5. Flotador, medidor de combustible. | 6. Tanque de combustible. |
| 7. Canister de carbón activado. | 8. Válvula de control del canister. |
| 9. Manguera de combustible delantera. | 10. Manguera delantera para eliminación de gases. |
| 11. Manguera central de combustible. | 12. Manguera central para eliminación de gases. |
| 13. Filtro de combustible. | 14. Manguera de llenado de combustible. |
| 15. Tubo de llenado de combustible. | |

Fuente: Manual de taller del corsa, grupo L

3.2. Pruebas de laboratorio.

3.2.1. Flujo de combustible entregado por la bomba.

A razón de que el sistema FF funcione beneficiosamente se debe realizar las mediciones del flujo de combustible entregado por la bomba. Lo cual se tomó datos de varias medidas para calcular el promedio.

El volumen de gasolina entregado fue de 400ml en un tiempo de 07,43 segundos, esto realizando una regla de tres simple se tiene que es;

$$\begin{array}{lcl} 400ml & \rightarrow & 7,43 s \\ x & \rightarrow & 1 s \end{array}$$

$$x = 53,8 \text{ ml/s}$$

Que da igual a decir que la bomba entrega un caudal de $53,8 \text{ cc/s}$.

Figura 18. Medición del caudal de la bomba.



Fuente: Autor

3.2.2. Flujo de combustible entregado por los inyectores.

Para la prueba de cuanta cantidad de combustible que surte el inyector se basa de acuerdo a los parámetros en la cual el motor brinda su máxima potencia como lo describe la ficha técnica del auto, la medición se realizó en el banco de pruebas para inyectores a gasolina Launch

Figura 19. Medición del caudal del inyector



Fuente: Autor.

Siendo la presión con el que trabaja de 3,8 bar y a 6000 revoluciones por minuto, el inyector permitió el paso de 63 ml dentro de un tiempo de 53,22 segundos.

Se Realizó las respectivas conversiones de unidades que nos servirá para resolver el trabajo investigativo.

$$\begin{array}{rcl} 63ml & \rightarrow & 53,22 s \\ x & \rightarrow & 1 s \end{array}$$

$$x = 1,2 \text{ ml/s}$$

Dicho caudal del inyector puede variar en el vehículo, debido a la configuración que contiene la ECU, o sea el mapeo de la programación que corrige el tiempo de apertura del inyector, en comparación con el tiempo de inyección que contiene el banco de pruebas.

3.2.3. Cálculos.

Se realizó en base a los datos tomada de la ficha técnica y del libro de Termodinámica:

Potencia; 83,7 hp

Relación de compresión; 9,5:1

Cilindrada; 1389 cc.

Revoluciones; 6000 rpm.

1. Se transforma la unidad de medida de la potencia con el factor de conversión.

$$1hp = 0,746kW \quad \text{Factor de conversión (YUNUS A. CENGEL, 2003)}$$

$$\text{Entonces } 83,7 \text{ hp} \times 0,746 = 62,44kW$$

2. Aplicando la fórmula de la potencia de la ecuación 1, se despeja el trabajo neto de salida del todos los 4 cilindros, despejando las unidades en $\frac{kJ}{ciclo}$.

$$Potencia = w_{n \text{ sal}} \times n_{rpm} \quad \text{Ec. 1; Potencia motor ciclo Otto (Termodinámica II 2009)}$$

Donde;

$P = Potencia$

$w_n = Trabajo \text{ neto de salida}$

$n_{rpm} = numero \text{ de revoluciones}$

$$w_{n\ sal} = \frac{62,44 \text{ kJ/s}}{6000 \text{ rev/min}}$$

$$w_{n\ sal} = 1,25 \text{ kJ/ciclo}$$

*este valor se divide para los 4 cilindros y es de; 0,31 kJ/ciclo
potencia aportado por cada cilindro del motor*

3. Con la ecuación 2 se calcula la eficiencia del rendimiento térmico del motor.

$$Rt = 1 - \frac{1}{(Rc)^{K-1}} \quad \text{Ec.2; Eficiencia térmica del ciclo Otto (YUNUS A. CENGEL, 2003)}$$

Donde;

Rt = Rendimiento térmico

R_C = Relación de compresión

K = Relación de calores específicos

$$Rt = 1 - \frac{1}{(9,5)^{1,33-1}}$$

$$Rt = 0,52$$

4. Con los dos datos obtenidos en los pasos anteriores y aplicando la ecuación 3, se obtiene la energía de entrada.

$$Rt = \frac{w_{n\ sal}}{Q_{ing}} \quad \text{Ec. 3; Rendimiento térmico (YUNUS A. CENGEL, 2003)}$$

Donde;

Rt = rendimiento térmico

w_{n sal} = Trabajo neto de salida

Q_{ing} = energía de ingreso

$$Q_{ing} = \frac{0,31 \text{ kJ/ciclo}}{0,52}$$

$$Q_{ing} = 0,60 \text{ kJ/ciclo}$$

5. Con la siguiente fórmula de la ecuación 4 se puede conocer la masa de la gasolina que ingresa al cilindro. En función de su poder calorífico, dato que se toma de la tabla 10. Energía de ingreso

$$Q_{ing} = e \times m_c \quad \text{Ec. 4; Forma de energía. (YUNUS A. CENGEL, 2003)}$$

Donde;

$e = \text{poder calorífico}$

$m_c = \text{masa de combustible por ciclo}$

$Q_{ing} = \text{energía de ingreso}$

$$m_c = \frac{0,60 \text{ kJ/ciclo}}{43397 \text{ kJ/kg}}$$

$$m_c = 1,37 \times 10^{-5} \text{ kg/ciclo}$$

6. Una vez obtenido la masa de la gasolina, se procede a determinar la cantidad necesaria, para la cual se realiza multiplicaciones por el número de revoluciones máximas del motor (rpm), por la densidad del combustible, y se realiza transformaciones de unidades para obtener el volumen de combustible consumible, se representa en $m_v = \text{cc/s}$.

Vale recalcar que el cálculo solo realizó para un cilindro del motor.

Donde;

$m_v = \text{volumen consumible por ciclo}$

$$m_v = 0,92 \text{ cc/seg}$$

7. Ahora, se procede con los mismos pasos del 1 al 6 para las concentraciones de bioetanol de E10, E20, E50, E75, E85 y E100 tomando el valor del poder calorífico y la densidad de la tabla 10, para luego describir los resultados en la columna de combustible necesario.

NOTA: se sacó un promedio del poder calorífico y de la densidad para el E75 y poder realizar el cálculo. Debido a que no se encontró datos científicos.

