

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

***“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE
HIDROINYECCIÓN EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
QUE OPERA CON G.N.C.”***

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

**BOLÍVAR ALEJANDRO CUAICAL ANGULO
PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ**

Latacunga, febrero del 2009.

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Bolívar Alejandro Cuaical Angulo y Paul Alejandro Montufar Paz, bajo nuestra supervisión.

Ing. Oscar Arteaga
DIRECTOR

Ing. Germán Erazo
CODIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS:

PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ

BOLIVAR ALEJANDRO CUAICAL ANGULO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE HIDROINYECCIÓN EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA QUE OPERA CON G.N.C.**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, febrero del 2009.

PAÚL A. MONTÚFAR PAZ

CI. 1715812044

BOLÍVAR A. CUAICAL ANGULO

CI. 1717218430

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS:

PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ
BOLÍVAR ALEJANDRO CUAICAL ANGULO

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la Biblioteca Virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE HIDROINYECCIÓN EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA QUE OPERA CON G.N.C.**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, febrero del 2009.

PAÚL A. MONTÚFAR PAZ
CI. 1715812044

BOLÍVAR A. CUAICAL ANGULO
CI. 1717218430

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. OSCAR ARTEAGA (DIRECTOR)

ING. GERMÁN ERAZO L. (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE HIDROINYECCIÓN EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA QUE OPERA CON G.N.C.”** realizado por los señores: PAÚL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ Y BOLIVAR ALEJANDRO CUAICAL ANGULO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: PAÚL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ Y BOLIVAR ALEJANDRO CUAICAL ANGULO que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Coordinador de Carrera.

Latacunga, febrero del 2009.

Ing. Oscar Arteaga
DIRECTOR

Ing. Germán Erazo
CODIRECTOR

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico de manera especial a Dios y mis padres, ya que con su apoyo, esfuerzo y comprensión he logrado culminar esta meta, que de seguro será la primera de muchas importantes en mi vida.

PAÚL.

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico de manera especial a Dios y mis padres, ya que gracias a su apoyo, esfuerzo y sacrificio incondicional hoy llego a ser un profesional, culminando de esta manera un capítulo más de mi vida.

Bolívar

AGRADECIMIENTO

Agradezco primordialmente a Dios por brindarme salud y vida aspectos fundamentales para la consecución de este proyecto tan importante el mismo que a su término me ha da la seguridad de estar capacitado para ser un profesional con buenos valores los mismos que me permitirán encaminar mis esfuerzos en el bienestar propio y ajeno, cumpliendo con esto uno de los principios fundamentales del todo poderoso en la tierra.

Además no podría dejar de lado a mis Padres, personas tan importantes en mi vida, que con su ejemplo y apoyo incondicional supieron orientar mi camino dentro de los lineamientos más acertados, personas tan fundamentales que desde mis inicios tuvieron mucho amor para darme, incluso en las más duras lecciones de mi vida. Agradezco también a todos mis maestros que durante todo este tiempo supieron impartirme sus conocimientos para hacer de mí un profesional.

PAUL.

AGRADECIMIENTO

Agradezco antes de cualquier persona a dios por darme la sabiduría, vigor y constancia para llegar a cumplir mis anhelos, agradezco a mis padres por tener la paciencia, el esfuerzo y el sacrificio que día a día han realizado para poder darme la educación que he recibido en el transcurso de mi vida.

Además agradezco a mis hermanos, Thanne, Sofía, Roberto, y familia en general por el apoyo entregado durante mis años de estudio. Agradezco también a todos mis maestros que durante todo este tiempo supieron impartirme sus conocimientos.

De manera especial agradezco a Edwin, Arturo, Diego, Javier, Paul, Carlos, Luisa, Geovanna y Daniela por apoyarme en los momentos importantes de mi carrera.

Hoy que he subido un peldaño más de mi formación académica a todos ellos muchas gracias y que Dios les bendiga y les ayude de igual manera.

Bolívar.

RESUMEN

El presente proyecto está elaborado con el objetivo de instalar el sistema de hidroinyección en un automotor propulsado por GNC y realizar pruebas de medición de parámetros característicos: potencia, torque y emisiones de gases que satisfaga las normas ambientales.

Antes de iniciar la instalación del sistema, es necesario determinar si el vehículo se encuentra en óptimas condiciones mecánicas para el uso con GNC. Se debe realizar una serie de pruebas y revisiones entre las cuales están:

- Revisión general de los sistemas eléctricos, de encendido, de inyección, tales como: Batería, bobinas, bujías, inyectores, sensor de presión de aire, sensor de flujo de aire, sensor de la posición de la mariposa de la aceleración bomba de gasolina.
- Evaluación de las condiciones mecánicas del motor mediante pruebas de compresión, de vacío y análisis de gases.
- Verificación del estado del filtro de aire y de la gasolina.
- Revisión del estado general de la carrocería y el chasis, sistema de suspensión tomando en cuenta para la ubicación más idónea para el tanque de agua.
- Reconocimiento del espacio del automotor para establecer la disponibilidad de espacio para la ubicación del kit.

Para poder llevar a cabo la instalación adecuada del kit en un vehículo propulsado por GNC es necesario regirse a una serie de lineamientos normalizados internacionalmente para llevar a cabo un proceso seguro de instalación.

La instalación del sistema de hidroinyección en el automóvil no implica modificaciones en el motor, solo hay que instalar los equipos seleccionados tanto mecánicos como eléctricos por las características técnicas del motor.

El funcionamiento de este sistema consiste en inyectar dosis (controladas electrónicamente) de agua destilada en el múltiple de admisión del motor las mismas que posteriormente entraran a la cámara de combustión de cada uno de los 4 cilindros del Corsa Wind. Dichas dosis de agua son inyectadas paralelamente al flujo de ingreso de la mezcla aire combustible (GNC) en un flujo que varía entre 0.75 y 12 gph según sea la demanda que genere el motor la misma que es evaluada según factores tales como: el vacío generado en el múltiple de admisión, la posición de la mariposa de aceleración, las revoluciones del motor, etc., valores que son tomados por los sensores del vehículo y que posteriormente entregan este dato a la centralita del kit mediante señales eléctricas que van entre 0 y 5v dc. Para de este modo evaluar la dosis adecuada de agua que ingrese al motor evitando de este modo que el “ahogo” del vehículo o caso contrario que la cantidad de agua sea demasiado pobre como para poder ver resultados tangibles en el rendimiento del vehículo.

La hidroinyección permite el ingreso de pequeñas dosis de agua a la cámara de combustión de los motores logrando un aumento de la potencia. La inyección de agua ingresa junto con el aire una pequeña cantidad de agua destilada a la cámara de combustión, para llegar a los cilindros y mejorar la combustión.

El agua que inyecta es disociada en sus dos componentes moleculares por el calor de la combustión que normalmente se pierde a través del refrigerante del motor y del escape. Las moléculas de oxígeno e hidrógeno se vuelven a combinar espontáneamente acelerando la reacción de combustión con gran violencia. Es decir que el sistema aprovecha la altísima temperatura de la combustión, que de otra manera se pierde por radiación a la atmósfera, para disociar la pequeña parte de agua agregada a la cámara del motor.

En un motor, la inyección inicial de agua enfría la mezcla aire-combustible un poco, lo que aumenta su densidad y por lo tanto, la cantidad de mezcla que entra en el cilindro. Pero el mayor efecto viene más tarde durante la

combustión cuando el agua toma en cantidades significativas de energía térmica, ya que convierte líquido a gas (vapor).

Entre los objetivos y metas planteados, en base a estudios del sistema en ejecución, se encuentra el incremento de la potencia y torque del vehículo al ingreso del fluido en la cámara de combustión del motor y de esta manera se consigue plantear un proyecto encaminado a incrementar sustentablemente las prestaciones del motor pues aparte de ser el agua un elemento aún abundante en la tierra con bajos costos de producción (para el estado requerido en nuestro proyecto) además logra disminuir las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente consiguiendo de esta manera el propósito principal de nuestro proyecto, Ser solidarios con la crisis ambiental que sufre el planeta con actividades que disminuyan el efecto invernadero que tanto daño nos está causando.

PRESENTACIÓN

En la actualidad el incremento del parque automotor a traído consigo un riesgo muy alto para las personas, debido a la cantidad de gases contaminantes que expulsan los tubos de escape, estos gases perjudican notablemente al medio ambiente ocasionando la lluvia acida y el calentamiento, provocan en la población graves enfermedades como gripes constantes, fatiga, muertes por asfixia, cáncer, etc.,. Con el afán de evitar estos efectos perjudiciales se ha intentado bajar la cantidad de gases nocivos mediante regularización de los mismos, y se está buscando en la actualidad un combustible más limpio.

Una de estas alternativas de combustibles más limpios es el gas natural comprimido o también llamado G.N.C. o G.N.V., el mismo que presenta una combustión más limpia y su costo es significativamente menor que otros combustibles fósiles, pero su utilización disminuye de forma notable el desempeño del vehículo, de manera específica en el Corsa Wind con el sistema de conversión empleado disminuye el 15% de su potencia nominal a gasolina.

Teniendo en cuenta lo expuesto previamente presentamos el proyecto denominado **“IMPLEMENTACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA EN EL MOTOR DEL VEHÍCULO CORSA WIND DEL LABORATORIO DIESEL CON FUNCIONAMIENTO G.N.C CON EL FIN DE ELEVAR LOS PARÁMETROS DE POTENCIA, EFICIENCIA Y DISMINUIR LAS EMISIONES TOXICAS DE DESGASTE DEL VEHÍCULO”**.

Para llevar a cabo el proyecto como primer punto se revisa el estado de funcionamiento de los sistemas eléctricos y de GNC, condiciones mecánicas de compresión y vació, sistemas de enfriamiento, de admisión y escape, como también el sistema de suspensión y el estado general de la carrocería y chasis.

Seguido de la revisión y aprobación de las condiciones del motor se selecciona el kit de hidroinyección, de acuerdo a los datos técnicos del motor como: modelo y año del vehículo, cilindrada del motor, sistema de alimentación y encendido.

Una vez seleccionado el kit de hidroinyección, se procedió a su adquisición e implementación del sistema.

En cuanto se halló instalado en el vehículo se realizó las pruebas respectivas de potencia, torque y emisiones de gases en un dinamómetro y analizador de gases respectivamente, en la empresa CORPAIRE de la ciudad de Quito.

Al realizar las pruebas se halló que el vehículo alimentado con G.N.C y con hidroinyección aumenta en potencia y torque, pero no en valores elevados. En lo que respecta principalmente de las emisiones de gases es bastante reducido con lo que ayudaría a prevenir la contaminación ambiental y producir enfermedades causados por este agente.

La conversión de gasolina a G.N.C hoy en día es poco utilizada, por la pérdida de potencia que esta conversión genera, pero con la hidroinyección se puede reducir esta pérdida de potencia tratando de reducir los porcentajes de pérdida que ocurre en esta conversión.

La adaptación y pruebas realizadas es trabajo de su autor, a través de las informaciones requeridas para el desarrollo, para luego culminar con su proyecto.

ÍNDICE

CARATULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
CERTIFICADO	v
DEDICATORIAS	vi
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	x
PRESENTACIÓN	xiii
INDICE.....	¡Error! Marcador no definido.
INDICE DE FIGURAS	xx
INDICE DE TABLAS	xxiii

CAPÍTULO I

HIDROINYECCIÓN

1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCIÓN DE AGUA	1
1.2. DISOCIACIÓN TÉRMICA DEL AGUA	3
1.3. BOMBAS DE INYECCIÓN	6
1.3.1. CLASIFICACIÓN.....	6
1.3.2. BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	6
1.3.3. VENTAJA DE LAS BOMBAS POSITIVAS	7
1.4. SISTEMAS DE INYECCIÓN	8
1.4.1. PRINCIPIO DE BERNOULLI.....	8
1.4.2. EFECTO VENTURI	10
1.5. CENTRALITAS DE VEHÍCULOS	12
1.5.1. COMPONENTES DE LA CENTRALITA	13
1.5.1.1. 16 bit high speed digital signal processor (dsp)	13
1.5.1.2. High speed rs232 serial communications port.....	16
1.6. SENSORES.....	19
1.6.1. SENSOR MAP	19
1.6.2. SENSOR TPS	20

1.6.3. SENSOR MAF	22
1.7. EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES	24
1.8. BENEFICIOS DE LA HIDROINYECCIÓN	26
1.8.1. BENEFICIOS MECÁNICOS	26
1.8.2. BENEFICIOS AMBIENTALES	28
1.8.3. BENEFICIOS ECONÓMICOS.....	29

CAPÍTULO II

DISEÑO COMPUTACIONAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

2.1. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.....	31
2.2. ESTUDIO DEL FLUIDO	33
2.2.1. TEMPERATURA.....	35
2.2.2. VELOCIDAD.....	38
2.2.3. PRESIÓN	40
2.2.4. DENSIDAD.....	41

CAPÍTULO III

SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN, INSTALACIÓN Y PROGRAMACION DEL SISTEMA

3.1 ANTECEDENTES.....	43
3.2 PROYECTOS RELACIONADOS Y/O COMPLEMENTARIOS.....	44
3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	44
3.4 OBJETIVO GENERAL.....	46
3.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	46
3.6 METAS	46
3.7 SELECCIÓN.....	47
3.8 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES	49
3.8.1 BOMBA	49
3.8.1.1. Especificaciones	49
3.8.1.2. Material de construcción	50
3.8.1.3. Peso.....	50
3.8.1.4. Dimensiones	50
3.8.1.5 Curva de funcionamiento de la bomba	51
3.8.1.6. Funcionamiento típico	52
3.8.2 INYECTOR.....	53

3.8.2.1. Especificaciones	53
3.8.3 TANQUE.....	54
3.8.3.1. Dimensiones	54
3.8.3.2. Especificaciones	55
3.8.4 CONTROLADOR ELECTRÓNICO	56
3.8.4.1 Dimensiones	56
3.8.4.2 Características.....	57
3.8.4.3 Especificaciones generales	57
3.8.3.4. Especificaciones físicas	58
3.8.3.5. Especificaciones eléctricas	58
3.8.3.6. Especificaciones de software.....	59
3.8.3.7. Modos de operación	59
3.8.3.8. Puerto serie	59
3.8.3.9. Modo de ejecución (led en destello rápido).....	59
3.8.3.10. Modo de configuración (led en destello lento).....	60
3.9. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES	62
3.9.1. BOMBA	62
3.9.2. INYECTOR.....	65
3.9.3. TANQUE.....	66
3.9.4. CONTROLADOR ELECTRÓNICO	66
3.9.4.1. Activación por impulso	67
3.9.4.2. Activación por diferencia de tensión 0-5 v (TPS, MAF, MAP, etc.).....	67
3.9.5. INSTALACION ELECTRICA	68
3.10. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA	69
3.10.1. Ajuste de pantalla	70
3.10.1.1. Detalle del modo de control.....	71
3.11. CALCULO DE INYECCIÓN	74

CAPÍTULO IV

PRUEBAS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

4.1. MEDICIÓN EN EL MOTOR ESTÁNDAR.....	75
4.1.1. MEDICIÓN DE TORQUE Y POTENCIA.....	75
4.1.1.1. Descripción de la prueba	76
4.1.1.2. Parámetros de la prueba.....	78
4.1.1.3. Datos obtenidos	78
4.1.2. MEDICION DE LA EMISIÓN DE GASES	80

4.1.2.1. Descripción de la prueba	80
4.1.2.2. Datos obtenidos	81
4.2. MEDICIONES CON EL SISTEMA INSTALADO.....	82
4.2.1. MEDICION DE TORQUE Y POTENCIA	82
4.2.1.1. Datos obtenidos	82
4.2.2. MEDICION DE EMISION DE GASES	83
4.2.2.1. Datos obtenidos	84
4.3. ANALISIS DE RESULTADOS	84
4.3.1. GRAFICOS COMPARATIVOS	85
4.3.1.1. Potencia	85
4.3.1.2. Torque.....	86
4.3.1.3. Monóxido de carbono(CO).....	86
4.3.1.4. Dióxido de carbono (CO2).	87
4.3.1.5. Hidrocarburos (HC).....	87
4.3.1.6. Óxidos de Nitrógeno.....	87
4.3.2. TABLA DE ANALISIS GENERAL.....	88

CAPÍTULO V

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

5.1. OPERACIÓN DEL SISTEMA	89
5.1.2. INDICADOR DEL CICLO DE TRABAJO.....	90
5.1.3. LED INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO	90
5.1.4. MANILLAS DE AJUSTE DE PRESIÓN MÁXIMA Y MÍNIMA	91
5.1.5. SISTEMA PRIMARIO	91
5.1.6. PÁGINA PRINCIPAL DE GRÁFICO	92
5.2. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	95
5.2.1. OPERACIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN MOTOR CON HIDROINYECCIÓN	96
5.2.1.1. Inspección 15.000km en hidroinyección	96
5.2.1.2. Inspección 30.000km en hidroinyección	96
5.2.1.3. Inspección 60.000km en hidroinyección	96
5.2.1.4. Inspección 90.000km en hidroinyección	96
5.2.2. OPERACIONES DEL MANTENIMIENTO SINTOMÁTICO PARA UN MOTOR DE HIDROINYECCIÓN	97
5.3. COMPROBACIÓN DE SENSORES	99
5.3.1. COMPROBACIONES DEL SENSOR TPS	99
5.3.2. COMPROBACIÓN DEL SENSOR MAP	104

5.4. BÚSQUEDA DE AVERÍAS	106
5.5. ADVERTENCIAS	111

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES	112
6.2. RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1- Focke - Wulf 190D-9 (pionero en la utilización de hidroinyección).....	1
Figura 1.2 - Esquema del Principio de Bernoulli.	8
Figura 1.3 - Esquema del efecto Vénturi.	11
Figura 1.4 – Símbolo de diagrama	15
Figura 1.5 – Diagrama de bloques.....	16
Figura 1.6 – Numeración pines.....	17
Figura 1.7 – Sensor Map.	20
Figura 1.8 – Representación TPS.	21
Figura 1.9 – Sensor TPS.....	21
Figura 1.10 – Sensor MAF.	22
Figura 1.11 – Oscilograma del sensor MAF- CISE electronics	23
Figura 1.12 - Ventajas de la Hidroinyección en Argentina.	29

CAPÍTULO II

Figura 2.1 – Trayectoria del fluido por los cuatro cilindros.....	30
Figura 2.2 – Construcción del múltiple de admisión.....	31
Figura 2.3 – Construcción de la cámara de combustión del primer cilindro.....	31
Figura 2.4 – Modelo múltiple de admisión.	32
Figura 2.5 – Modelo múltiple de admisión con entradas de agua y GNC.....	32
Figura 2.5 – Colocación de tapas en el modelo.....	33
Figura 2.6 – Entrada del aire y GNC.	34
Figura 2.7 – Entrada de agua.	35
Figura 2.8 – Inicio entrada de aire e inyección de agua.	36
Figura 2.9 – Diferencia térmica en el múltiple de admisión.	36
Figura 2.10– Reducción de temperatura de los fluidos.	37
Figura 2.11 – Temperatura después de la inyección del agua.	37
Figura 2.12 – Curva de temperatura en el transcurso del ciclo de trabajo.	38
Figura 2.13 – Velocidad del fluido en el ciclo de trabajo.....	39
Figura 2.14 – Valores de velocidad en el transcurso del ciclo de trabajo.	39
Figura 2.15– Presión del fluido en el ciclo de trabajo.	40
Figura 2.16– Valores de presión en el transcurso del ciclo de trabajo.	41
Figura 2.17 – Valores de densidad en el transcurso del ciclo de trabajo.....	42

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Diagrama del sistema.	45
Figura 3.2 - kit: MAF/VACCUUM Vari-Cool Trunk Mount.	48
Figura 3.3. – Bomba Shurflo 8030-811-239.	49
Figura 3.4. – Dimensiones de la bomba.	50
Figura 3.5 - Curva (temperatura vs. tiempo).	51
Figura 3.6 – Curva (presión vs. flujo).	52
Figura 3.7. Inyector de Agua.	53
Figura 3.8 – Dimensiones del Inyector.	53
Figura 3.9 - Tanque.	54
Figura 3.10 - Dimensiones del Tanque.	55
Figura 3.11 - Controlador electrónico.	56
Figura 3.12 – Dimensiones del controlador electrónico.	57
Figura 3.14 – Instalación de la bomba.	62
Figura 3.15 – Instalación de la bomba.	62
Figura 3.16 – Instalación de la bomba.	63
Figura 3.17 – Instalación de la bomba.	63
Figura 3.18 – Instalación de la bomba.	64
Figura 3.19 – Instalación de la bomba.	64
Figura 3.20 - Lugar de perforación para el inyector.	65
Figura 3.21 – Instalación del Tanque.	66
Figura 3.22 – Instalación eléctrica del controlador electrónico.	66
Figura 3.23 – Diagrama de Conexión.	68
Figura 3.23 – Pantalla indicadora de conexión.	69
Figura 3.23 – Pantalla de ajuste.	71
Figura 3.24 - Swich empotrado.	72
Figura. 3.25 – Pantalla del modo de control.	72
Figura 3.27 – Pantalla del modo de control.	73
Figura 3.28 – Curva caudal vs. voltaje.	74

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 - Ubicación el vehículo para las pruebas.	76
Figura 4.2 – Ubicación de sensores de análisis.	76
Figura 4.3 - Ventilador.	77
Figura 4.4 - Operario del Software de análisis.	77

Figura 4.5 - Curva de Torque y Potencia.....	79
Figura 4.6 - Equipo de análisis de gases.....	80
Figura 4.7 - Curva de Torque y Potencia.....	83
Figura 4.8 - Curva comparativa de potencia.....	85
Figura 4.9 – Gráfico de Barras (Potencia).....	85
Figura 4.10 - Curva comparativa de torque.....	86
Figura 4.11 – Gráfico de Barras (Torque).	86
Figura 4.12 – Gráfico de barras (CO).....	86
Figura 4.13 – Gráfico de barras (CO2).....	87
Figura 4.14 – Gráfico de barras (HC).....	87
Figura 4.15 – Gráfico de barras (NOx).....	87

CAPÍTULO V

Figura 5.1 – Pantalla de visualización de sensores.....	89
Figura 5.2 - Indicador del ciclo de trabajo.....	90
Figura 5.3 – Led indicador de funcionamiento.....	90
Figura 5.4 - Manillas de ajuste de Presión.	91
Figura 5.5 – Pantalla del sistema primario.	92
Figura 5.6 – Pantalla de gráficos.	92
Figura 5.7 – Pantalla de configuración de datos a visualizar.	93
Figura 5.8 – Pantalla de datos.....	94
Figura 5.9 - Opciones de Pantalla.....	94
Figura 5.10 – Pantalla de Estatus.	95
Figura 5.11 – Comprobación TPS.	100
Figura 5.12 – Salida de tensión TPS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla I.1 - Procesos reactivos.....	5
Tabla I.2 – Descripción pines	18
Tabla I.3 – Emisiones GNC vs. Gasolina.....	25

CAPÍTULO II

Tabla II.1 – Valores registrados en el vehículo.....	34
Tabla II.2 – Valores introducidos en el programa.....	34

CAPÍTULO IV

Tabla IV.1 - Parámetros iniciales para las pruebas.	78
Tabla IV.2 – Datos de torque y potencia obtenidos.	79
Tabla IV.3 - Tabla de emisiones sin hidroinyección.....	81
Tabla IV.4 - Tabla de resultados de emisiones con hidroinyección.....	82
Tabla IV.5 - Resultado de emisiones con hidroinyección.....	84
Tabla IV.6 Análisis de resultados.....	88

CAPÍTULO V

Tabla V.1 – Operaciones de mantenimiento sintomático.....	97
Tabla V.2 – Síntomas de fallo del sistema.....	106

CAPITULO I HIDROINYECCIÓN

1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCIÓN DE AGUA

La Inyección de agua se remonta a la década de 1930. Fue ampliamente utilizada por primera vez en la Segunda Guerra Mundial en motores sobrealimentados y turboalimentado de aviones de combate para aumentar la potencia en el despegue y el aumento de la altitud de un avión que podría subir. En 1942, la Luftwaffe alemán aumento la potencia de la Focke-Wulf 190D-9 (Figura. 1.1) aviones de combate de 1776HP a 2240HP utilizando 50/50% de agua / metanol inyección.



Figura 1.1- Focke - Wulf 190D-9 (pionero en la utilización de hidroinyección).

También conocida como inyección anti-detonante, es un método para enfriar las cámaras de combustión de los motores mediante la adición de agua a la entrada de la mezcla aire combustible lo que permite un mayor grado de compresión y eliminar en gran medida el la detonación. Esto aumenta el octanaje del combustible, lo que significa una ganancia en el rendimiento del combustible.

La hidroinyección permite el ingreso de pequeñas dosis de agua a la cámara de combustión de los motores logrando un aumento de la potencia. La inyección de agua ingresa junto con el aire una pequeña cantidad de agua destilada a la cámara de combustión, para llegar a los cilindros y mejorar la combustión.

El agua que inyecta es disociada en sus dos componentes moleculares por el calor de la combustión que normalmente se pierde a través del refrigerante del motor y del escape. Las moléculas de oxígeno e hidrógeno se vuelven a combinar espontáneamente acelerando la reacción de combustión con gran violencia. Es decir que el sistema aprovecha la altísima temperatura de la combustión, que de otra manera se pierde por radiación a la atmósfera, para disociar la pequeña parte de agua agregada a la cámara del motor.

En un motor, la inyección inicial de agua enfría la mezcla aire-combustible un poco, lo que aumenta su densidad y por lo tanto, la cantidad de mezcla que entra en el cilindro. Pero el mayor efecto viene más tarde durante la combustión cuando el agua toma en cantidades significativas de energía térmica, ya que convierte líquido a gas (vapor).

En el hidroinyector, en los motores, el agua pasa primero por un filtro y por una válvula reguladora, luego por una válvula electromagnética de corte que controla el circuito según esté funcionando el motor. Luego el agua pasa por otro filtro y por un dispositivo hidráulico que amortigua la demanda cambiante de los cilindros según la marcha del motor.

1.2. DISOCIACIÓN TÉRMICA DEL AGUA

En los motores de combustión interna de la mayoría de los automóviles, se aprovecha la energía que se desprende de la combustión. Al quemarse el combustible dentro del cilindro, el gas formado genera el movimiento del pistón y posteriormente este movimiento sirve para mover las ruedas del automóvil. Desafortunadamente sólo 20 % de la energía contenida originalmente en el combustible se transforma efectivamente en trabajo útil, esto es, gran parte de la energía se desperdicia.

El 80% de la energía desperdiciada entre otras cosas en energía térmica y si bien la segunda ley de la termodinámica expresa claramente “Una cantidad de energía puede transformarse en otra y toda esta segunda es imposible que pueda restablecerse en la primera forma de energía o dicho de otra manera que toda la energía generada por la combustión de combustible no puede ser focalizada directa y explícitamente en una totalidad en el movimiento y potencia del automotor sobre sus ruedas.

Se pretende extraer un porcentaje de la energía “desperdiciada” en calor en el propósito de conseguir la disociación térmica del agua (termólisis).

Termólisis es el término general empleado para ciertas reacciones químicas en las cuales el agua es dividida en sus componentes oxígeno e hidrógeno. Diversas técnicas están siendo activa y ampliamente investigadas debido a la fuerte demanda que tendría un suministro de hidrógeno barato en la futura economía del hidrógeno.

Entre los métodos actuales de separación, se encuentran:

- Electrolisis
- Termólisis.

Y entre los que se encuentran en actual investigación:

- Foto catálisis o fotosíntesis artificial
- Electrolisis de alta temperatura

Para la presente investigación nos centraremos en la termólisis o disociación térmica del Agua, puesto que las condiciones que se llevan a cabo dentro de la cámara de combustión de nuestro motor, impulsado por GNC, son adecuadas para dicho proceso que a continuación se explica:

La termólisis es una reacción química en la que un compuesto se separa en al menos otros dos cuando se somete a un aumento de temperatura. Se trata de una reacción endotérmica porque requiere un aporte de calor para romper los enlaces químicos. La temperatura de descomposición es la necesaria para que este proceso tenga lugar.



Es un proceso químico en el cual se realiza un rompimiento de la unión de las moléculas orgánicas, generando gasificación de los compuestos fácilmente degradables a través de un calentamiento directo o indirecto. El agua calentada a más de 2500°K rompe sus enlaces y se convierte en átomos de hidrógeno y oxígeno.

Tabla I.1 - Procesos reactivos

Clase I		T ≤ 1000K	
Proceso		Reacción endotérmica	T(K)
Ciclos termoquímicos de temperaturas "moderadas"	Ciclos de la familia del azufre	Descomposición del ácido sulfúrico $H_2SO_4(g) \rightarrow SO_2(g) + H_2O(g) + 1/2O_2(g)$	T ≈ 1000
	Ciclos del tipo UT- 3	Hidrólisis del bromuro de calcio y del bromuro de hierro $CaBr_2(s) + H_2O(g) \rightarrow CaO(s) + 2HBr(g)$ $3FeBr_2(s) + 4H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 6HBr(g) + H_2(g)$	T ≈ 900
Clase II		1000K ≤ T ≤ 2500K	
Proceso		Reacción endotérmica	T(K)
Ciclos termoquímicos de temperaturas elevadas	Reducción óxidos metálicos	Disociación del óxido metálico $M_xO_y \rightarrow xM + y/2O_2$	T ≈ 2500
Descarbonización de combustibles fósiles	Pirólisis (cracking)	Descomposición térmica de hidrocarburos. $C_xH_y \rightarrow xC(g) + y/2H_2$	T ≈ 1000
	Reformado	Descarbonización de hidrocarburos ligeros $C_xH_y + xH_2O \rightarrow xCO + (y/2+x)H_2$	T ≈ 1000
	Gasificación	Descarbonización de hidrocarburos pesados o carbón $C_xH_y + xH_2O \rightarrow xCO + (y/2+x)H_2$	T ≈ 1100
Clase III		T > 2500K	
Proceso		Reacción endotérmica	T(K)
Termólisis directa del agua		Disociación del agua $H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2$	T > 2500

Fuente: – <http://www.upcomillas.es/>.

La termólisis a menudo se conoce también como pirólisis. Esto es únicamente una preferencia en el uso de la terminología, ya que la traducción directa del griego pyro es fuego (calentamiento directo por llama), mientras que thermo significa calor (calentamiento indirecto). Por lo tanto, es más adecuado hablar de termólisis para el proceso en cuestión.

1.3. BOMBAS DE INYECCIÓN

Para poder conseguir las condiciones de inyección es necesario conducir el fluido desde el tanque hasta el inyector a una presión adecuada y de un modo controlado electrónicamente por lo que es necesario utilizar una bomba.

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.

1.3.1. CLASIFICACIÓN

Se pueden considerar dos grandes grupos: Dinámicas (centrífugas, periféricas y especiales) y de desplazamiento positivo (reciprocantes y rotatorias).

Considerando los requerimientos necesarios para ejecutar el sistema se utilizó una bomba de desplazamiento positivo.

1.3.2. BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

El movimiento cíclico constante de su parte móvil en una bomba de desplazamiento positivo es capaz de entregar un caudal constante de líquido y soportar (dentro de sus límites) cualquier presión que se requiera. En otras palabras, una bomba de desplazamiento positivo genera caudal, pero a alta presión.

Una bomba de desplazamiento positivo consiste básicamente de una parte móvil alojada dentro de una carcasa. La bomba tiene un émbolo como parte móvil. El eje del émbolo está conectado a una máquina de potencia motriz

capaz de producir un movimiento alternativo constante del émbolo. El puerto de entrada está conectado al depósito, en los puertos de entrada y salida, una bola permite que el líquido fluya en un solo sentido a través de la carcasa. Estas bombas las constituyen las del tipo oleo hidráulico, es decir, bombas que además de generar el caudal, lo desplazan al sistema obligándolo a trabajar, este fenómeno se mantiene aún a elevadas presiones de funcionamiento.

A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en:

- Bombas de embolo alternativo.
- Bombas rotativas o roto estáticas.

Considerando los requerimientos del proyecto la bomba seleccionada pertenece al primer grupo el mismo que a continuación se muestra su descripción.

Bombas de émbolo alternativo, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.

1.3.3. VENTAJA DE LAS BOMBAS POSITIVAS

Las bombas positivas tienen la ventaja de que para poder trabajar no necesitan "cebarse", es decir, no es necesario llenar previamente el tubo de succión y el cuerpo de la bomba para que ésta pueda iniciar su funcionamiento, tal como acontece en las bombas centrífugas. En las bombas positivas, a medida que la bomba por sí misma va llenándose de líquido, éste va desalojando el aire

contenida en la tubería de succión, iniciándose el escurrimiento a través del sistema cuando ha acabado de ser desalojado el aire.

Para completar lo antes dicho relativo a las bombas positivas o de presión mecánica ya sea recíprocante o rotatoria y por lo que respecta a la altura de succión más conveniente en ellas, es necesario revisar en un diagrama de funcionamiento la altura a la que conviene instalar una bomba de éstas, con el fin de obtener de ellas su mejor funcionamiento. Queda entendido que la altura práctica de succión indicada, es igual a la distancia vertical a la que puede ser elevada el agua en la succión, menos las pérdidas de carga por fricción y otras si las hay.

1.4. SISTEMAS DE INYECCIÓN

El sistema de inyección empleado se basa en el principio de Bernoulli para conseguir el incremento de la velocidad en el ingreso del agua al múltiple de admisión y el efecto Vénturi para la succión eficiente del líquido hacia la cámara de combustión.

1.4.1. PRINCIPIO DE BERNOULLI

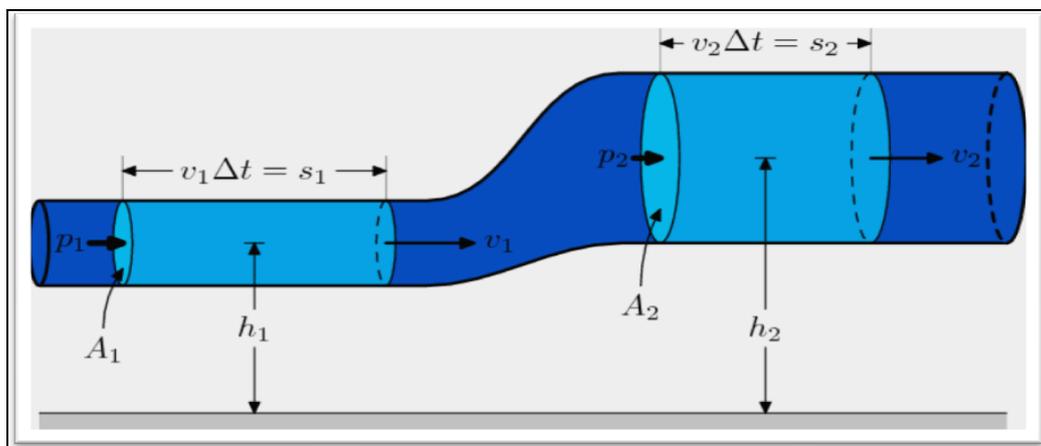


Figura 1.2 - Esquema del Principio de Bernoulli.

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = \text{constante}$$

Ecuación 1.1.

El principio de Bernoulli describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

Cinético: Es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.

Potencial gravitacional: Es la energía debido a la altitud que un fluido posea.