Tabla 10. Consumo de combustible a diversos porcentajes del FF

Mezcla combustible	Poder calorífico kJ/kg	Densidad g/cc	Combustible consumible por ciclo cc/s	Flujo del inyector cc/s	Flujo de la bomba cc/s
E0	43397	0,7426	0,92	1,2	53,8
E10	41470	0,7449	0,96		
E20	39530	0,7512	1		
E50	34380	0,7666	1,13		
E75	30540	0,7803	1,25		
E85	29200	0,7854	1,3		
E100	26700	0,794	1,4		

Fuente: Autor

De acuerdo con los datos de medición y cálculos obtenidos en función de la potencia y el motor estándar se observa claramente que, hasta el 20% de concentración de bioetanol en la gasolina, el inyector abastece sin ninguna dificultad. Mientras que para el E50 ya está llegando a un rango muy crítico y podría repercutir en el desempeño del motor, debido a que la ECU realiza modificaciones según la carga que tenga que superar el motor. Entonces como máximo se puede implementar al combustible E50.

3.3. Módulo de conversión flex a implementar.

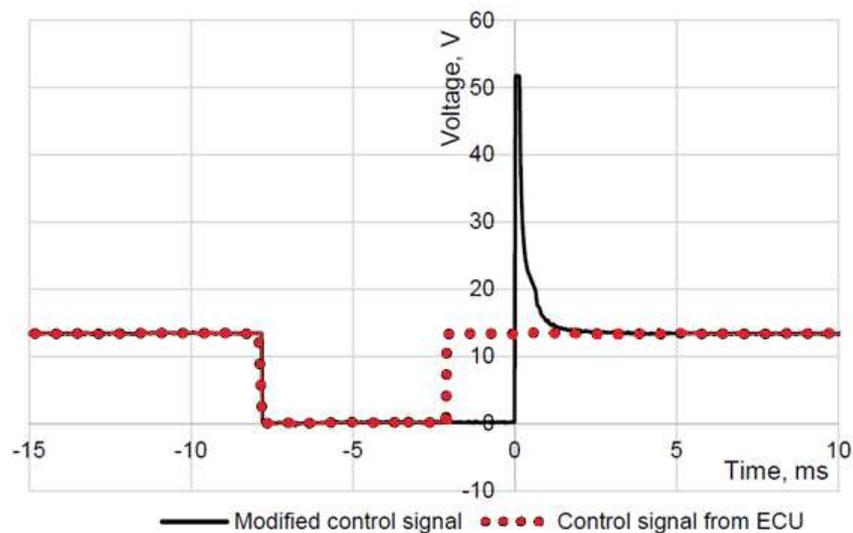
El principio de funcionamiento del módulo E85 como se lo conocen o el módulo *Flex-fuel* trabaja como un amplificador de la señal del pulso de inyección (tiempo de trabajo del inyector), que es controlada y emitida por la ECU, debido que al alterar el

pulso de inyección, se introduce más combustible a los cilindros y así compensar el menor poder calorífico del bioetanol.

La amplificación es necesaria, a pesar que la relación estequiometria para el FF es inversamente proporcional al contenido de bioetanol en la gasolina, esta amplificación del tiempo de apertura del inyector se lo realiza de dos formas, dependiendo del hardware y software que usa dicho modulo.

a) Una forma de hacerlo es, por medio de amplificadores electrónicos, la señal dada por la ECU del vehículo es alterado y enviando a los inyectores con el pulso de apertura más ancha, debidamente calculado y programado por el módulo *flex-fuel*, tomando en cuenta la temperatura del motor y en algunos casos el porcentaje de bioetanol en la gasolina. En la figura 20 se nota la diferencia entre el pulso de inyección normal con una señal modificada, siendo la gráfica entre puntada de color roja la normal y la gráfica continua la señal modificada por el módulo E85, que en este caso existe una diferencia de 2,5 ms en el tiempo de apertura del inyector.

Figura 20. Señal original y modificada del inyector.

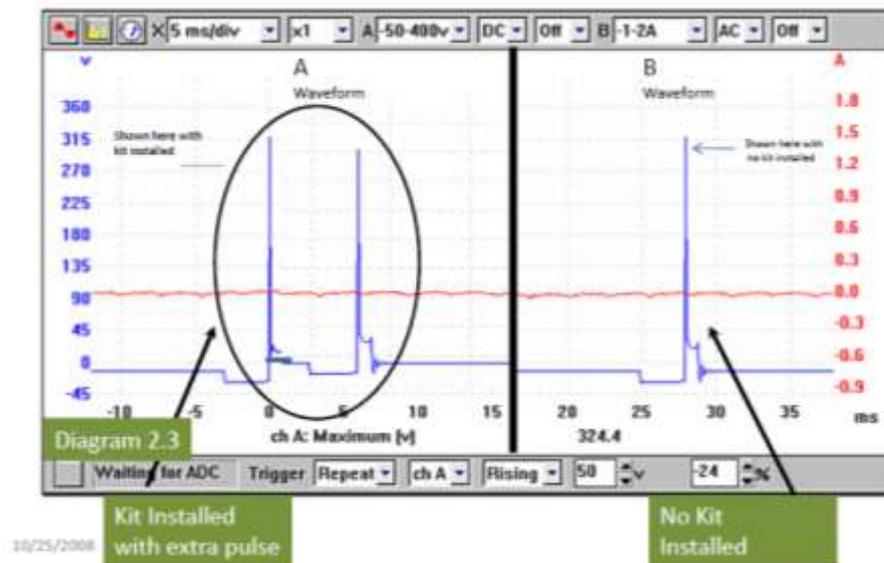


Fuente: (Pirs, 2013)

b) La segunda forma es por medio de un pulso adicional, es decir, existen dos pulsos de inyección en la fase de admisión del motor, el pulso principal que es emitida por la ECU pasa directamente al inyector a través del módulo E85 y enseguida el mismo módulo emite un pulso secundario, dicho pulso secundario toma solo un porcentaje del original, dependiendo en qué circunstancias se encuentra el

motor y el tipo de combustible que se encuentre utilizando, siendo siempre menor el pulso secundario. En la figura 21 a lado izquierdo (pantalla A) se aprecia los dos pulsos de inyección una vez adaptado el módulo E85 y a lado derecho de la misma figura 21 (pantalla B) se manifiesta el pulso de inyección normal.

Figura 21. Pulso de inyección con y sin el módulo E85.



Fuente: (Xpertech Inc, 2008)

3.3.1 Instalación del módulo BIOadapter y BioETUN. (EZ85 FLEX FUEL)

- Montar el módulo E85 únicamente con el motor apagado y cuando se encuentre frío, utilizando el equipo de protección personal adecuado.
- Colocar el sensor del bioetanol lo más cerca posible del riel de los inyectores con los acoplos adecuados.
- Localizar los conectores originales de los inyectores, desconectar adecuadamente sin que se maltrate o se rompa los seguros.
- Con el motor apagado, el switch en la posición ON y utilizando una lámpara de pruebas o un multímetro, identificar el voltaje constante que existe en uno de los dos cables que llegan a cada uno de los inyectores.
- Verificar que el conector del adaptador sea exactamente el adecuado para el tipo de inyector, entre todos los conectores que viene en el kit de adaptación E85, e instale el PIN correspondiente, sin intercambiar entre el lado de alimentación con el de la señal en el conector. Que en el caso del corsa es, el Bosch EV1 de la figura 22.

Figura 22. Tipos de conectores según el sistema.



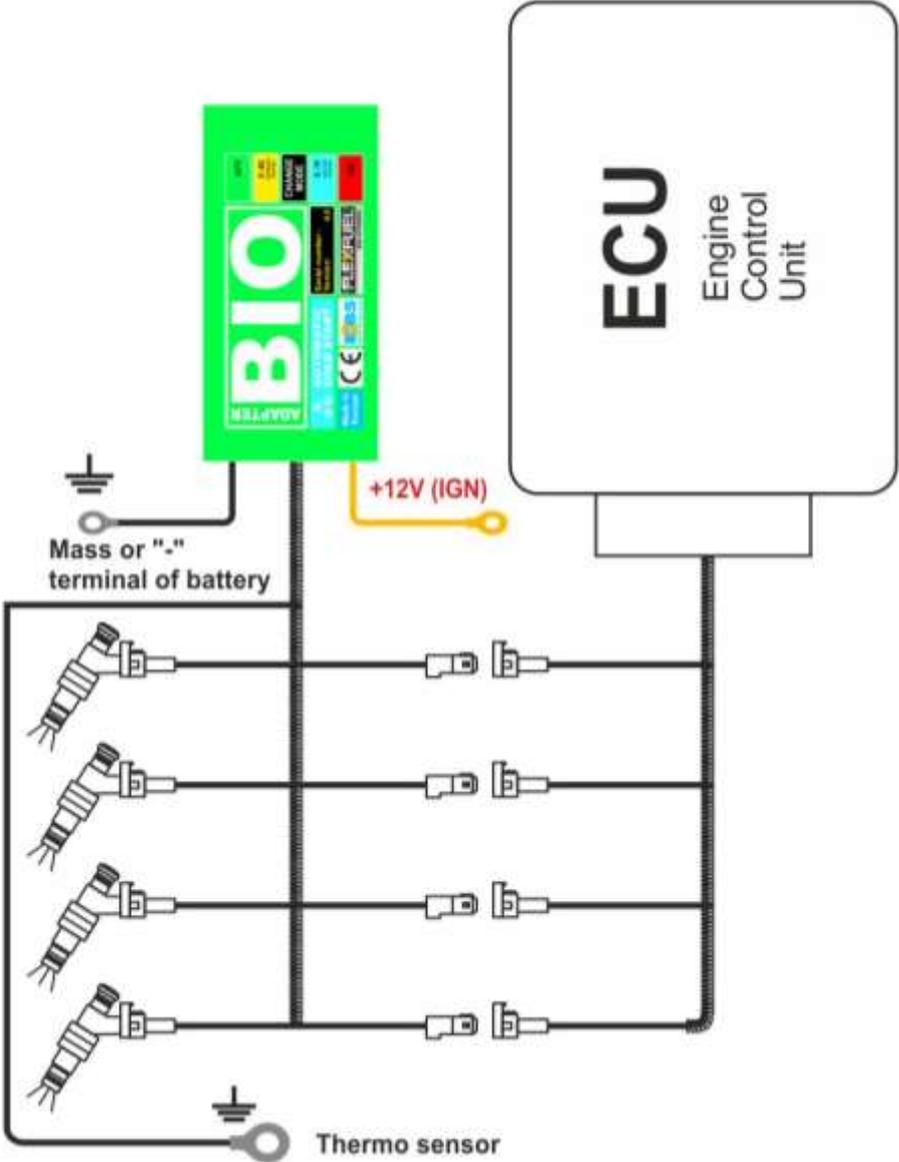
Fuente: (BIOadapter)

- Instalar de acuerdo al diagrama del manual y Fije el módulo en un lugar más adecuado, lejos del sistema de escape de gases y del radiador, a fin de evitar daños al módulo ocasionado por la elevada temperatura o por la humedad.
- Conectar los cables de alimentación, el rojo a voltaje de 12v directamente a la batería mediante un fusible de protección y el cable amarillo al cable de ignición.
- Conecte el cable negro al borne negativo de la batería o a un punto de conexión a tierra en la carrocería del vehículo, asegurándose de que la conexión eléctrica sea efectiva.

3.3.2. Módulo E85 BIOadapter.

La instalación es sencilla como se observa en el esquema de la figura 23 y una vez realizado la colocación se debe seleccionar la opción correcta para el combustible actual (gasolina, E70, E85) pulsando el botón correspondiente en el adaptador E85.

Figura 23. Esquema de instalación bioadapter.



Fuente: (BIOadapter)

A continuación se da una explicación de los puntos relevantes para el proceso de programación, y más no, como un manual de instalación, debido que el manual de servicio viene con el kit de conversión E85.

3.3.2.1. Programación.

Los diferentes modos se seleccionan secuencialmente pulsando el botón de menú (*change mode*), cada modo se diferencia por color diferente que se distingue al costado derecho de la figura 24.

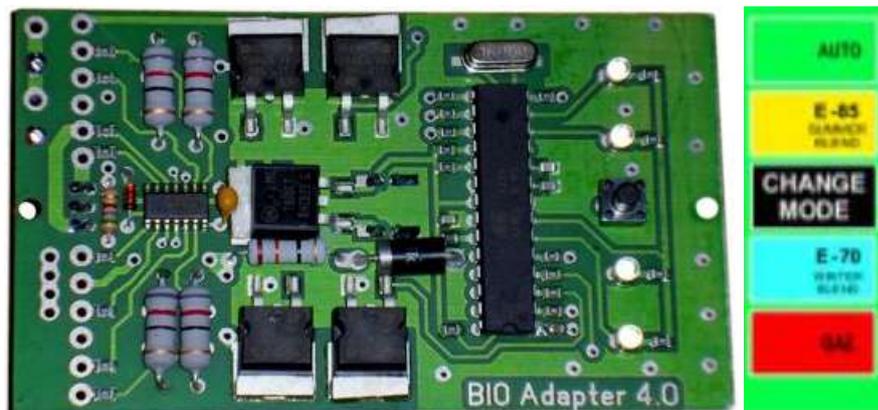
LED verde - Modo Automático (predeterminado)

LED amarillo - E85 (mezcla de verano)

LED azul - combustible E70 (mezcla de invierno)

LED Rojo – Gasolina

Figura 24. Módulo E85 Bioadapter.



Fuente: (BIOadapter)

Dentro de los elementos de servicio, se habla sobre; el rango, paso y valor por defecto, esto hace referencia al porcentaje de cuanto se va amplificar el tiempo de activación al inyector de acuerdo al modo que se encuentre activado. Por ejemplo.

Enriquecimiento de combustible en el modo E70.

Rango: 0... 155 %

Paso: 1 %

Valor por defecto: 35 %

Para entrar en el menú del módulo, active el encendido, pero no arranque el motor.