Energía de flujo: Es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como "Ecuación de Bernoulli" (Trinomio de Bernoulli) consta de estos mismos términos.

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = \text{constante}$$

Donde:

- V = velocidad del fluido en la sección considerada.
- g = aceleración gravitatoria
- z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.
- P = presión a lo largo de la línea de corriente.
- ρ = densidad del fluido.

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos:

- Viscosidad (fricción interna) = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona 'no viscosa' del fluido.
- Caudal constante
- Fluido incompresible - ρ es constante.

La ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente.

1.4.2. EFECTO VÉNTURI

“Consiste en que la corriente de un fluido dentro de un conducto cerrado disminuye la presión del fluido al aumentar la velocidad cuando pasa por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto.

El efecto Vénturi se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta. Por el teorema de conservación de la energía si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente”¹.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Venturi

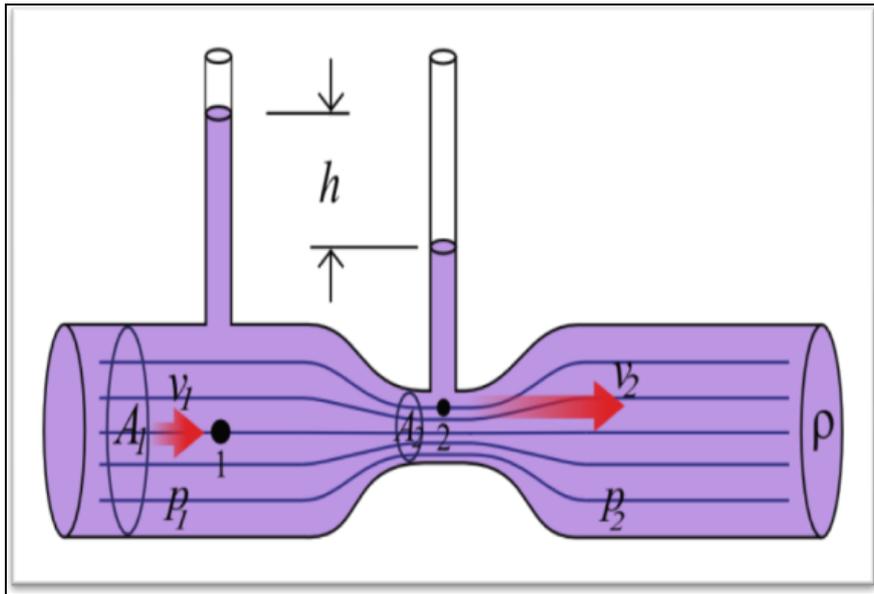


Figura 1.3 - Esquema del efecto Vénturi.

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 \quad \text{Ecuación 1.2.}$$

“Un tubo de Vénturi es una cavidad de sección S_1 por la que fluye un fluido y que en una parte se estrecha, teniendo ahora una sección $S_2 < S_1$. Como el caudal se conserva entonces tenemos que $V_2 > V_1$. Por tanto: Si el tubo es horizontal entonces $h_1 = h_2$, y con la condición anterior de las velocidades vemos que, necesariamente, $P_1 > P_2$. Es decir, un estrechamiento en un tubo horizontal implica que la presión estática del líquido disminuye en el estrechamiento.”²

² <http://www.lawebdefisica.com/dicc/bernoulli/>

1.5. CENTRALITAS DE VEHÍCULOS

Una centralita electrónica, es un dispositivo electrónico normalmente conectado a una serie de sensores que le proporcionan información a los actuadores que ejecutan sus comandos. Las centralitas electrónicas cuentan con un software cuya lógica le permite tomar decisiones y operar a los actuadores según la información que proporcionan los sensores. En la electrónica del automóvil una centralita electrónica (en inglés *electronic control unit*, ECU), es un circuito integrado que controla al menos un subsistema eléctrico en el vehículo.

Para la hidroinyección es necesario tener controlado tanto el tiempo que debe estar inyectando, así como el caudal que la bomba envía al inyector. Para controlar estos parámetros existe una centralita, la misma que puede ser controlada manualmente por medio de unas perillas (MIN, MAX y TUNE), y por medio de la programación de la misma. El módulo electrónico es el responsable de controlar el tiempo de inyección de agua así como su caudal, en definitiva los cambios que se generen en el desempeño del motor son detectados por esta centralita por medio de las variaciones de voltajes que los sensores adquieran.

Esta centralita es programada con datos que aseguran que el desempeño o el comportamiento del motor sean eficientes y que se mantenga así para todo el rango de revoluciones seleccionado. Debe poder ser calibrada usando la información que el sensor envíe para un ajuste más preciso del tiempo de inyección del agua.

Así pues la potencia del motor y el par motor estarán controlados por la ECM y la duración de la inyección del agua por el módulo electrónico de la hidroinyección en función de cómo haya sido programado.

El módulo electrónico tiene muchas opciones de configuración. El mando MIN son las PSI con las que desea iniciar la inyección. El mando MAX es las PSI con las que se desea que el sistema este en pleno caudal.

Dependiendo de la configuración que se tenga tenemos la opción de 1-30 PSI en mínimo y de 4-120 PSI en el máximo. El mando TUNE es la bomba rampa normal.

Cada vez que se baja el botón TUNE reducirá la curva general en un 7,5%. Por ejemplo, si se tiene el MIN fijado en 10, el MAX en 15 y Tune en 10, cuando se alcance las 15 psi se encontrará en un 100% el ciclo de trabajo. Y si se mueve el TUNE a 9 se encontrará en 92,5%, la posición 8 es 85%, etc.

1.5.1. COMPONENTES DE LA CENTRALITA

La centralita está compuesta de distintos componentes electrónicos, entre los cuales podemos destacar los siguientes:

1.5.1.1. 16 bit high speed digital signal processor (dsp)

El C32025 es un procesador digital de señal básica de 16 bits de punto fijo. Combina la flexibilidad de una línea de alta velocidad con el controlador de la capacidad numérica de una serie de procesadores.

1.5.1.1.1. *Características*

- **Unidad de Control:**

- √ Tiene una instrucción de decodificación de 16 bits.

- √ Repite las instrucciones para el uso eficiente del programa espacial y una mayor ejecución.

- **Unidad Central aritmética-lógica:**

- √ Posee un cambiador paralelo de 16 bits, realizando operaciones lógicas y aritméticas de 32 bits.

- **Registros auxiliares:**

- √ Tiene de 8 a 16 bits para los registros de direccionamiento indirecto o temporal de almacenamiento de datos.

- **Apoyo de multiprocesamiento:**

- √ Interfaz global de memoria de datos

- √ Sincronización de entrada para configuraciones del multiprocesador.

1.5.1.1.2. *Aplicaciones*

El C32025 puede ser utilizado para una variedad de aplicaciones de procesamiento de señales, incluyendo:

- Digital sound processing (adaptive filtering, FFT, other special sound effects) Procesamiento de sonido digital.
- Reconocimiento de voz.
- Telecomunicaciones (módems, codecs).
- Equipo médico (herramientas de diagnóstico).
- Ordenadores periféricos.
- Varios de datos incorporados sistemas intensivos.

1.5.1.1.3. Símbolo diagrama

En la figura que se muestra a continuación se indica los pines con las entradas y salidas de datos del procesador ocupado en la centralita.

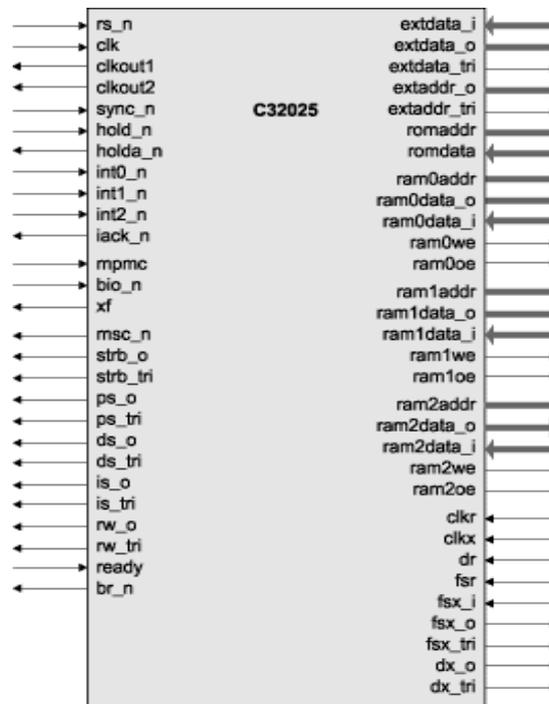


Figura 1.4 – Símbolo de diagrama

1.5.1.1.4. Diagrama de bloques

El C32025 básico es dividido en módulos los cuales ayudan al proceso más rápido de la información dentro del modulo electrónico, constando de la unidad de control que controla el flujo de los datos, la unidad aritmética lógica en la que se realiza el registro y operaciones necesarias, la unidad de registro auxiliar en donde se realiza operaciones auxiliares después de la lectura y escritura en la memoria, la unidad de apilamiento en la que se almacenan las instrucciones a realizar, la unidad de reset que restablece la comunicación de entrada una vez por cada ciclo de trabajo, la unidad de control de memoria en la cual se almacena los datos de procesamiento, y la unidad temporizadora la misma que controla o regula la salida de los datos almacenados.

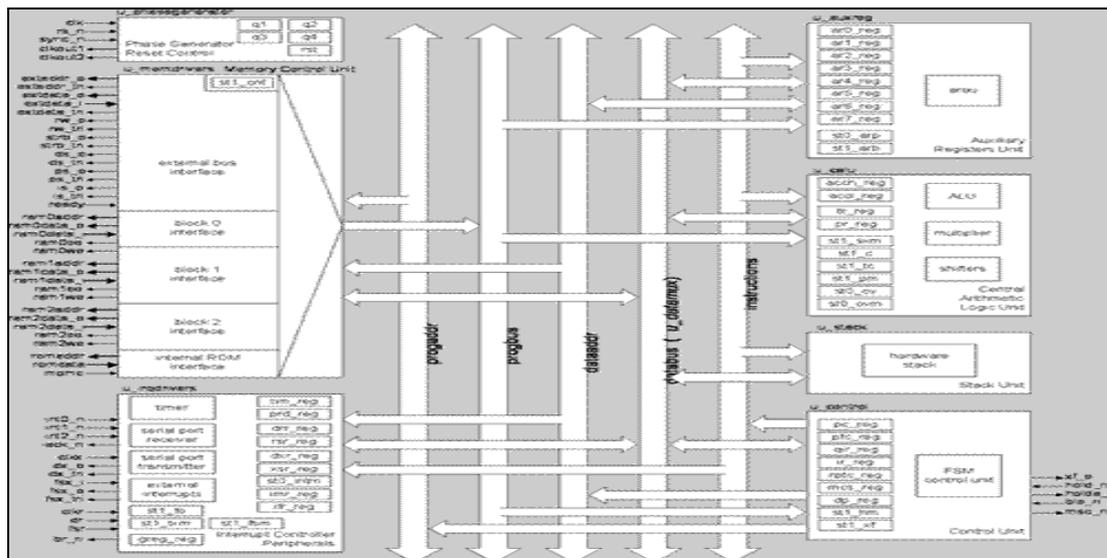


Figura 1.5 – Diagrama de bloques.

1.5.1.2. High speed rs232 serial communications port

Este puerto el RS232, existente en todos los ordenadores actualmente es el sistema más común para la transmisión de datos entre ordenadores. Todos los ordenadores como mínimo poseen uno (módem, ratón,...).

El RS232 es un estándar de comunicaciones propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) y es la última de varias versiones anteriores. Antiguamente se utilizaba para conectar terminales a un ordenador Host. Se envían datos de 7, 8 o 9 bits. La velocidad se mide en baudios (bits/segundo) y sólo son necesarios dos cables, uno de transmisión y otro de recepción.

Lo más importante del estándar de comunicaciones es la funciones específica de cada pin de entrada y salida de datos porque nos encontramos básicamente con dos tipos de conectores los de 25 pines y los de 9 pines, es probable que se encuentre mas la versión de 9 pines aunque la versión de 25 permite muchas más información en la transferencia de datos.

Las señales con la que actúa el puerto son digitales (0 - 1) y la tensión a la que trabaja es de 12 Voltios, resumiendo:

12V = Lógica "0"

-12 V = Lógica "1"

Las características de los pines y su nombre típico son:

- TXD Transmitir Datos Señal de salida
- RXD Recibir Datos Señal de entrada
- RTS Solicitud de envío Señal de salida
- DTR Terminal de datos listo Señal de salida
- CTS Libre para envío Señal de entrada
- DSR Equipo de datos listo Señal de entrada
- DCD Detección de portadora Señal de entrada
- SG Tierra Referencia para señales
- RI Indicador de llamada Señal de entrada.

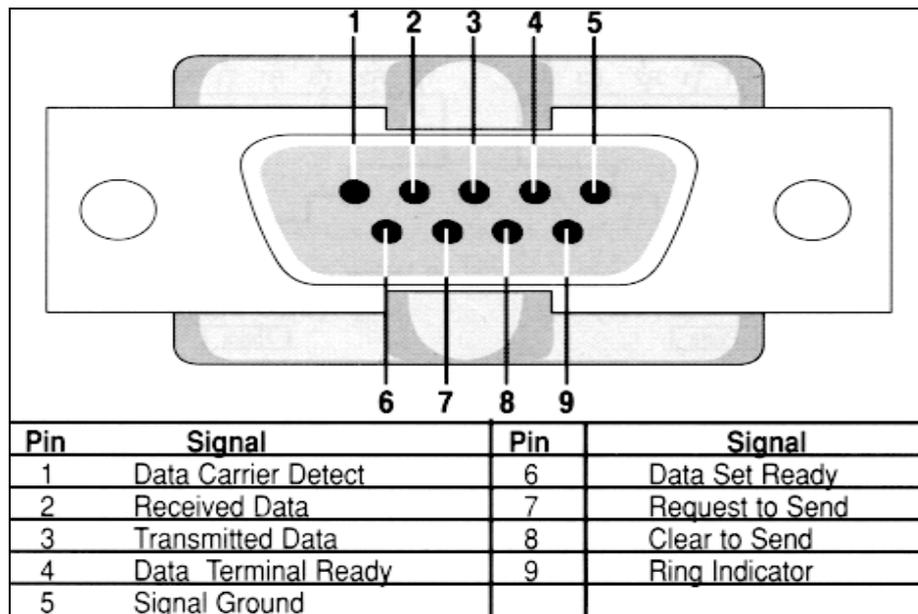


Figura 1.6 – Numeración pines.

Tabla I.2 – Descripción pines

Conector 25 pines	Conector 9 pines	Nombre	Descripción
1	1	-	Masa chasis
2	3	TxD	Transmit Data
3	2	RxD	Receive Data
4	7	RTS	Request to send
5	8	CTS	Clear to send
6	6	DSR	Data Set Ready
7	5	SG	Signal Ground
8	1	DCD	Data Carrier Detect
15	-	TxC	Transmit Clock
17	-	RxC	Receive Clock
20	4	DTR	Data Terminal Ready
22	9	RI	Ring Indicator
24	-	RTxC	Transmin/Receive Clock

Fuente: <http://electrosofts.com/serial/>.

Existen hasta prácticamente 25 señales más pero no son muy usadas y para usos con el micro controlador generalmente no son necesarias.

1.6. SENSORES

Existen dos formas de activar el sistema que estamos incorporando, este puede ser tanto por el vacío generado en el múltiple de admisión o mediante una señal de entre 0 y 5 voltios que puede enviar cualquier sensor ya sea este el sensor MAP, MAF o TPS.

Los sensores que se ocupan en la hidroinyección dependerán mucho de la tecnología que posea cada vehículo, pero para el corsa Wind ocuparemos la señal de entre 0 y 5 voltios para poder indicar cuál es la carga que está recibiendo el motor, dependiendo de cuál sea esta carga o exigencia se mandará el suficiente caudal de agua para que la hidroinyección salga satisfactoria.

Los sensores que se pueden ocupar en el motor del corsa Wind son tanto el sensor MAP así como el TPS, ya que estos dos sensores posee el vehículo. Por razones prácticas se optó por utilizar solo la señal del sensor TPS como guía para el controlador electrónico de la hidroinyección.

A continuación se indica la función de cada sensor para la hidroinyección.

1.6.1. SENSOR MAP

El sensor MAP o sensor de presión absoluta del múltiple de admisión se encarga de informar a la ECU y al controlador electrónico de la hidroinyección el estado de carga del motor, con esta información la computadora del vehículo se encarga de ajustar el avance del encendido y el enriquecimiento de la mezcla de combustible, mientras que el módulo electrónico de la hidroinyección con la misma información se encarga de enviar el suficiente caudal de agua para realizar la hidroinyección de la mejor manera.

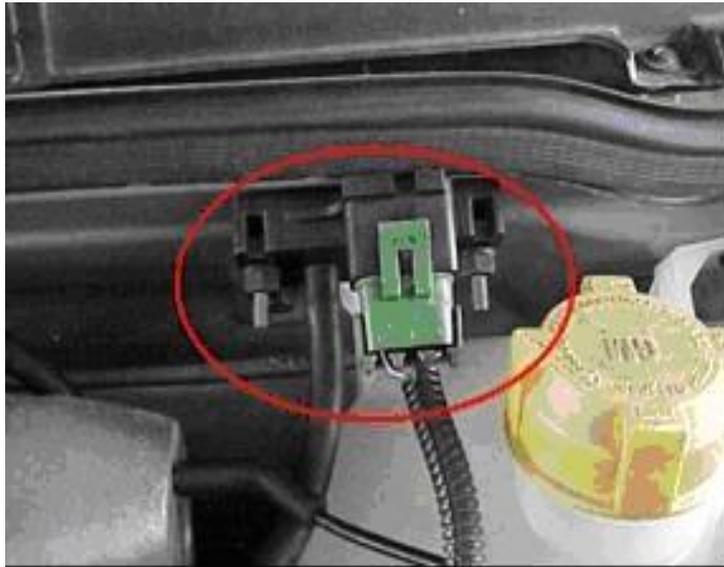


Figura 1.7 – Sensor Map.

El sensor MAP mide el vacío generado en el múltiple de admisión a través de una manguera que conecta ambos componentes. Cuando existe una condición de baja carga de motor y un alto vacío, la ECU se encarga de empobrecer la mezcla aire combustible y avanza el encendido para así lograr una mayor economía de combustible, de esta manera el controlador electrónico envía un voltaje menor, y con ello un menor caudal al múltiple de admisión. Por el contrario, cuando se genera una alta carga y un bajo vacío, la ECU enriquece la mezcla y retrasa la sincronización del encendido para evitar el fenómeno de la detonación (pistoneo), obligando de esta manera al controlador electrónico a enviar un mayor caudal de agua debido a la disminución del voltaje que se genera.

1.6.2. SENSOR TPS

Estos sensores conocidos como TPS (Throttle Position Sensor) cumplen la función de comunicarle a la unidad de control electrónica la posición de la mariposa de aceleración. Esta indicación la dan en forma de un valor de tensión que coincide con la posición. Su funcionamiento normalmente es por medio de un divisor resistivo en el que una de sus resistencias es un potenciómetro.

El funcionamiento de un potenciómetro es una resistencia formada por una delgada pista de carbón de cuyos extremos salen dos terminales; a dicha pista la recorre un cursor que está vinculado a un tercer terminal. La representación es la siguiente (figura. 1.8)

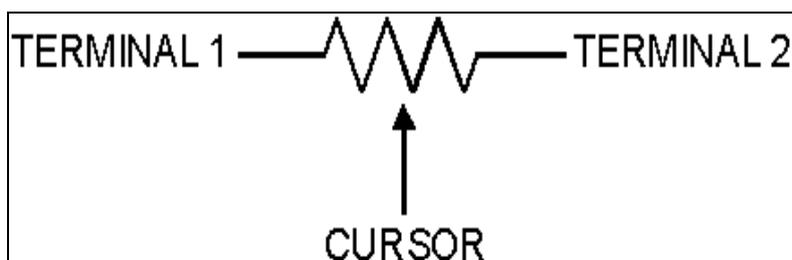


Figura 1.8 – Representación TPS.

Si aplicamos una tensión entre los terminales 1 y 2, en el cursor se tendrá una tensión proporcional a la posición de este sobre la pista, es decir, si el cursor está todo girado hacia el terminal 1, la tensión en el cursor y en el terminal 1 será idéntica. De la misma forma si el cursor está todo girado hacia el terminal 2, la tensión en el cursor coincidirá con la tensión sobre el terminal 2. Si la distribución de la resistencia a lo largo de la pista es lineal, entonces la tensión sobre el cursor será proporcional a la posición de este sobre la pista. Si el cursor está en el centro de la pista, la tensión sobre este será la mitad de la suma de las tensiones de los terminales 1 y 2.

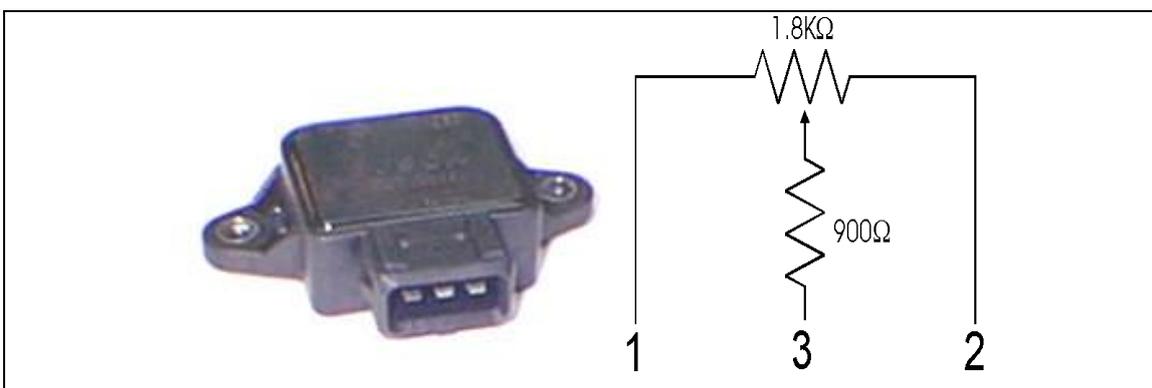


Figura 1.9 – Sensor TPS.

Este sensor en el vehículo efectúa un control preciso de la posición angular de la mariposa de aceleración, pasando un voltaje entre 0 y 5 voltios al módulo

electrónico de la hidroinyección para realizar una efectiva inyección de agua al múltiple de admisión.

El ECM toma esta información para poder efectuar distintas funciones, de suma importancia para el correcto funcionamiento de un sistema de inyección electrónica de combustible, así como para que la hidroinyección se realice en la proporción correcta para evitar daños en el motor.

El TPS del Corsa Wind es un potenciómetro de tres cables que consta de una pista resistiva barrida con un cursor, y alimentada con una tensión de 5 voltios desde el ECM. La condición de marcha lenta o mariposa cerrada, es detectada por el TPS en base a su condición de tensión mínima prevista, dicha tensión debe estar comprendida en un rango predeterminado y entendible por el ECM y el controlador electrónico de la hidroinyección como marcha lenta.

Este valor de tensión se suele denominar Voltaje Mínimo y es de suma importancia para el ajuste del caudal mínimo que se requiere para que la hidroinyección no afecte al motor.

1.6.3. SENSOR MAF

El sensor MAF está situado después del filtro de aire o antes del cuerpo de mariposa de aceleración.



Figura 1.10 – Sensor MAF.

Este sensor está diseñado a través de una resistencia denominada hilo caliente, el cual se aproxima a una temperatura de 200° C cuando el motor está operando. Esta resistencia varía su valor resistivo por el enfriamiento, cuando el aire es admitido a través del múltiple de admisión de acuerdo a la carga del motor. La salida de la señal del MAF debe ser proporcional a la cantidad de aire ingresada. En el oscilograma se observa la forma de onda correspondiente a una aceleración brusca. El voltaje de la señal en ralentí debe ser de alrededor de 1V mientras que en una aceleración brusca la señal del MAF crecerá hasta 3V o más.

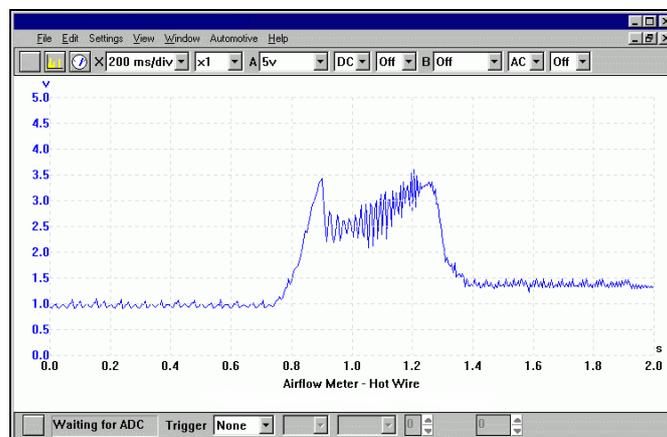


Figura 1.11 – Oscilograma del sensor MAF- CISE electronics

Los sensores MAF suelen tener 4 cables correspondiendo a:

- Alimentación 12V
- Masa de calefacción.
- Masa del sensor MAF.
- Señal del sensor MAF: 0,7V a 4V

Algunos sensores MAF tienen 5 ó 6 cables pudiendo agregarse una alimentación de 5V y una termistancia de aire (IAT). Algunos MAF pueden tener solamente 3 cables (vehículos Asiáticos) en este tipo se han unificado las dos masas. La construcción y principios del funcionamiento del sensor MAF se basa en un conjunto de resistencia, el cual se denomina como el puente Wheatstone y dentro del mismo está incorporada la resistencia de hilo caliente e hilo frío.

El sensor MAF recibe una tensión de alimentación de (+) 12 vol. Desde el relé de inyección o de acuerdo a los modelos según los diagramas, los circuitos siguientes están conectados en formas directas desde la Unidad de Control Electrónica (ECU). Por medio de éste sensor se le informa a la ECU la cantidad de aire que ingresa al motor a través del voltaje variable del sensor MAF. Durante la marcha del motor de acuerdo a este voltaje, la ECU suministra la inyección y la curva de avance del encendido aproximándose al valor estequiométrico.

1.7. EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES

En los procesos de combustión los elementos o compuestos (o bien ambos) contenidos en elevada proporción en la sustancia llamada combustible, se combinan con el oxígeno del aire suministrado al proceso formando óxidos. Estos óxidos forman, junto con el nitrógeno del aire suministrado, los productos de la combustión o gases de escape

Puesto que la mayoría de los combustibles contienen altos porcentajes de carbono (o de compuestos de carbono) e hidrógeno, los productos de la combustión están formados generalmente por los óxidos de carbono y humedad, ya que ésta última es óxido de hidrógeno. Esta es la razón para decir que la combustión es, desde el punto de vista químico, un proceso de oxidación.

El GNC es llamado el combustible "limpio", debido a que el gas natural produce un 30% menos dióxido de carbono (CO₂), un 30% menos de monóxido de carbono (CO) y un 80% menos de óxidos nitrosos (NO_x). Además, no genera azufre (los motores de gasoil emiten 18.4 g/hora), ni trazas de plomo ni de metales pesados y garantiza un menor nivel de emisiones tóxicas.

En general, los motores de los vehículos de gas natural producen emisiones de CO relativamente más bajas, debido al bajo contenido de carbón del combustible, la ausencia del enriquecimiento de la mezcla en el arranque en frío, y a la baja temperatura en los productos de la combustión de las emisiones de escape (lo que reduce la necesidad de enriquecimiento en condiciones de máxima aceleración, protegiendo la válvula de escape).

Los motores de gas natural también son capaces de conseguir niveles de NOx tan buenos como los de los mejores motores de gasolina, y de 50 a 80% más bajos que los niveles de NOx de los motores diesel. La emisión de partículas es extremadamente baja, y la emisión de formaldehidos es comparable a la de los motores de gasolina o diesel.

La emisión de hidrocarburos totales tiende a ser 2 ó 3 veces mayor que la de los motores a gasolina con control de emisiones, sin embargo una gran fracción de estas emisiones de HC es metano, el cual no es activo foto químicamente.

Tabla I.3 – Emisiones GNC vs. Gasolina.

GAS	ACELERACION (%)	RPM	GNC	GASOLINA
Monóxido de Carbono (CO)	25	1500-2800	0.8-2.6	1.3-1.1
	50	1500-4000	2.5-0.2	3.2-1.7
	100	1500-4500	2.5-0.2	3.8-3.5
Dióxido de Carbono (CO2)	25	1500-2800	8.4-7	9.1-11
	50	1500-4000	7.2-9	8.4-10
	100	1500-4500	8-10.1	8.2-11.4
Oxigeno (O2)	25	1500-2800	5.5-6.2	7-5.3
	50	1500-4000	6	6.1-5
	100	1500-4500	7.3-7.5	5.5-6
Hidrocarburos (HC)	25	1500-2800	170-140 ppm	240-330 ppm
	50	1500-4000	420-70 ppm	400-160 ppm
	100	1500-4500	480-60 ppm	440-125 ppm

1.8. BENEFICIOS DE LA HIDROINYECCIÓN

La implementación del sistema de la hidroinyección en el desempeño del motor logra brindar una serie de prestaciones de diferente índole al motor de modo que para lograr conocer la serie de ventajas que se obtienen se ha sub-dividido en:

- Beneficios Mecánicos.
- Beneficios Ambientales.
- Beneficios Económicos.

1.8.1. BENEFICIOS MECÁNICOS

Ante condiciones normales un motor propulsado por GNC genera la siguiente reacción Química:



Se obtienen unas 13 300 calorías por cada gramo de metano (CH₄) quemado. En tanto que al realizar la combustión del Hidrogeno producto de la termólisis del agua en la primera fase de este proyecto adicionamos un excedente de calor producto de dicha reacción exotérmica:



Entonces estos 241 KJ desembocaran en un mayor empuje sobre la cabeza del pistón el mismo que dicho de otra manera cede un porcentaje de caballaje adicional al vehículo en términos de potencia.

El agua tiene un efecto principal de enfriamiento debido a su gran densidad y propiedades de alta absorción de calor. Según estudios realizados la inyección de agua al múltiple de admisión logra descender la temperatura de la mezcla entre 50 y 200 grados Fahrenheit instantáneamente.

Mejora de la combustión debido a que:

- Enfría al aire que ingresa al motor de esta manera se incrementa la cantidad (masa) del mismo que ingresa al motor.
- En la cámara de combustión el agua se transforma en vapor y de esta manera se incrementa el impulso que reciben los gases de combustión obteniendo unos hp adicionales.
- Al disminuir la temperatura del entorno a la cámara de combustión se evitan la formación de óxidos de nitrógeno.
- Al incrementar la masa de aire que entra en el cilindro aumenta la relación de compresión y con esto se evita la detonación.

Como se ha mencionado la hidroinyección consigue controlar la detonación puesto que entre las diferentes maneras mediante las cuales esta se contrarresta tenemos las siguientes:

- Bajar la temperatura del refrigerante.
- Bajar la temperatura del aire de admisión.
- Bajar la relación de compresión.
- Utilizar gasolina de mayor octanaje.
- Utilizar una mezcla más rica.
- Adelantar el tiempo de encendido.

Perfecta combustión: Tanto la desaparición del constante ataque a los metales, como la desaparición de la costra (que acumula humedad) originada por los

residuos carbonosos de la combustión, aumentan la vida útil de los caños de escape y silenciadores.

Sencilla instalación: La instalación del sistema no requiere modificar el motor. La Hidroinyección se aplica a todos los vehículos sin modificar el motor y sin reformar ninguna parte del habitáculo.

Mayor rendimiento: Gracias a la hidroinyección el motor tendrá mayor disponibilidad de arranque, más rendimiento, más suavidad de marcha y mejor desplazamiento.

1.8.2. BENEFICIOS AMBIENTALES

La emisión indiscriminada de gases está acentuando el efecto invernadero y hace que suba la temperatura global del planeta. El protocolo de Kioto es un acuerdo entre 189 países para controlar las emisiones que producen el efecto invernadero.

Una de las medidas que acordaron en el 2000 fue disminuir las emisiones a los niveles de 1990. Los desarrollos de Hidroinyección reducen las emisiones de la cámara de combustión de los motores en porcentajes considerables.

La hidroinyección regula el paso de agua a la admisión del motor, lo que logra la disociación molecular del agua en el momento de la explosión, reduciendo la emisión de gases.

Además, la diminuta proporción de agua que entra en la cámara de admisión elimina los residuos carbonosos que quedan luego de la explosión anterior y permite que el recorrido del pistón sea más rápido, ya que en un motor normal quedan muchos residuos.

Como se menciona anteriormente el ingreso de pequeñas dosis de Agua consigue reducir considerablemente la temperatura del ingreso del combustible y aire a la cámara y con ello reducir la temperatura de la misma la que como se sabe al ser elevada es la causante de la formación de NOx de esta manera se logra reducir de un modo sustancial la emisión de este compuesto a la atmosfera.

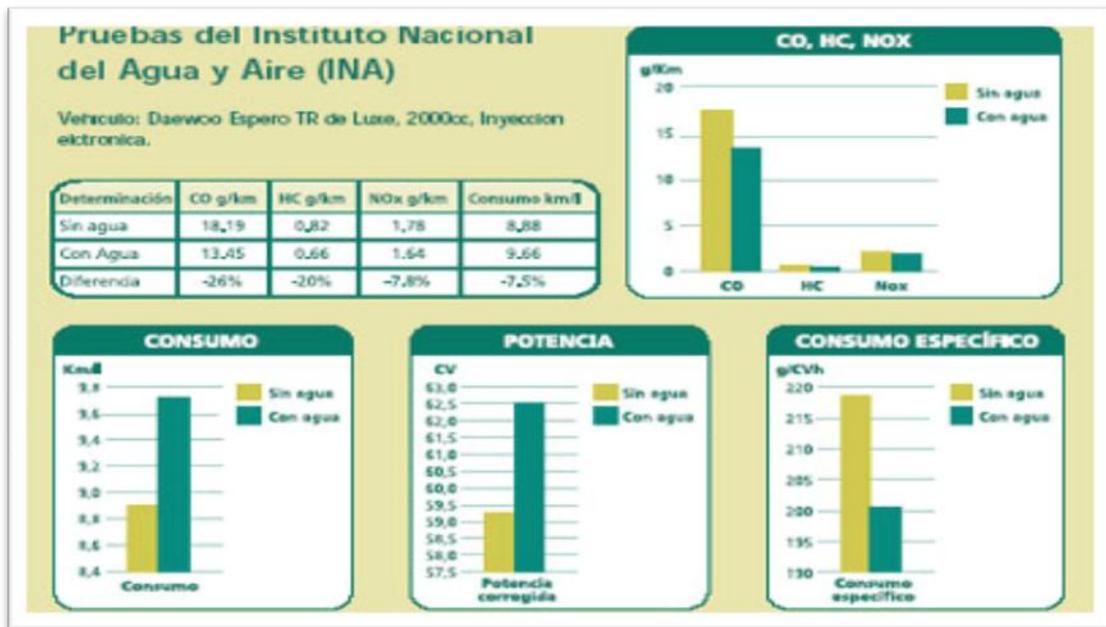


Figura 1.12 - Ventajas de la Hidroinyección en Argentina.
Fuente: <http://www.ambientum.com>.