- a) Se mantiene pulsado el botón de menú hasta que todos los LEDs se enciendan.
- b) Luego hay un destello del LED azul, esto significa que está en el ajuste de enriquecimiento de combustible del modo E70.
- c) Debe pulsar otra vez el menú. El LED azul dará dos destellos, indicando que se encuentra en el ajuste de enriquecimiento de combustible para el modo E85.
- d) Con el siguiente pulso entra en el modo de ajuste de enriquecimiento de combustible automático y el LED azul emitirá tres destellos.
- e) Para pasar a la opción de arranque en frío y modificar el enriquecimiento de combustible, pulse otra vez, y el LED azul parpadeará cuatro veces.
- f) Para retornar al principio solo pulse una vez más, y el módulo lo llevará.

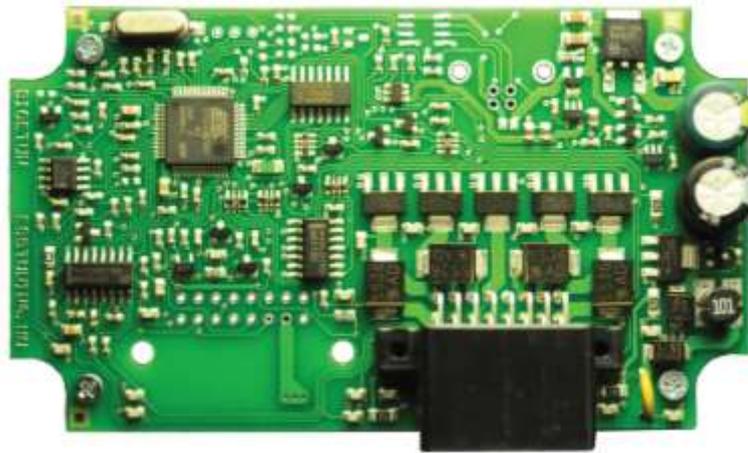
En caso que se desee modificar el enriquecimiento de combustible, en cualquiera de los modos, solo mantenga pulsado el botón para poder entrar a la modificación de parámetros.

- Los indicadores LED parpadearán. NO suelte el botón. Mantenga pulsado hasta que el LED parpadear el número de veces necesario.
- Una vez confirmado los parámetros, y si desea modificarlo. Lo hace pulsando el menú, el número de veces al que desee dejarlo.
- Para confirmar la modificación solo deje libre el pulsante y cuente el destello de la LED amarilla, debe coincidir al número de veces que se pulso en el particular superior.
- La modificación se guarda en la memoria automáticamente.

Para salir del menú solo pase la llave de la posición ON a la posición OF, los nuevos datos quedan almacenados y no se modificaran por ninguna circunstancia, al menos que, lo realice otra vez con el proceso adecuado.

3.3.3. Módulo E85 BioETUN.

Figura 25. Módulo E85 BioETUN.



Fuente: (bioETUN)

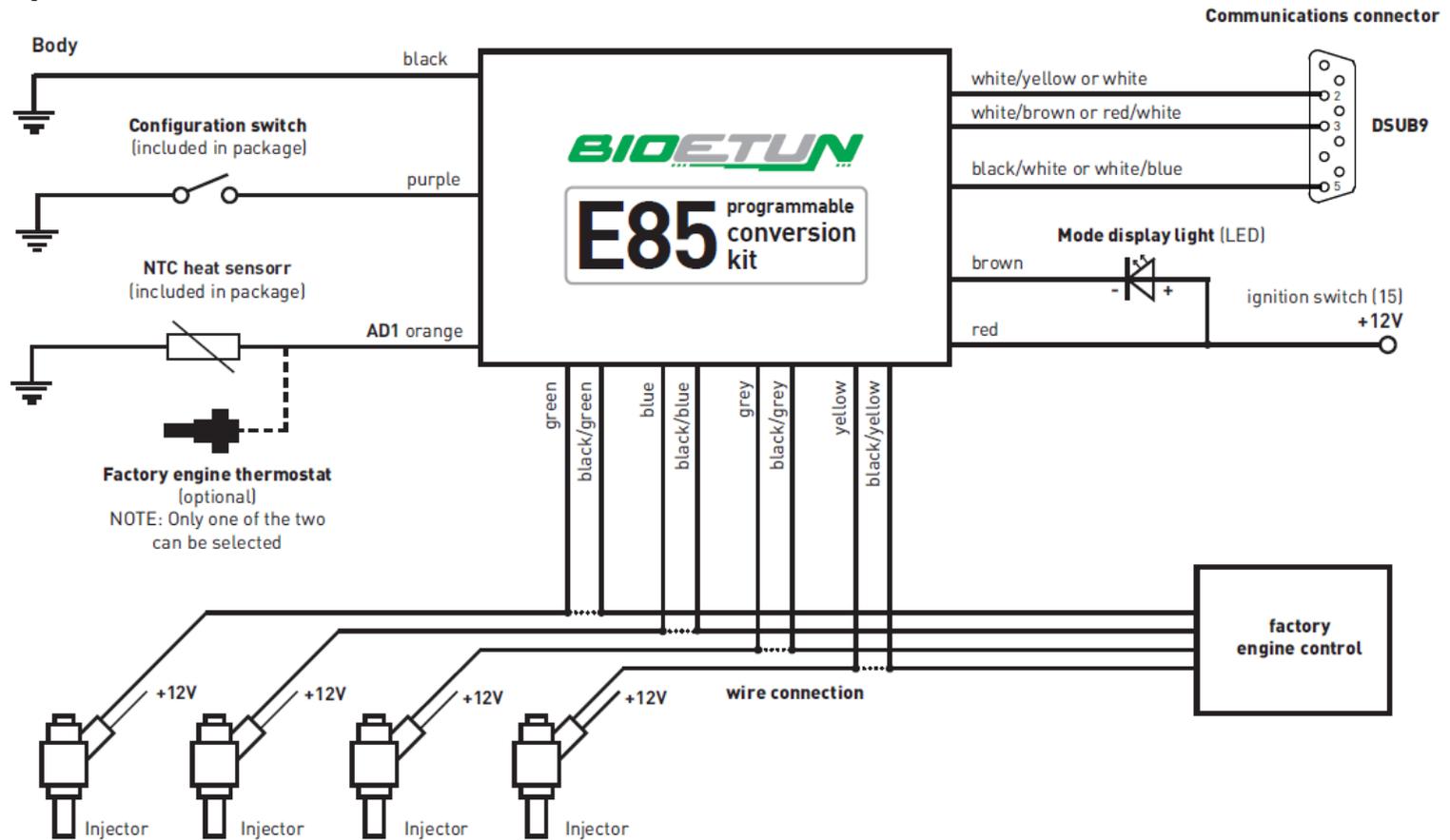
El módulo electrónico E85 de fabricación Hungrana por la casa BioETUN representado en la figura 25, emplea una electrónica más compleja en su construcción total, pero, mientras que para la instalación no cambia mucho en comparación a sus similares (figura 26), en excepción de que lleva un LED de información, el cual debe ser ubicada en un sector cerca del tablero de instrumentos para la fácil visibilidad del conductor, y viene con un termostato de tipo NTC que se debe ser pegado lo más seguro posible a la manguera que sale del motor al radiador.