1.8.3. BENEFICIOS ECONÓMICOS

Economización de aceite y filtro: Al desaparecer el carbón, la contaminación del aceite y de los filtros es mínima. Por lo tanto se alarga su vida útil.

El aumento de potencia generado por la disociación molecular del agua en el momento de la explosión, logra una importante disminución de consumo de combustible.

CAPITULO II

DISEÑO COMPUTACIONAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Mediante el análisis de elementos finitos se observa el recorrido de los fluidos así como la presión, temperatura, velocidad y densidad que estos experimentan con el propósito de conocer de un modo más claro y verás los efectos que tiene la hidroinyección sobre los factores antes mencionados los mismos que serán de gran ayuda al momento de realizar un análisis de los efectos del sistema planteado sobre los parámetros funcionales del motor tales como: torque, potencia y emisión de gases.

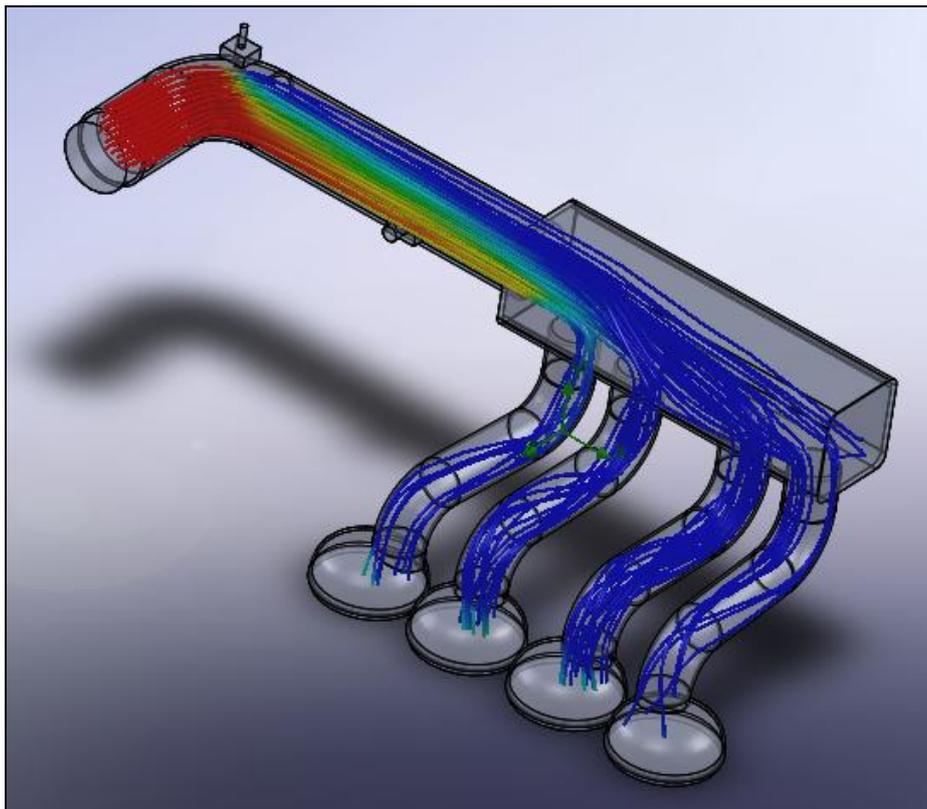


Figura 2.1 – Trayectoria del fluido por los cuatro cilindros.

2.1. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Para realizar los cálculos en el programa de números finitos es necesario tener en primer lugar las medidas del múltiple de admisión, para de esta manera realizar un modelo esquemático del mismo tratando que este sea lo más parecido al real, de modo que al momento de realizar los diferentes estudios en el boceto estos sean lo más reales posible. De la figura 2.2 a la figura 2.5 se puede observar las distintas fases en la construcción del modelo esquemático del múltiple llegando hasta la cámara de combustión.

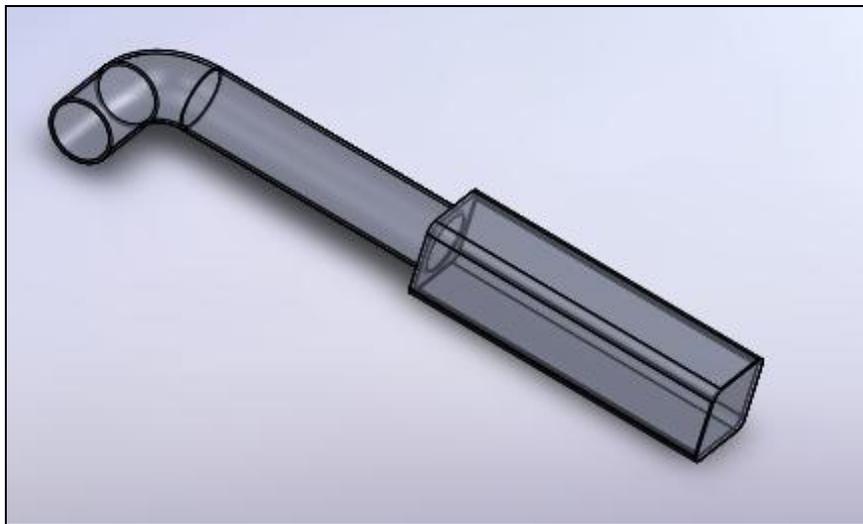


Figura 2.2 – Construcción del múltiple de admisión.

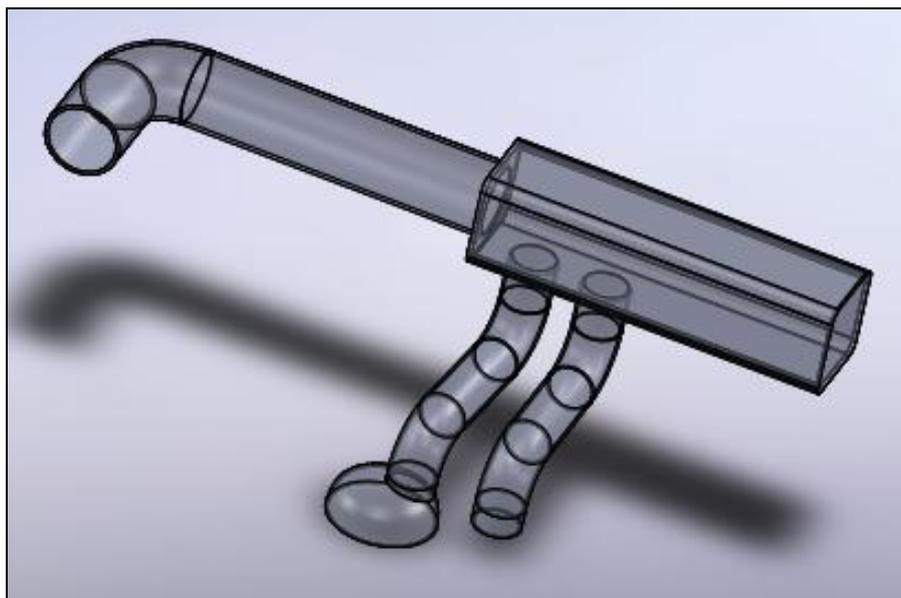


Figura 2.3 – Construcción de la cámara de combustión del primer cilindro.

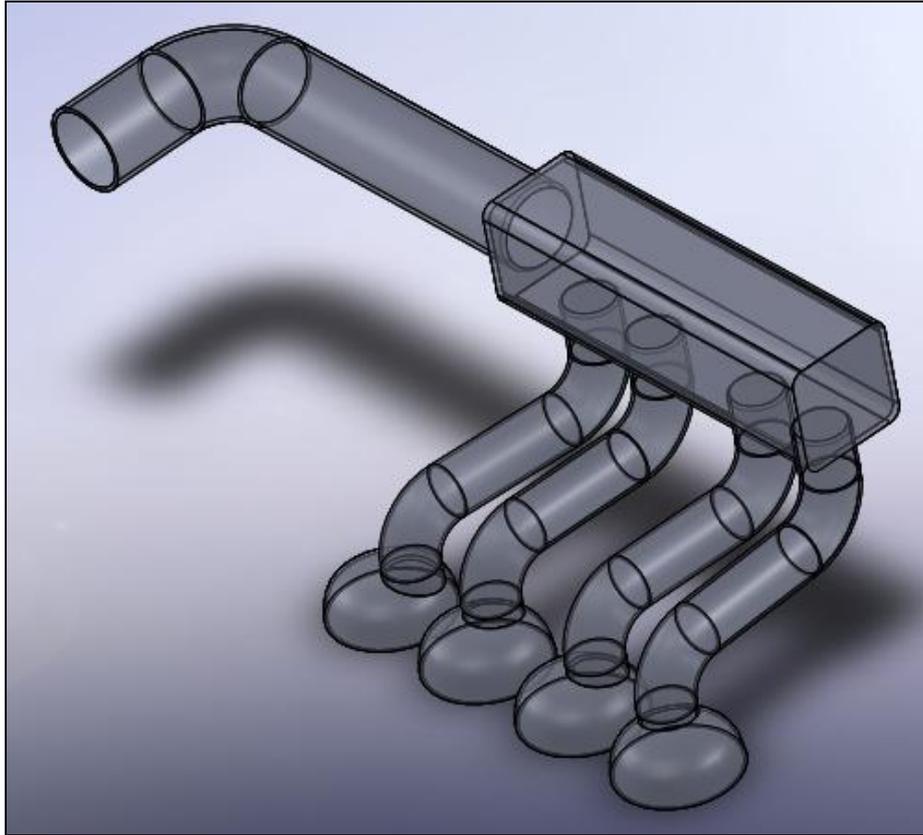


Figura 2.4 – Modelo múltiple de admisión.

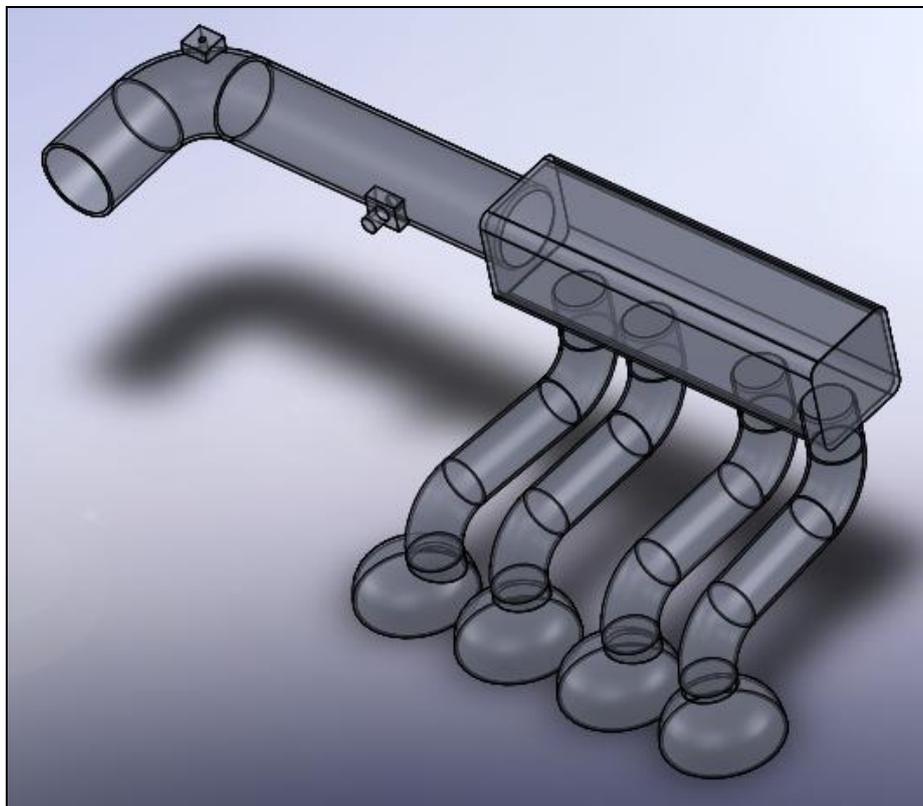


Figura 2.5 – Modelo múltiple de admisión con entradas de agua y GNC.

Los valores tomados en el vehículo son los siguientes:

Tabla II.1 – Valores registrados en el vehículo.

Detalle	Cantidad	Unidad
Ingreso Aire	0.0475	m ³ /s
Ingreso GNC	0,0025	m ³ /s
Vacio Cámara de combustión	50705,5	Pa

Con los valores reales del vehículo se puede proceder a colocar valores en el programa, indicando las entradas y salidas de los fluidos.

Tabla II.2 – Valores introducidos en el programa.

Ingreso	Cantidad	Unidad	Temperatura (°C)	Porcentaje
Vapor de agua	101325	Pa	20	100%
Mezcla Combustible	0,05	m ³ /s	20	95% Aire 5% GNC
Vacio	50705,5	Pa	20	-----

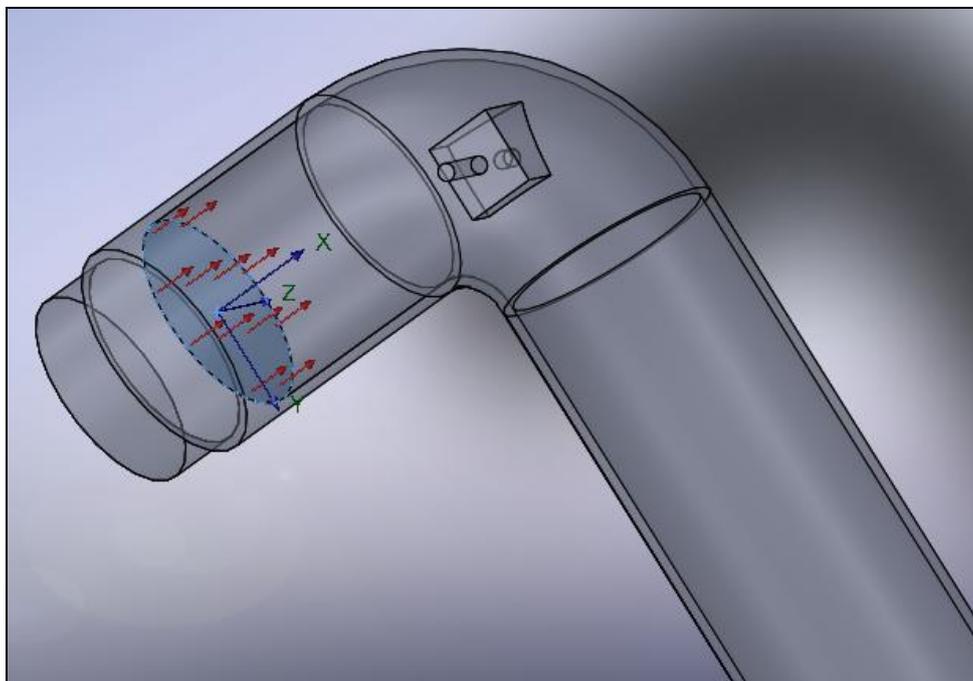


Figura 2.6 – Entrada del aire y GNC.

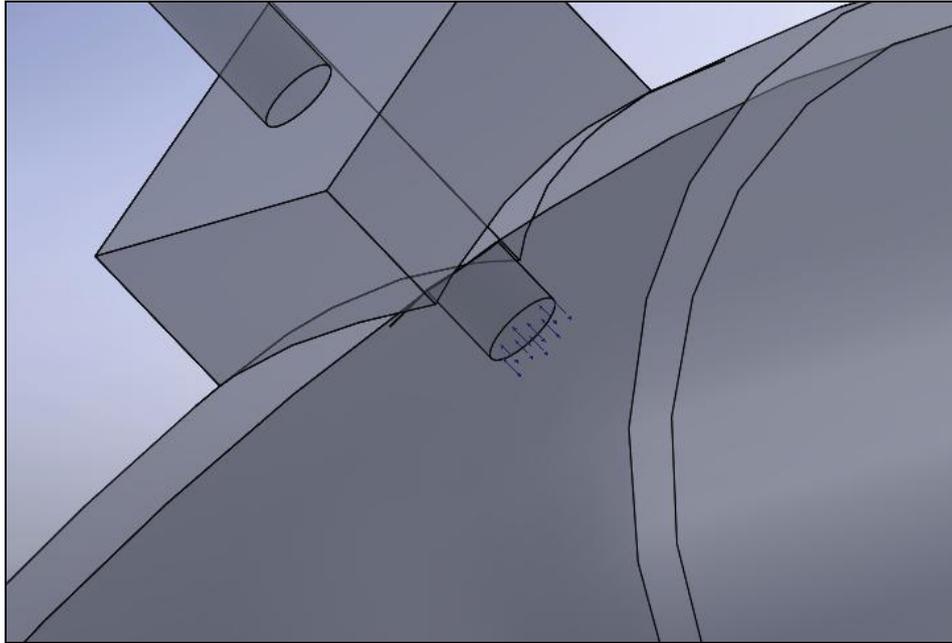


Figura 2.7 – Entrada de agua.

Una vez ingresados los valores en el programa ya es posible realizar los análisis y estudios necesarios, para poder expresar de una manera más clara se han utilizado diagramas de dispersión en los que se puede visualizar el cambio de los factores (temperatura, velocidad, presión y densidad) Vs. el desplazamiento del fluido dentro del múltiple de admisión.

2.2.1. TEMPERATURA

En las figuras 2.8 a 2.12 se muestra el cambio de temperatura que es notable, esta se reduce a partir de la inyección del agua en aproximadamente catorce grados centígrados aumentando de esta forma la densidad de la mezcla, existiendo una mayor masa y un mejor llenado en los cilindros aumentando con esto la potencia del vehículo y evitando los gases nocivos como los NOx ya que estos gases se producen cuando existe una elevada temperatura en la cámara de combustión.

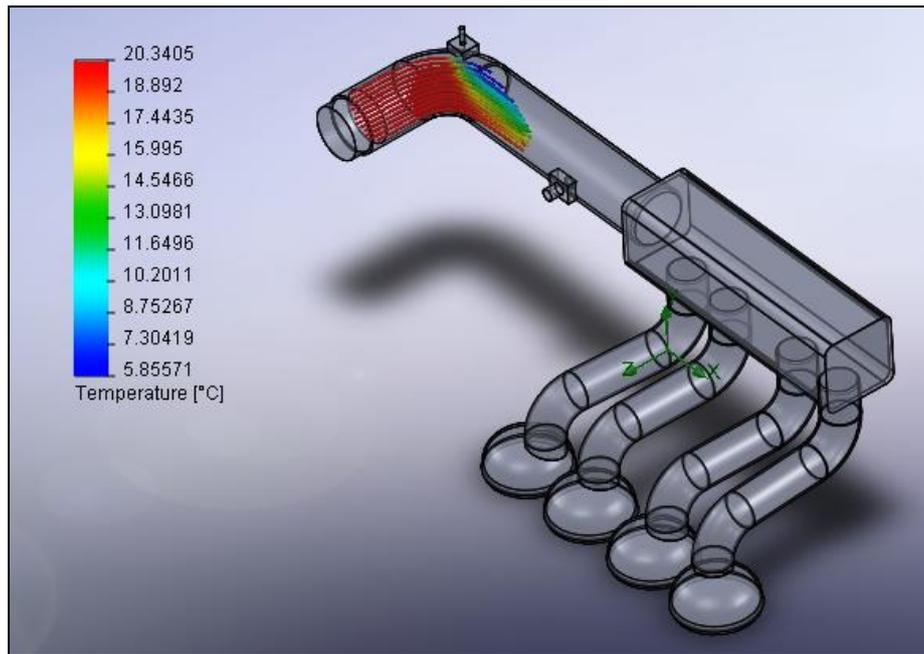


Figura 2.8 – Inicio entrada de aire e inyección de agua.

En la figura 2.9 y 2.10 se puede observar la diferencia térmica que existe en el múltiple de admisión cuando entra el aire y la inyección de agua se está empezando a realizar, los colores que tienden más para el rojo indican mayor temperatura.

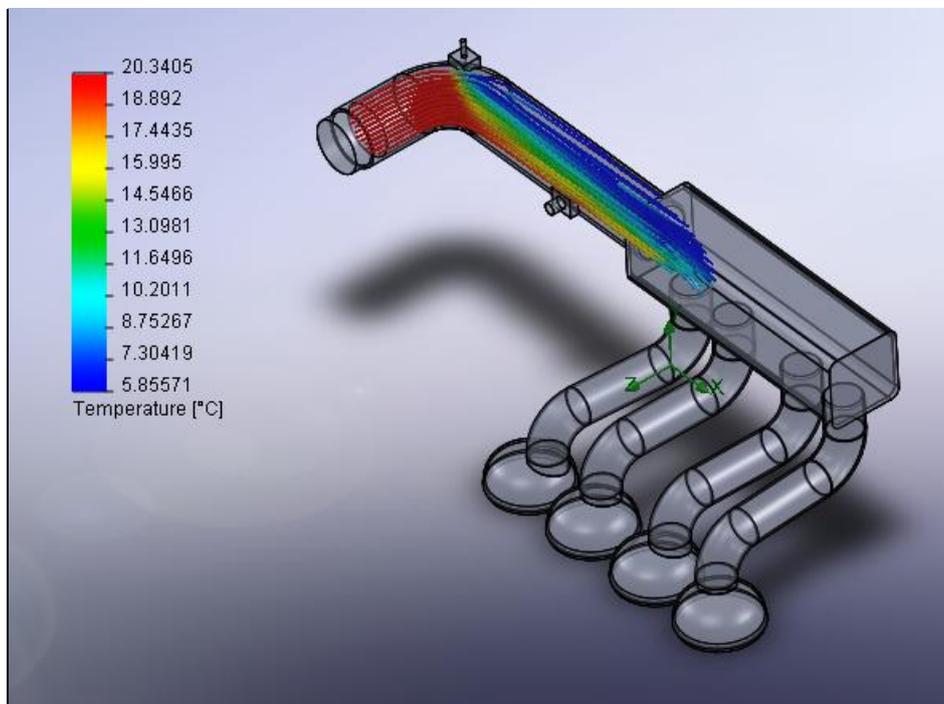


Figura 2.9 – Diferencia térmica en el múltiple de admisión.

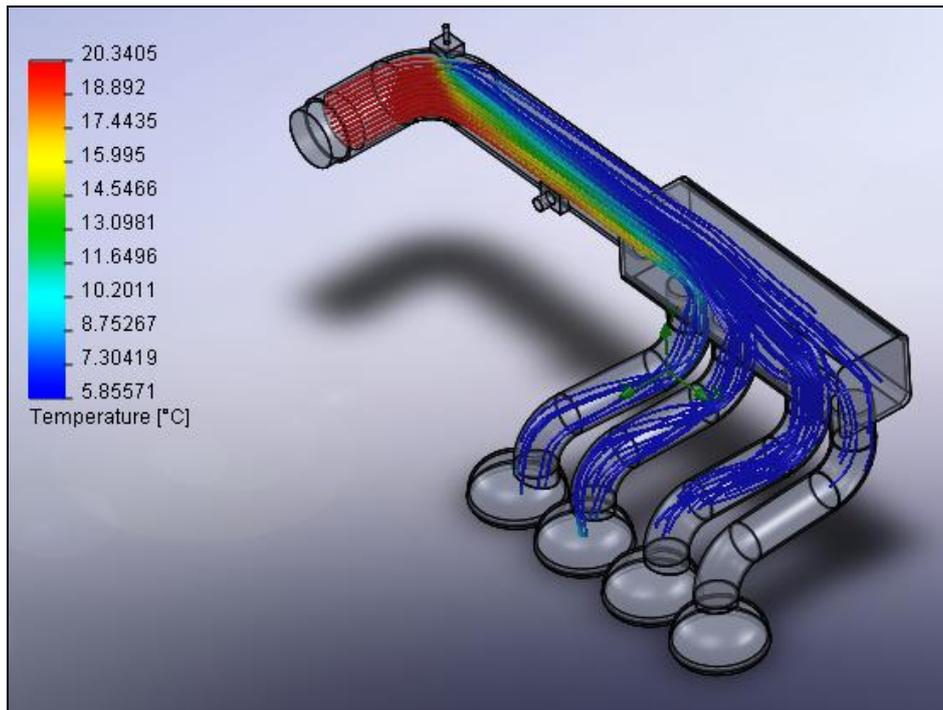


Figura 2.10– Reducción de temperatura de los fluidos.

En la figura 2.11 se muestra la variación de temperatura cuando el fluido entra en el segundo cilindro después de realizarse la inyección de agua, mostrando que la temperatura baja considerablemente.

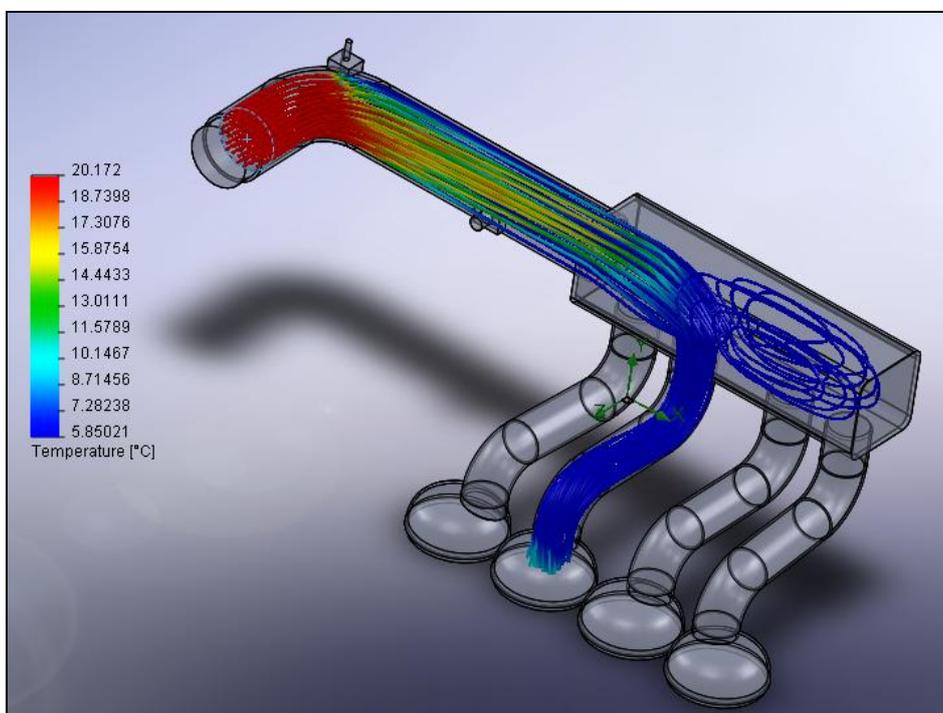


Figura 2.11 – Temperatura después de la inyección del agua.

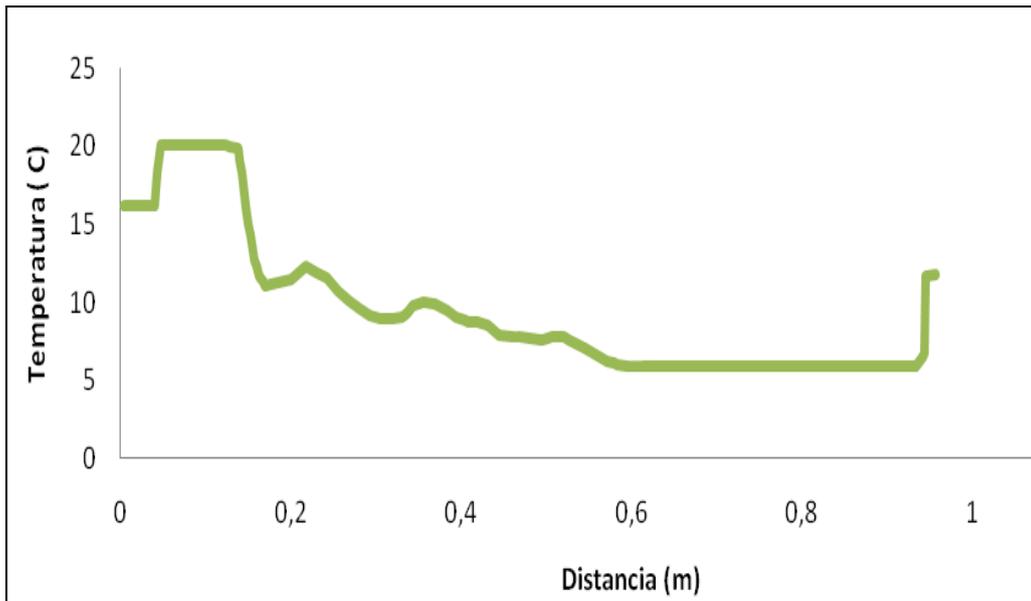


Figura 2.12 – Curva de temperatura en el transcurso del ciclo de trabajo.

En la figura 2.12 se puede observar la curva de temperatura en el transcurso del ciclo del trabajo cuando el segundo cilindro esta en el tiempo de admisión, se muestra que la temperatura conforme entra la mezcla aire combustible a la cámara de combustión desde que entra al múltiple de admisión de entrada del aire es de 20°C disminuyéndose hasta 6 °C cuando la inyección de agua se realiza.

2.2.2. VELOCIDAD

Es bien conocido que al momento de potenciar o trucar un motor uno de los requerimientos necesarios es aumentar la velocidad de ingreso de la mezcla a la cámara es decir que la trayectoria entre el depurador y la cámara de combustión sea recorrida en un menor tiempo, este incremento de velocidad es traducida en un mejor llenado de la cámara de combustión y con ello en un incremento del caballaje del vehículo sin modificar su estructura básica.

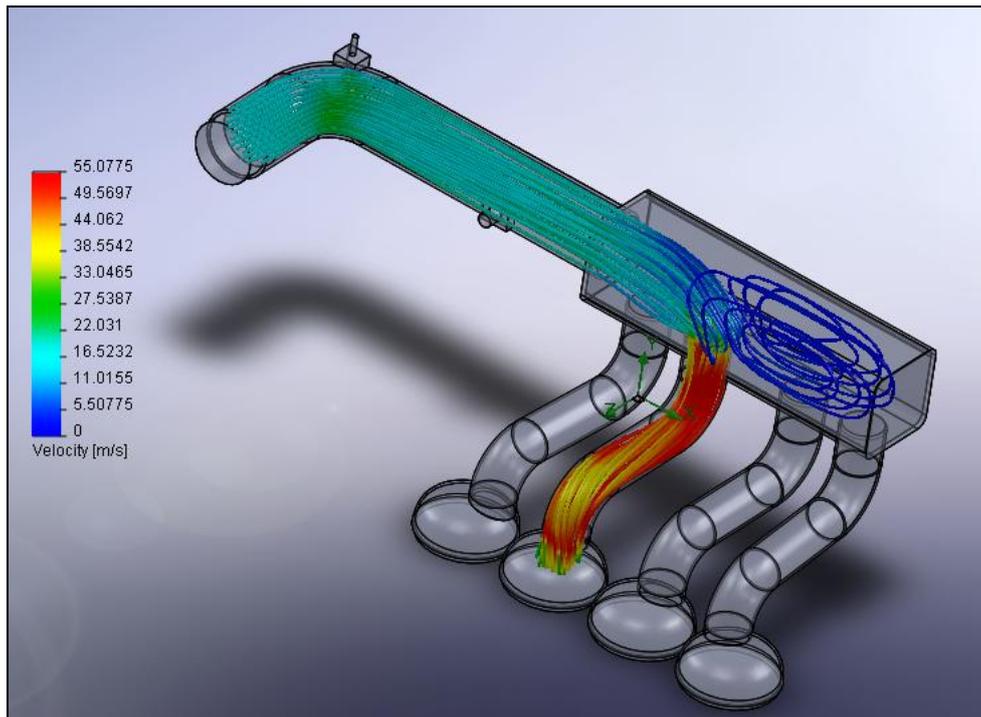


Figura 2.13 – Velocidad del fluido en el ciclo de trabajo.

Como se puede apreciar en la figura 2.13 la velocidad que experimentan los fluidos se incrementa de forma notable en el momento que el vacío succiona a los fluidos y la inyección de agua se realiza, logrando con esto un llenado más rápido y aumentando la turbulencia que se experimenta en los cilindros lo mismo que es muy importante para incrementar la potencia del motor.

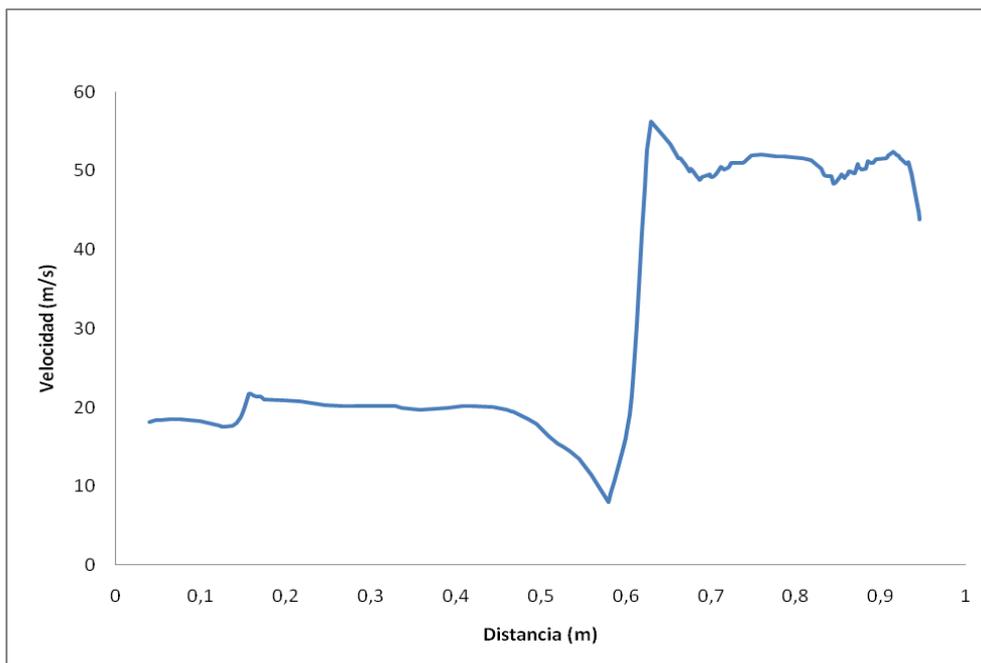


Figura 2.14 – Valores de velocidad en el transcurso del ciclo de trabajo.

En la figura 2.14 se puede observar los cambios de velocidad que experimenta el fluido durante el ciclo de trabajo, partiendo desde 19 m/s hasta llegar a los 54 m/s, toda esta variación es también debida al vacío que se produce en la cámara de combustión, contribuyendo de esta manera a que la mezcla ingrese más rápido.

2.2.3. PRESIÓN

Consecuentemente con los factores antes analizados la presión se ve alterada en las proximidades a la cámara puesto que al reducir la presión el vacío y la succión se incrementa lo cual genera un mejor llenado del cilindro obteniendo una mezcla más explosiva.