Las cinco funciones que maneja este módulo, descritos en la parte de abajo, son informadas al usuario en todo momento mediante el LED de información.

- 1) El BioETUN activa – el LED parpadea tres veces (2hz)
- 2) Modo Ahorro de combustible - el LED permanece oscura
- 3) Modo Normal – el LED se enciende
- 4) Modo de velocidad – el LED parpadea (4 Hz)
- 5) Mal funcionamiento – el LED parpadea rápidamente (15 Hz)

Este módulo realiza el mismo trabajo que el descrito anteriormente pero con la adición en cuanto las calibraciones se realizan mediante un software de PC.

Figura 26. Esquema de instalación BIOETUN.



Fuente: (bioETUN)

3.3.3.1 Funcionamiento: (bioETUN)

- Cuando el sistema empieza a recibir voltaje o cuando se reinicia durante la entrada de datos, el LED de información parpadeará tres veces. Al arrancar el vehículo, permanecerá encendido hasta que el coche se pone en marcha. Esto significa que el sistema está funcionando correctamente.
- Cuando el vehículo se pone en marcha, el LED se apagará y permanecerá así. Puede acelerar o mantener la conducción a altas velocidades, y el LED permanecerá apagado mientras se mantenga dentro de los límites definidos en el programa. En el caso que se encuentre monitoreando con el software del PC, corresponde con una luz verde en el programa.
- Mientras se está conduciendo y se acelera de forma ligeramente más dinámica en el modo de ahorro de combustible, el LED se enciende, lo que indica que se puede esperar un aumento del consumo de combustible en este modo, que si sólo se enciende de vez en cuando, o si se queda sin luz. (Esto corresponde a las luces verde y azul en el programa). Los parámetros de aceleración se pueden definir a través del software de ordenador BioETUN.
- Cuando los inyectores se encuentran en máxima duración abierta para el tiempo de inyección, o el tiempo de apertura ha superado el límite establecido en el programa. Esta función está diseñada para proteger el motor de la dilución de combustible en grandes valores de RPM. Y si este umbral sobrepasa lo establecido del 99 % en el programa el LED parpadea rápidamente (15 Hz) para indicar un fallo de funcionamiento.

3.3.3.2 Programación

El sistema BioETUN comunica con el ordenador a través de un puerto serie RS232 o en caso de no contar con un puerto serial- 232, el dispositivo también se puede controlar a través de un puerto USB, con la ayuda de un convertidor serial- USB. Por lo que, se sugiere instalar el conector en un lugar fácilmente accesible, para cualquier ajuste que pudiera ser necesario a futuro.

El software para la PC que viene en el kit BioETUN es compatible con Windows Vista y Windows XP, una vez instalada y al hacer correr el programa se abrirá la ventana tal cual se muestra en la figura 27.

Figura 27. Software BioETUN Tuner 4.5.9.



Fuente: Autor

Para la explicación se ha dividido la pantalla en tres apartados:

3.3.3.2.1 Apartado N° 1.

Muestra todo el monitoreo del estado del motor, parámetros en el cual se encuentra trabajando y las modificaciones que se lo realiza.

TRIM. Se visualiza el porcentaje de los valores con el motor trabajando a condiciones normales con los valores de arranque en frío, informando cuan más se encuentra trabajando el módulo E85 en función del porcentaje de bioetanol que contiene la gasolina. Su valor siempre debe ser mayor a 100 al menos que se encuentre trabajando el motor con gasolina pura. O sea las mismas señales dadas por la ECU son las que llegan al inyector.

ACH1 y ACH2 nos informa el voltaje de entrada, en su respectiva canal.

Warm up. De acuerdo con la configuración predeterminada en el módulo, señala la compensación de operaciones. Por lo que debe mostrar valores solo al arrancar el motor en frío, caso contrario permanece en cero.

Cold start. Refleja con valores en situaciones inversas a la calefacción.

Fuel in. Indica el pulso de inyección emitida por la ECU, y el valor porcentual que se muestra es la duración de la apertura de los inyectores.

Fuel out. Son las señales que sale del módulo E85 hacia los inyectores, dicho valor siempre debe estar superando al de la entrada, porque dichas señales son amplificadas.

Switch 1. Siempre permanecerá apagado, debido a que no se utiliza.

Switch 2. Permanecerá prendido cuando el módulo se encuentre en operación de modo FF, en caso contrario si se encuentra funcionando solo con gasolina se apagará.

Cylinders. El sistema lo detecta automáticamente y los números se tornan verde, de acuerdo a cuantos inyectores se conecta, fijar en esto es muy importante, ya que se puede dar el caso que algún inyector se encuentre con una mala conexión, y el número respectivo al inyector permanecerá en rojo.

Los tres LEDs verde, azul y rojo, indican el modo actual en la que se encuentra activado el sistema, de los modos existentes de funcionamiento descritos anteriormente.

Los tres manómetros situados en la parte derecha de la pantalla, nos informan el voltaje de la batería, el porcentaje de bioetanol en la gasolina y las rpm del motor, respectivamente.

3.3.3.2.2 Apartado N° 2.

En este sitio se encuentran los mandos para el ajuste de las calibraciones necesarias, a diversos estados de trabajo del motor a fin de obtener los resultados beneficiosos, en cuanto al rendimiento del vehículo y ambientalmente, dado que es uno de los principales objetivos de este sistema.

3.3.3.2.2.1 La ventana del parámetro I.

En la figura 28 se encuentran varios mandos que se pueden modificar, aunque no todos son necesarios. Enseguida se detalla solo las recomendaciones adecuadas y necesarias que se debe manipular, porque los otros ítems por defecto ya están activados y no son necesarias cambiarlas.

Figura 28. Parámetro I del programa BioETUN Tuner.



Fuente: Autor

Ajuste Principal (*Main trim*); Es el valor de compensación, de cuanto más combustible se necesita para un buen funcionamiento a modo FF. Los fabricantes del BioETUN recomiendan que el valor ideal generalmente esta entre 18% a 28% y debe ser de acuerdo al tipo de auto específico al que se lo emplea. Debido a que el sistema de control electrónico de alimentación de combustible estándar puede llevar a cabo alguna compensación adicional, sobre la base de información de la señal lambda.

En caso de colocar un volar sobre lo recomendado, repercutiría en el consumo excesivo de combustible, dado que, el monitoreo del sensor lambda no se realiza a tiempo real, es decir, transcurre demasiado tiempo, entre el procesamiento de información y la señal emitida hacia el inyector por la ECU, dando como consecuencia de esto, que se prenda en el tablero de instrumentos la lámpara del check engine.

Temperatura del motor (*Engine temp*); Informa al módulo E85, la temperatura en la que se encuentra el líquido refrigerante del motor por medio de la entrada analógica que se lo manifestó en el apartado N° 1. Esta información se puede tomar de dos formas, la primera por medio del sensor que viene en el kit E85 de conversión o la segunda forma es tomando la señal del sensor ETC original del vehículo.

Interruptor de modo E85 (*E85 mode switch*); Este canal viene del interruptor principal, y sirve para activar al módulo que funcione de modo FF o lo desactiva para que funcione de modo estándar. El valor de 2(p18) no debe ser modificado.

Entrada del interruptor de calefacción. (*Heating switch input*); Esta opción lleva una relación directa con la temperatura del motor, así que se debe manejar por el mismo canal predeterminado.

Tiempo muerto (*Dead time*); Este tiempo no se refiere al tiempo que el inyector se encuentra en reposo, más bien al tiempo que tarda el campo de inducción magnética en levantar la aguja del inyector y permitir la pulverización del combustible. Este tiempo debe referirse en el manual del coche, en caso de no encontrar esta información un valor aproximado para los de inyección multipunto es 1 ms.

Tensión límite de arranque (*cranking voltage limit*); Verifica el límite de tensión mínima con la que se encuentra la batería para lograr exitosamente la puesta en marcha del motor en frío, entonces sí se puede dejar hasta un valor de 11v y el motor arrancarían sin ninguna dificultad.

Tiempo de espera para el arranque en frío (*Cranking timeout*); Sirve para el arranque automático en frío. Es decir, es el tiempo que transcurre cuando se lleva la llave a la posición ON y se espera ahí sin dar arranque, el valor de este tiempo requerido es la que se va colocar aquí y es el mismo que va ser captado por el módulo E85. En caso de superar dicho tiempo por el usuario en el momento del arranque, no abra efecto para la compensación de arranque en frío.

Compensación después del arranque (*Post cranking enrich*); Con el afán de conseguir un arranque del motor normal y lo más silencioso posible en los primeros giros, a veces es necesario definir este valor, el cual va ser, el tiempo que exista en el transcurso que cambia del modo de arranque en frío a su función normal de calentamiento. Siendo un valor máximo de 30s.

Duración de Calefacción (*Warm up timeout*); Una vez conseguido la puesta en marcha del motor en frío, es necesario mantenerlo acelerado por un tiempo medio considerado, como cualquier vehículo de combustión interna.

Se puede colocar un tiempo de unos 100s, mas no, hasta que el motor alcance su temperatura optima de funcionamiento. Puesto que, la misma ECU del vehículo lo va estar controlando, en caso de colocar en esta ventana un valor demasiado alto, que si da la opción de hacerlo hasta los 7200s, la consecuencia sería un aumento en

consumo de combustible, debido que se sumarían las recompensas dado por la ECU y por el módulo E85.

Pulsos por ciclo (*Impulse per rotation*); Este parámetro no influye para nada en el sistema de operación FF, dado que, la señal para los inyectores es solo amplificada y no, generada por el módulo E85.

Control de un solo cable (*One wire inhibit*); Esta función inhabilita las señales de una línea hacia un inyector con el fin de reducir el consumo de combustible, pero la configuración de este parámetro puede ocasionar alguna falla al sistema. Por lo que se recomienda tomar en cuenta en el momento de la calibración el comportamiento que sufre el motor cuando se lo modifica.

3.3.3.2.2 La ventana del parámetro II.

Se encuentra más opciones de calibración en la figura 29.

Figura 29. Parámetros II del programa BioETUN Tuner.



Fuente: Autor

Tipo de límite (*Limit type*); Se utiliza para el ajuste de funciones de visualización de los datos en la pantalla del programa (led). El modo eco, proporciona la información sobre el ahorro de combustible y la aceleración, considerando que, son parámetros primordiales por lo que no es necesario modificarlo.

Tiempo de apertura del inyector (*Injector duty cycle*); Hace referencia al valor porcentual del tiempo de inyección, a la cuál debe ser la duración máxima de activación del inyector. El dato por defecto en el programa se encuentra en 99%, este valor se puede reducir para proteger al inyector en altas demandas de potencia al motor, hasta un cierto punto, puesto que, si se reduce demasiado implicaría la ineficiencia de rendimiento del inyector.

Carga eficiente económica máxima (*ECO-mode maximal load*) y Carga de eficiencia mínima (*Sport-mode minimum load*); Son parámetros para calibrar la sensibilidad sobre el cambio de modo a diversos estados de comportamiento del motor con el vehículo en carretera. Para calibrar este cambio de modo, se debe sincronizar el parpadeo del LED de información que se debe estar colocado en la cabina del vehículo con los LEDs del software.

Compensación extra en modo deportivo (*Sport-mode extra fuel*); Sirve para proporcionar una compensación extra de combustible, a la compensación principal en modo deportivo. En caso de colocar un valor cerca del límite recomendable el consumo de combustible incrementaría, y a mayor sea el valor sobrepasando el límite el motor tendrá a fallar por el hecho que está entrando un exceso de combustible.

Continua abertura del inyector (*Continuous injector open*); Es un interruptor para activar que continúe funcionando los inyectores normalmente, en caso de permanecer continuamente abierta en altas exigencias del motor.

Combustible seleccionado por (*Fuel selección vi*); Se puede seleccionar el método de detección del FF, es decir, mediante los sensores o físicamente con el interruptor manual.

***Perak current, hola current y hysteresis current*;** Los datos de estos parámetros no se modifican en este tipo de módulo. Por el hecho de que, son para el sistema de inyección central.

Nivel de aceleración (*acceleration level*). Se calibra la sensibilidad con la que capta el módulo E85 los pulsos de inyección emitidas por la ECU en una aceleración repentina. A pesar de que, el productor recomienda a un 30%, se debería experimentar aceleraciones del motor a un porcentaje mayor.

Base de aceleración (*acceleration base*). Ofrece cuatro modos posibles: No está conectado, el modo de funcionamiento del etanol, de inicio en frío y constante. Cada uno está enteramente relacionado con todos los parámetros que se encuentra a lado derecha del programa y con la tabla de datos de programación que contiene el Módulo E85.

Multiplicador (*Multiplier*). Es un factor por el cual toda la información de tabla de datos del programa se multiplica. Dando dos opciones, para la inyección multipunto e inyección centralizada, de 150 y 300 respectivamente.

Disminución (*decrease*). Es otro factor que actúa o tiene efecto en las desaceleraciones, siendo un valor recomendable de 10.

3.3.3.2.2.3 Tablas de arranque en frío y de calentamiento.

En la tabla de la figura 30 se encontrara los valores de la programación del módulo E85, tanto para la puesta en marcha el motor en frío y la etapa calentamiento hasta llegar a su temperatura óptima de funcionamiento.

Figura 30. Tabla de datos del Programa.