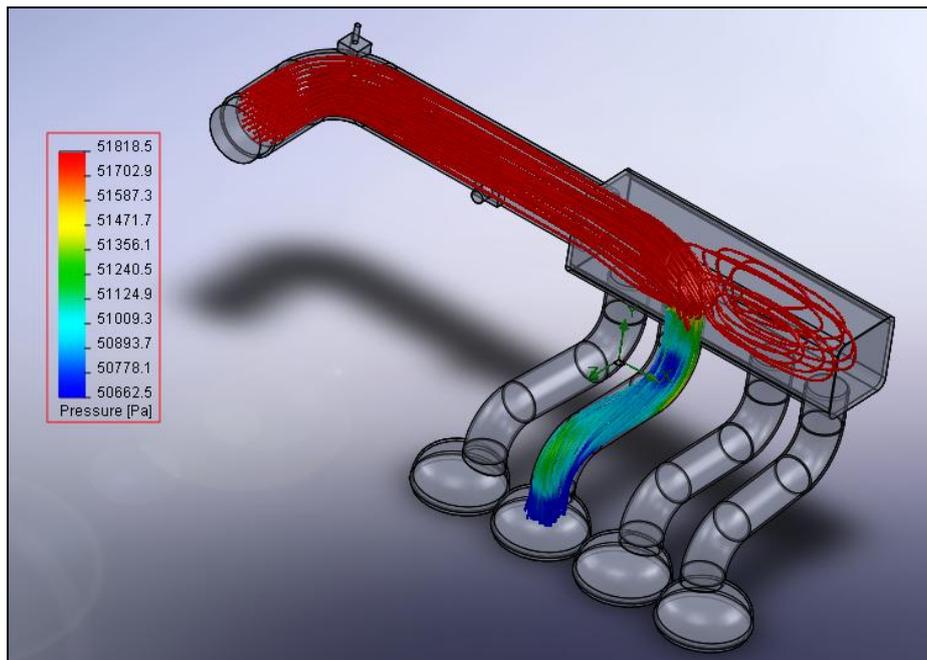


Figura 2.15– Presión del fluido en el ciclo de trabajo.

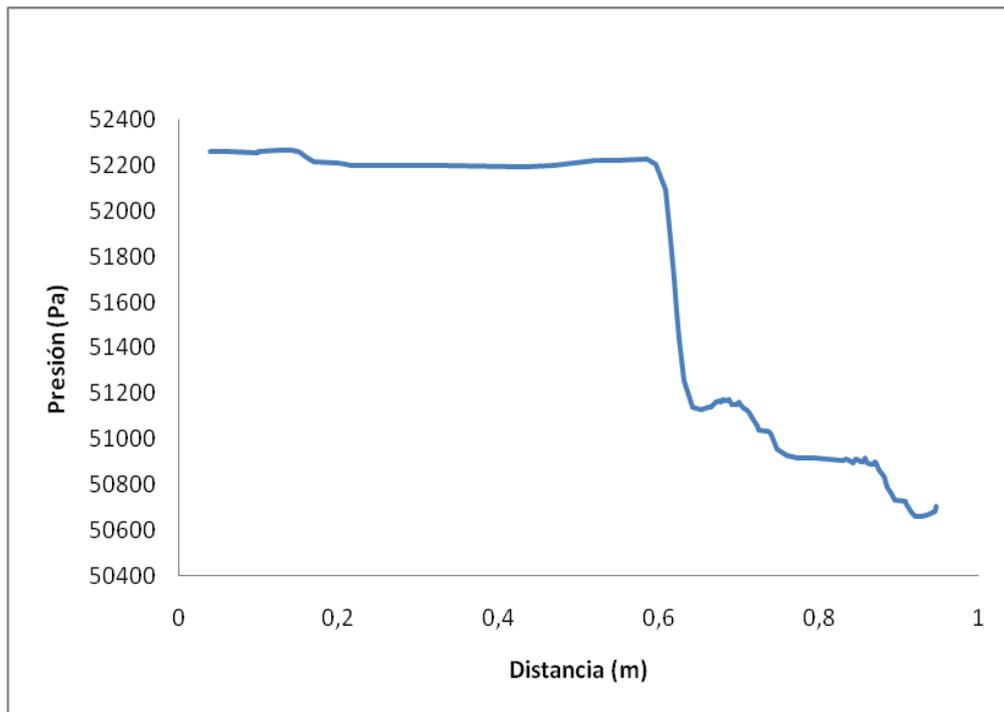


Figura 2.16– Valores de presión en el transcurso del ciclo de trabajo.

En la figura 2.16 indica el cambio de presión en el transcurso del ciclo de trabajo que existe en la cámara de combustión del segundo cilindro, mostrando una depresión de dos mil pascales.

2.2.4. DENSIDAD

El aumento de la densidad esta conjuntamente ligado a la reducción de la temperatura, este aumento nos ayuda que la mezcla se combustione de mejor manera en la cámara debido que para un mismo volumen (cilindrada) se logra introducir una mayor cantidad másica de oxígeno logrando con esto sin duda el aumento de la potencia.

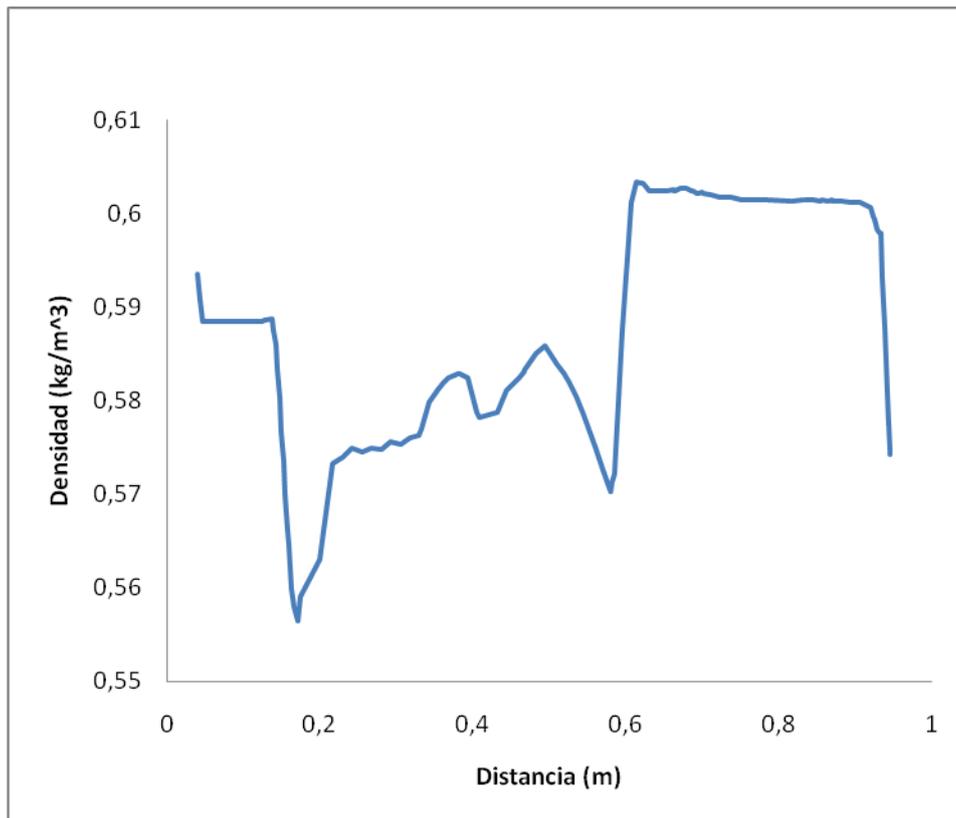


Figura 2.17 – Valores de densidad en el transcurso del ciclo de trabajo.

CAPITULO III

SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN, INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

3.1 ANTECEDENTES

La Escuela Politécnica del Ejército desde sus inicios se ha caracterizado por preparar estudiantes con una alta visión tecnológica de futuro que a la vez han estado formados con los valores morales más valiosos en todo hombre de bien, es por ello que en esta ocasión no seremos la excepción de estos grandes propósitos tanto individuales como colectivos y siguiendo con esta línea de calidad ponemos a servicio de la institución y de nuestro país este valioso sistema que aunque en nuestro país aun no se lo ha desarrollado, en otros como: Argentina, Colombia, Brasil, etc. ha sido la solución a los problemas más comunes y principales en el área automotriz refiriéndome con estas palabras al : consumo excesivo de combustible, emisión de gases contaminantes a nuestro ecosistema y el desgaste prematuro de las partes mecánicas del motor.

Ya en tiempo atrás el propósito de varios científicos del área han encaminado sus esfuerzo en desarrollar un sistema que permita optimizar partes y servicios de los motores de combustión sin embargo hasta el momento la hidroinyección era utilizada en motores de competición e incluso en aviones de combate de la Segunda Guerra Mundial siendo esta la vitrina en que el sistema que hoy presentamos mostró su serie de ventajas las mismas que hoy en día han sido utilizadas ampliamente en la potenciación de motores .

El sistema que hoy presentamos sin embargo es una variante del que se presento en sus inicios puesto que proponemos una inyección permanente del fluido a diferencia del pasado en el que solo se lo asía en instantes determinados en que se requería de mayor empuje pero considerando la

posibilidad de obtener una ganancia permanente del sistema de hidroinyección bajo una regulación de uso permanente hemos decidido optimizar su accionamiento en casi la totalidad de la operación del motor.

3.2 PROYECTOS RELACIONADOS Y/O COMPLEMENTARIOS

Adaptación mecánica y electrónica de un sistema GNC al vehículo Corsa Wind,
Realizado por: Gustavo Betancourt Yopez

3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El motor tiene como propósito convertir la energía generada por la combustión del combustible en energía mecánica la misma que será la encargada de dar el movimiento al vehículo.

Sin embargo hasta hoy en día con todo el avance tecnológico en materia automotriz que se ha alcanzado no hemos conseguido obtener un 100% de eficiencia al momento de comparar energía consumida vs. energía obtenida y justamente en este objetivo es que se han centrado los esfuerzos de científicos y constructores.

Es por esto entre otras cosas que hemos focalizado el motivo de nuestro estudio aumentar la potencia generada por el vehículo ante un consumo inferior de combustible, todos sabemos que los productos del petróleo con el tiempo tendrán que ser remplazados y hasta que ese momento llegue será indispensable optimizar su consumo considerando que las reservas petrolíferas se están agotando es por esto que nuestro estudio busca alcanzar las mayores prestaciones posibles ante una misma o menor cantidad de consumo de combustible (GNC) .

El sistema de Hidroinyección pretende aumentar la potencia y la eficiencia del consumo de combustible del vehículo. Además alargar la vida útil del vehículo y eliminar las emisiones de los gases del caño de escape como humo y los residuos resultantes de una combustión incompleta los mismos que hoy en día tanto daño le hacen a nuestro ecosistema.

Y justamente a este último punto me quiero remitir, el cuidado de nuestro medio ambiente debe ser nuestro verdadero propósito en cada proyecto que todos nos planteemos es por esto que nuestro proyecto antes que ser un potenciador y economizador es primordialmente un dispositivo solidario a nuestro planeta y a la difícil situación ambiental que está viviendo.

Por todo lo señalado considero que el desarrollo de este estudio que aquí proponemos nos conducirá a poner en práctica los conocimientos científicos y prácticos que aprendimos en el transcurso de nuestra carrera y a la vez a cumplir nuestro compromiso con las futuras generaciones de cuidar nuestro planeta que aprendimos en el transcurso de nuestra vida.

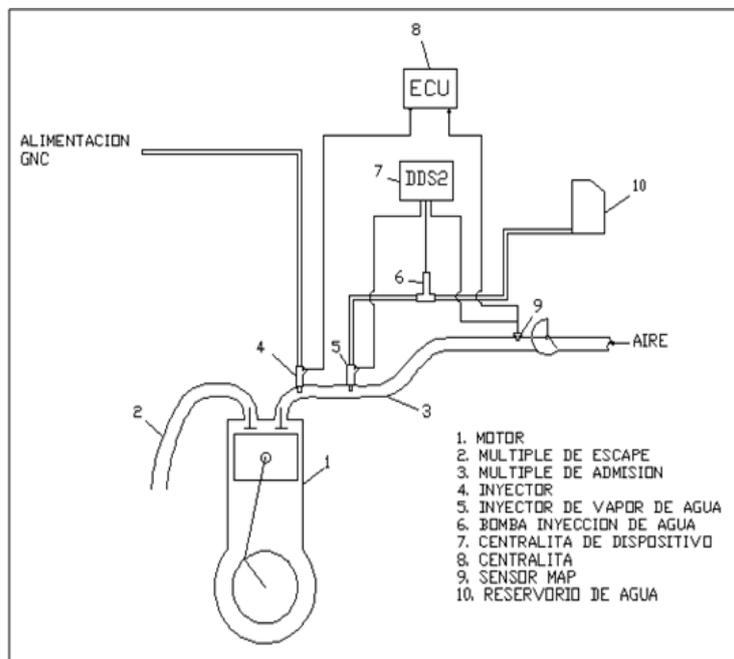


Figura 3.1 Diagrama del sistema.

3.4 OBJETIVO GENERAL

“DISEÑAR E INSTALAR UN SISTEMA DE HIDROINYECCIÓN EN UN MOTOR QUE OPERA CON G.N.C. EN EL VEHÍCULO CORSA WIND PARA ELEVAR LOS PARÁMETROS DE POTENCIA, EFICIENCIA, Y DISMINUIR LAS EMISIONES TOXICAS”

3.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características iniciales de funcionamiento en el vehículo estándar.
- Determinar la disociación molecular del agua y sus efectos en la combustión.
- Registrar los datos obtenidos y realizar un estudio de los mismos.
- Determinar los parámetros de funcionamiento ideal del automóvil.
- Realizar el diseño del dispositivo para el funcionamiento óptimo del sistema de hidroinyección.
- Estudiar y analizar las ventajas comparativas del motor con el sistema adaptado.

3.6 METAS

- Realizar un proyecto de alto nivel académico en la ESPEL.
- Diseñar el sistema de hidroinyección mediante la selección de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos.
- Demostrar que con este sistema se puede aumentar la potencia hasta un 10%.
- Demostrar que con este sistema se puede disminuir el consumo de combustible entre un 15 y 25%.

- Demostrar que con este sistema se puede disminuir la emisión de gases tóxicos hasta en un 20%, y con ello proteger el medio ambiente, y la vez dar la iniciativa de la elaboración de proyectos encaminados a la protección del medio ambiente.
- Alargar la vida útil del motor y mejorar el estado actual del mismo gracias a las propiedades regenerativas y refrigerantes del agua elemento esencial de nuestro proyecto.
- Dejar un precedente en los alumnos de nuestra universidad sobre la importancia y obligación que tenemos cada uno de nosotros ante la situación que se encuentra nuestro ecosistema y el deber que tenemos por mejorarlo con cada uno de nuestros actos y proyecto.
- Convertir a nuestro plan en un proyecto piloto de investigación de ideas funcionales y aplicables que generen fuentes de trabajo y que tengan mira a nuestro desarrollo profesional.

3.7 SELECCIÓN

Considerando una serie de detalles que intervienen en el sistema ideal de hidroinyección para el Corsa Wind propulsado a GNC tales como:

- Presión de inyección del agua.
- Dimensiones del dispositivo.
- Funcionalidad electrónica.

Un factor muy importante que fue considerado al momento de optar por el kit fue el relacionado con las características del vehículo puesto que existían otras opciones pero considerando que para su adaptación y funcionamiento adecuado requerían altas relaciones de compresión originadas en la existencia de un turbo compresor y más no para vehículos atmosféricamente alimentados entonces por estos motivos sumados al costo económico inferior a otros existentes en el mercado.

Se seleccionó el kit:

MAF/VACCUUM Vari-Cool Trunk Mount

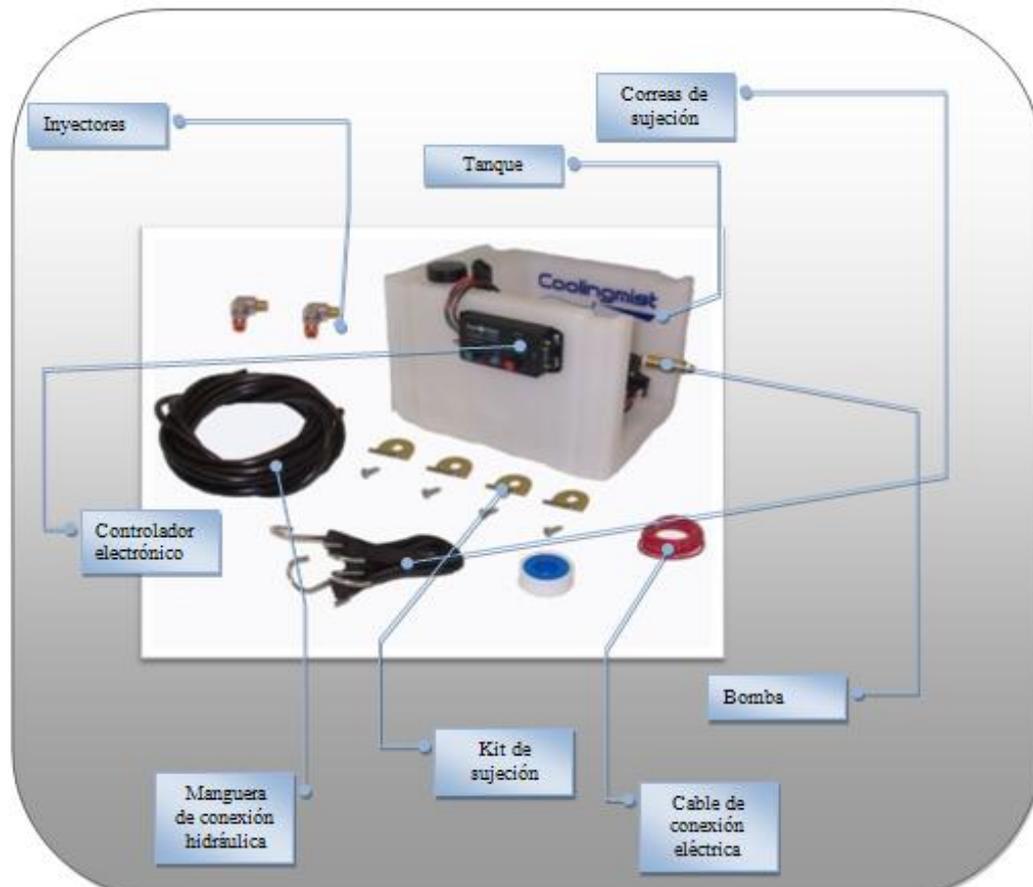


Figura 3.2 - kit: MAF/VACCUUM Vari-Cool Trunk Mount.