Parameters I.			Parameters II.			Warm up, Cold start			Notes			Message log								
Warm up, Cold start			Warm up, Cold start			Warm up, Cold start			Warm up, Cold start			Warm up, Cold start								
0,00V	0,0	0,0				1,25V	0,0	0,0				2,50V	0,0	0,0				3,75V	0,0	0,0
0,10V	0,0	0,0				1,41V	0,0	0,0				2,60V	0,0	0,0				3,91V	0,0	0,0
0,21V	0,0	0,0				1,56V	0,0	0,0				2,81V	0,0	0,0				4,00V	0,0	0,0
0,47V	0,0	0,0				1,72V	0,0	0,0				2,97V	0,0	0,0				4,22V	0,0	0,0
0,62V	0,0	0,0				1,88V	0,0	0,0				3,12V	0,0	0,0				4,38V	0,0	0,0
0,78V	0,0	0,0				2,03V	0,0	0,0				3,28V	0,0	0,0				4,53V	0,0	0,0
0,94V	0,0	0,0				2,19V	0,0	0,0				3,44V	0,0	0,0				4,69V	0,0	0,0
1,09V	0,0	0,0				2,34V	0,0	0,0				3,59V	0,0	0,0				4,84V	0,0	0,0

Fuente: Autor

En el icono de Notas se coloca datos del vehículo y observaciones que se lo ha realizado o pendientes en el proceso de calibración y puesto a punto el motor.

3.3.3.2.3 Apartado N° 3.

Es el apartado donde se encuentran varios iconos útiles para dar por concluido la calibración y la revisión de modificaciones anteriores.

Enviar parámetros al dispositivo del módulo. Una vez realizada las correspondientes modificaciones de cada uno de los parámetros se debe enviar los datos al módulo E85, y se lo realiza haciendo un click sobre este ícono de la figura 31, sin importar si el motor se encuentra parado o en plena marcha. Será notable el cambio del comportamiento del motor y se notara los parámetros modificados en la tabla de datos.

Figura 31. Botón para enviar información.



Fuente: Autor

Para actualizar el firmware del programa (figura 32), se debe abrir un archivo con extensión **Enc** adecuado para el tipo de versión del módulo E85, y además el nuevo archivo que se genera por cada calibración debe ser cargado al sistema en todo momento.

Figura 32. Botón de actualización.



Fuente: Autor

Una vez conectada el cable al PC y que el software acceda a la información almacenada en el módulo se debe dar un click en el siguiente botón de la figura 33.

Figura 33. Botón para leer datos.



Fuente: Autor

Al pulsar el icono de registro de datos, el programa creara automáticamente un archivo con el nombre SENSOR-FILE en donde se guardan los datos de todos los sensores y además se adjunta un archivo con la extensión **Csv**, este archivo brinda la opción de ver en grafico de todos los datos.

Es importante consultar el número de versión del módulo E85 para conocer el hardware y software que lo maneja.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la implementación del módulo E85 se puede realizar la calibración del motor de ciclo Otto para que funcione correctamente con altos porcentajes de alcohol combustible en la gasolina, debido a que el módulo consta con el sensor de etanol, sensor de temperatura tipo NTC y el programa permite el ajuste de los parámetros de control mediante un PC con el vehículo en movimiento.
- Se expuso de forma clara la tecnología *Flex-Fuel* y cada uno de las propiedades del *flex fuel* apegadas a las normas ambientales, que se puede decir un sistema nuevo para nuestro medio, pero que, el 80% de los países del mundo ya lo utilizan actualmente. Dejando una base para la investigación académica y profesional en este campo de conversión de un vehículo convencional a un FFV.
- Se analizó los procedimientos adecuadas para la instalación y programación de dos módulos diferentes, que teóricamente son compatibles para el Chevrolet corsa 1.4, tomando en cuenta la correlación entre; la potencia, la economía del combustible y sobre todo bajar drásticamente los gases contaminantes producidos por la combustión.
- Se recomienda realizar una limpieza del depósito de combustible y de todo el sistema de alimentación hacia el motor previo a la adaptación, y después de la conversión con un recorrido de 1000Km se deberá sustituir el filtro de combustible principal y el micro filtro de cada uno de los inyectores.
- Para la programación del módulo E85 se debe comprobar que la batería se encuentre en perfecto estado de carga.

- Una vez concluida la respectiva calibración sin importar el tipo de módulo adaptado, las emisiones del escape tendrán que ser revisadas utilizando el equipo analizador de gases, que se encuentre calibrado a las normas ambientales del estado.
- Debido a los inconvenientes que se presentó a largo del tema de investigación, se sugiere a la Escuela de Ingeniería Automotriz tomar en cuenta un programa para impartir temas sobre las nuevas tecnologías hacia los estudiantes, ya sea en seminarios o charlas técnicas.

Glosario de símbolos.

AEAC = Alcohol etílico anhidro combustible

AEHC = Alcohol etílico hidratado combustible

DIS = Sistema de encendido estático

E5 - E85 = Gasolina con 5% - 85% de bioetanol

ECS = Sistema para el arranque del motor en frío con FF

FF = Gasolina con algún porcentaje de Bioetanol

FFV = Vehículos que funcionan con algún porcentaje de bioetanol en la gasolina

GEI = Gases de efecto invernadero

ID = Índice de destilación

MM = Magneti Marrelli

MTBE = Metil Ter Butil Eter

NO = Número de octanos

NOI = Número de octanos de investigación

NOM = Número de octanos del motor

SFS = Microprocesador de 32 bits que procesa la información del sensor de oxígeno de forma rápida

BIBLIOGRAFÍA

- ARAGÓN, C. M.** (2008). *Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión*. Madrid: FITSA.
- BOSCH.** (2005). *Manual de la técnica del automovil*. Alemania.
- CARVALHO, M. S.** (2008). *Bioetanol de Caña de Azucar*. Rio de Janeiro: Senac Rio.
- CASTILLO, M. C.** (2009). *Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel reformuladas con etanol*. Monterey: UNAM.
- DUARTE.** (2006). *Especificaciones de la calidad de etanol carburante y del gasohol y normas técnicas para la infraestructura*. Mexico: Naciones Unidas CEPAL.
- ERJAVEC, J.** (2009). *Automotive Technology: A Systems Approach*. NY: Dave Garza.
- FOLKSON, R.** (2014). *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance: Towards Zero Carbon Transportation*. Cambridge: Elsevier.
- GALLMAN, P. G.** (2011). *Green Alternatives and National Energy Strategy: The Facts behind the Headlines*. Maryland: JHU Press.
- MACIEL.** (2009). *Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico*. Mexico: UNAM.
- RICARDO, T.** (2006). *TECNICAS DE INYECCION: Datos circuitos y códigos de falla*. Argentina.
- SORLOZA, R.** (2008). *Solución a la crisis energética: Etanol combustible alternativo del futuro*. Lima.
- TECNOCIENCIA, C. V.** (2011). *Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética*. Chihuahua.
- WORLDWATCH INSTITUTE.** (2012). *Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agricultu*. London: Routledge.
- YUNUS A. CENGEL, M. A.** (2003). *TERMODINAMICA cuarta adición*. Mexico DF: McGraw-Hill.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.

- BEST.** (2010). *Emissions and experiences with E85 converted cars in the BEST project*, Recuperado el 20 de 12 de 2013, de BEST:
http://www.besteurope.org/upload/BEST_documents/info_documents/Best%20reports%20etc/D1.20_Emissions_and_experiences_with_E85_converted_cars_incl_app_5_100121.pdf
- BIOADAPTER.** (s.f.). *BIO adapter 4.0*, Recuperado el 07 de 07 de 2014, de BIOadapter:
http://bioadapter.com/product_info.php?cPath=28&products_id=45
- BIOADAPTER.** (s.f.). *Installation and user manual*, Recuperado el 07 de 07 de 2014, de BIOadapter: http://bioadapter.com/information.php?info_id=10
- BIOETUN.** (s.f.). *Service manual*, Recuperado el 11 de 07 de 2014, de BioETUN:
http://bioetun.hu/download/BioETUN_service_manual.pdf
- BIOETUN.** (s.f.). *User manual*, Recuperado el 04 de 07 de 2014, de bioETUN:
http://www.e85tuning.hu/download/BioETUN_user_manual.pdf
- BLOGAUTO.** (29 de 07 de 2008). *Motor Flex-power Chevrolet*, Recuperado el 11 de 02 de 2014, de BLOGAUTO: <http://www.blogauto.com.br/motor-flexpower-adeus-vem-ai-o-20-econoflex/#axzz33RMqE86f>
- BORLETTI.** (10 de 2010). *Inyector ECO PICO*, Recuperado el 12 de 03 de 2014, de MAGNETI MARELLI:
http://www.magnetimarelli.com/business_areas/powertrain/multifuel-system/tetrafuel#tab--3
- BORLETTI.** (03 de 2011). *Sistema ECS*, Recuperado el 29 de 05 de 2014, de MAGNETI MARELLI: http://www.magnetimarelli.com/business_areas/powertrain/multifuel-system/flexfuel#tab--5
- BORLETTI.** (11 de 07 de 2012). *Software Flexfuel Sensor SFS*, Recuperado el 05 de 11 de 2013, de MAGNETI MARELLI:
<http://www.magnetimarelli.com/company/sustainability/news/more-10-million-vehicles-equipped-its-flex-technology-brazil>
- BOSCH.** (23 de 07 de 2013). *Sistemas de inyección electrónica*, Recuperado el 05 de 11 de 2013, de BOSCH: <http://es.scribd.com/doc/155509463/Inyeccion-BOSCH-pdf>
- BOSCH.** (09 de 2013). *Gasoline Systems Fuel supply for gasolina engines*, Recuperado el 26 de 06 de 2014, de BOSCH:
http://www.boschmobilitysolutions.com/media/en/ubk_europe/db_application/downloads/pdf/antrieb/de_5/Bosch_di_folder.pdf

- CLEAN CITIES.** (04 de 2008). *City of Hoover Fleet Boasts 200-Plus Flex Fuel Vehicles*, Recuperado el 24 de 06 de 2014, de Clean Cities:
<http://www.afdc.energy.gov/pdfs/41597.pdf>
- CLEMSON.** (2008). *Automotive Electronics*. Recuperado el 14 de 05 de 2014, de CLEMSON: <http://www.cvel.clemson.edu/auto/sensors/flex-fuel-sensor.html>
- EKOS NATURA.** (07 de 11 de 2011). *Mais inovações verdes e menos emissão de carbono ECS*, Recuperado el 14 de 03 de 2014, de EKOS natura:
<http://ne.dedalus.com.br/blog/design-sustentavel/mais-inovacoes-verdes-e-menos-emissao-de-carbono/5>
- EPA.** (05 de 2010). *Technical Highlights E85*, Recuperado el 10 de 05 de 2014, de EPA:
<http://www.epa.gov/otaq/fuels/renewablefuels/documents/420f10010a.pdf>
- EZ85 FLEX FUEL.** (s.f.). *Installation Instructions*, Recuperado el 28 de 06 de 2014, de EZ85 FLEX FUEL: <http://www.ez85.us/installation-instructions>
- FORD FORUMS.** (02 de 05 de 2009). Recuperado el 18 de 03 de 2014, de ford forums:
<http://www.fordforums.com/f102/4-6-flex-fuel-spark-plugs-what-kind-165467/>
- FUEL ECONOMY.** (s.f.). *Flex-fuel vehicles*, Recuperado el 06 de 11 de 2013, de Fuel Economy: <http://www.fueleconomy.gov/feg/flextech.shtml>
- HALTECH.** (s.f.). Recuperado el 06 de 11 de 2013, de Haltech:
<http://www.haltech.com/flex-fuel-sensor-explained/>,
- HENRY.** (22 de 03 de 2013). *Global bioenergy*. Recuperado el 14 de 05 de 2014, de Global bioenergy:
http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/2013_events/GB_EP_Bioenergy_Week_Brasilia_18-23_March_2013/4.5_JOSEPH.pdf
- KENDALL.** (2012). *Lubricants Automotive & Fleet*, Recuperado el 26 de 06 de 2014, de Kendall: <http://www.petroleumservicecompany.com/kendall-gt-1-fs-w-ti-10w-30.html>
- KIA.** (2013). *Manual KIA SOUL 2012*, Recuperado el 14 de 05 de 2014, de KIA:
<http://www.kia-hotline.com/manual/cnts/view/SHOP?csrfToken=44803558915712680015>
- MAGNETI MARELLI.** (27 de 07 de 2011). *Inyector ECO PICO*, Recuperado el 06 de 11 de 2013, de MAGNETI MARELLI:
http://www.magnetimarelli.com/press_room/news/magneti-marelli-inaugurates-new-production-line-pico-eco-injectors-brasil
- MAGNETI MARELLI.** (10 de 12 de 2012). *Sistema Flex fuel*, Recuperado el 06 de 11 de 2013, de MAGNETI MARELLI:
http://www.magnetimarelli.com/press_room/news/magneti-marelli-more-10-million-vehicles-equipped-its-flex-technology-brazil
- PIRS, G.** (2013). *AGRONOMY RESEARCH*. Recuperado el 03 de 07 de 2014, de AGRONOMY RESEARCH: <http://agronomy.emu.ee/vol1111/p11127.pdf>

THE SAN FRANCISCAN. (09 de 2008). *Time for change... and I don't mean Obama*, Recuperado el 06 de 11 de 2013, de THE SAN FRANCISCAN:
<http://sliberalpolitics.blogspot.com/2008/09/time-for-changeand-i-dont-mean-obama.html>

XPERTECH INC. (25 de 10 de 2008). *Technical Support Training Manual*, Recuperado el 03 de 07 de 2014, de Xpertech INC:
http://www.whitelightning.net/private_label_training_manual.pdf

OTRAS REFERENCIAS.

AUTODATA, (2010), *Especificaciones técnicas*. Revisado el 14 de junio del 2014

CHEVROLET, (2007), *Manual de Taller del Corsa C 1.4. Grupo L* pag. 2378. Revisado el 22 de junio del 2014

PABLO SEGARRA, (2009), *Termodinámica II*, Universidad del Azuay (Cuenca – Ecuador).