3.8 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

3.8.1 BOMBA



Figura 3.3. – Bomba Shurflo 8030-811-239.

3.8.1.1. Especificaciones

- Modelo Número: 8030-811-239.
- Tipo de Bomba: Desplazamiento Positivo.
- Válvula check.- (2 vías) Previene el flujo de reversa.
- Motor: Imán permanente, p/n 11-227-00, con protección térmica
- Voltaje: 12 VDC Nominal.
- Presión: Ajustable de corte entre 140 y 160 psi
- Temperatura del fluido: 82 °C Max.
- Cebado: Auto- Cebado a 6 pies verticales.
- Max. Presión de entrada: 30 psi.
- Puertos: 3/8"-18 NPT

3.8.1.2. Material de construcción

- Plásticos: Nailon
- Válvulas: Viton
- Tornillos: Zinc, plata y acero

3.8.1.3. Peso

- 5,9 libras (2,7 Kg)

3.8.1.4. Dimensiones

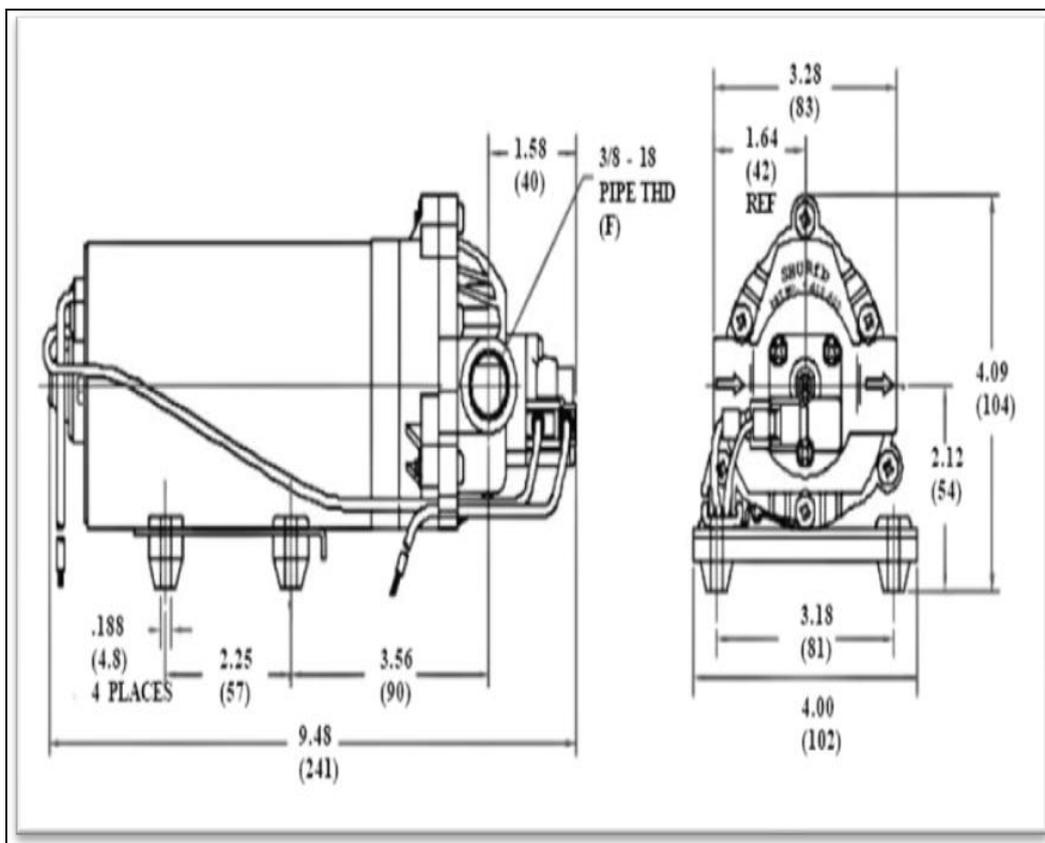


Figura 3.4. – Dimensiones de la bomba.

3.8.1.5 Curva de funcionamiento de la bomba

En la figura 3.5 se puede apreciar el rango de temperatura en el que trabaja la bomba de alta presión siendo este de 24 grados centígrados y cortando su funcionamiento a los 90 como medida de seguridad para evitar el sobre calentamiento de la mezcla pudiendo esta incluir algún tipo de alcohol (metanol) el cual podría combustionarse a temperaturas superiores sin embargo para elevar el tiempo de trabajo se puede optar por disminuir la intensidad de acción de la bomba mediante el TUNE con el cual se reduce la presión a la que trabaja la bomba y con ello el tiempo que puede operar antes de alcanzar la temperatura de corte.

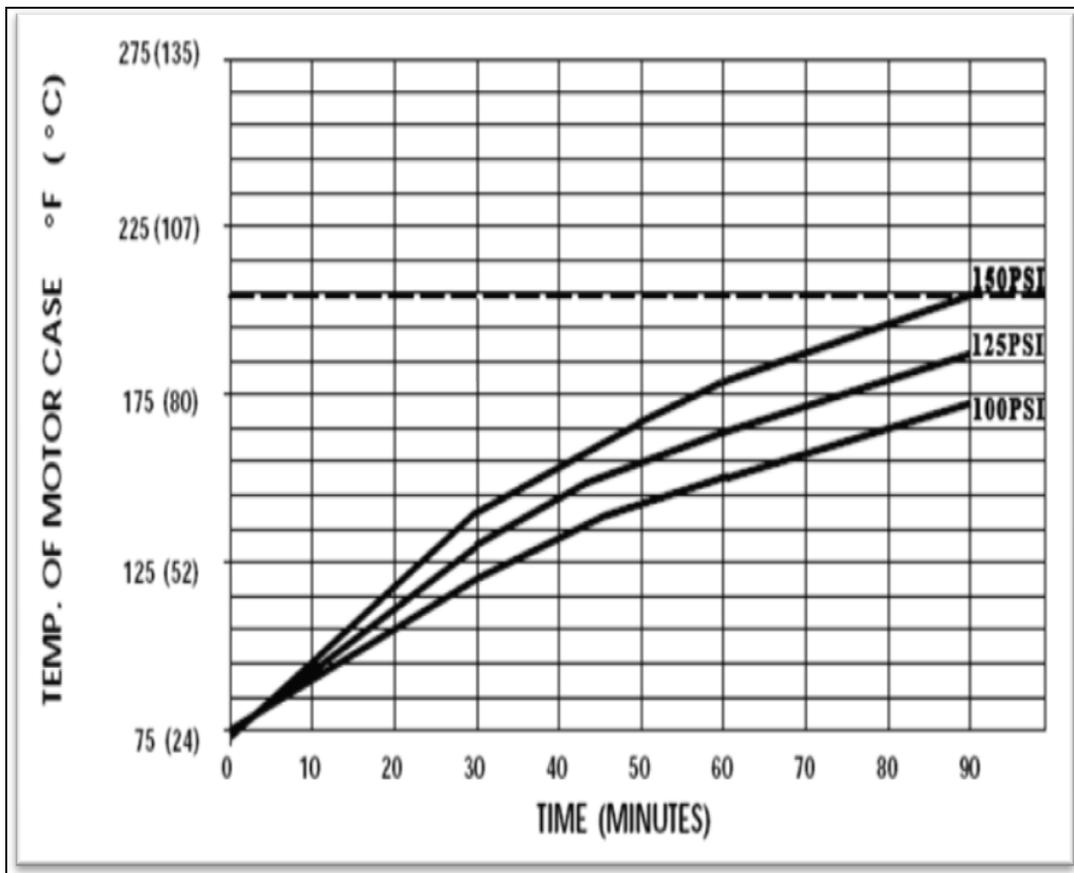


Figura 3.5 - Curva (temperatura vs. tiempo).

Nota.- La línea cortada muestra el corte del ciclo de trabajo ante un exceso de temperatura a 205°F

3.8.1.6. Funcionamiento típico

En la figura 3.6 se puede apreciar el funcionamiento típico de la bomba relacionando la presión a la que trabaja según la intensidad de corriente entregada por el controlador electrónico a la misma entonces esta genera al inyector un flujo correspondiente el mismo que es pulverizado para el ingreso a la cámara de combustión considerando siempre una tensión de 12 v Dc. Para su ejecución además en la figura 3.6 se puede visualizar las revoluciones a las que está trabajando la bomba en un rango que va de mínimo a máximo.

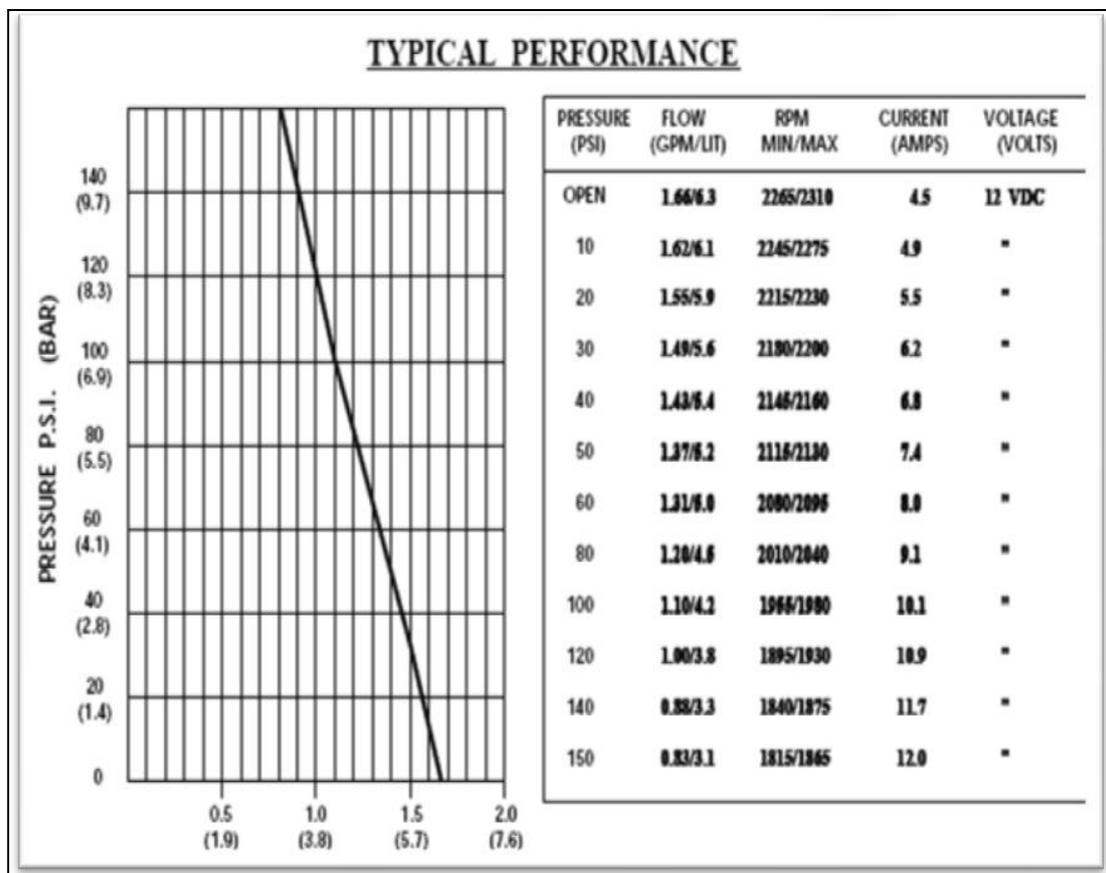


Figura 3.6 – Curva (presión vs. flujo).

3.8.2 INYECTOR



Figura 3.7. Inyector de Agua.

3.8.2.1. Especificaciones

- Rango de flujo GPH: .75, 1.3, 2.8, 3.9, 6.2, 9, 12
- Rosca: 1/8th NPT, 27hebras por pulgada.
- Material de la carcasa: Níquel, Plata y bronce
- Material del inyector: Bronce

Nota: El inyector requerido requiere de un conector de ¼ de conexión rápida como se visualiza en la foto:

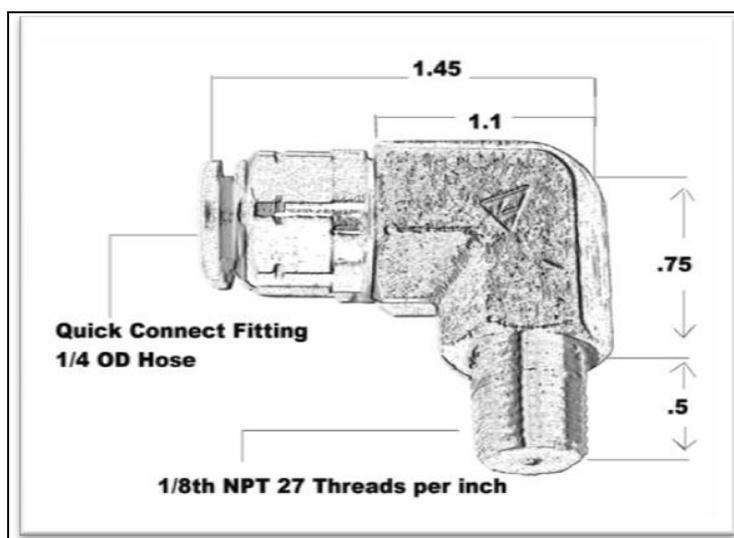


Figura 3.8 – Dimensiones del Inyector.

3.8.3 TANQUE

El tanque es plástico tiene una capacidad de 1.5 galones y esta diseñado de modo que sea factible el acople del controlador electrónico y la bomba en un solo cuerpo compacto para de este modo optimizar el espacio físico en el compartimento del vehículo además por su diseño externo permite una fácil sujeción mediante correas elásticas o sujetadores metálico a la estructura del vehículo sobre la que será montado.



Figura 3.9 - Tanque.

3.8.3.1. Dimensiones

Las dimensiones a las que fue diseñado el tanque fueron pensadas en un óptimo espacio ocupado con gran capacidad de compatibilidad de conexión con el resto de elementos del kit (controlador electrónico y bomba) las mismas que están indicadas en la siguiente figura tomando como unidades la pulgada.

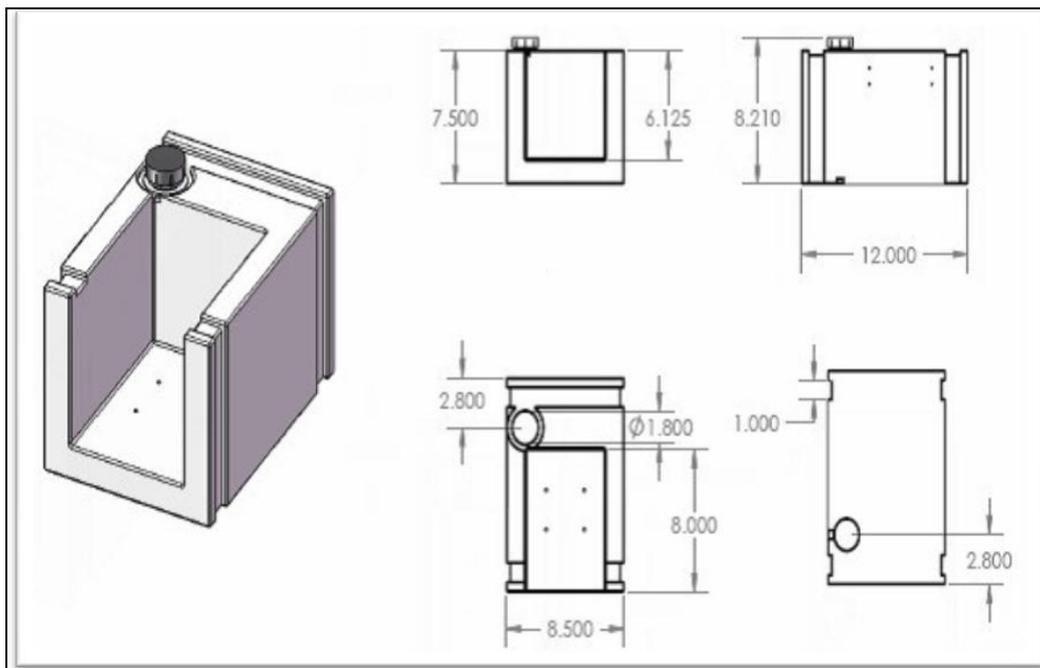


Figura 3.10 - Dimensiones del Tanque.

3.8.3.2. Especificaciones

- Capacidad: 1.5 galones.

El tanque está diseñado para ser montado al automóvil mediante las correas de sujeción. Además permite una adaptación del tanque a la bomba Shurflo mediante un acople de 1/8. El tanque permite una adaptación del controlador electrónico a una de sus caras laterales mediante tornillos de empotrado.

- Grosor de pared: 3/16"
- Altura: 6"
- Ancho: 8"
- Largo: 11"

El acople entre el tanque y la bomba es de apenas 1 pulgada lo que permite una succión adecuada.

3.8.4 CONTROLADOR ELECTRÓNICO

El controlador electrónico es el dispositivo que recibe las señales de los sensores del vehículo mediante las cuales determina la carga a la que está sometido el motor y de esta manera calcula el flujo de agua que será inyectado al vehículo para generar una ganancia en sus prestaciones.

Este flujo puede ser calibrado manualmente y usando el computador para determinar en conjunto con un dinamómetro el punto exacto en que su caudal es el más idóneo dependiendo de las características particulares de cada motor.



Figura 3.11 - Controlador electrónico.

3.8.4.1 Dimensiones

El diseño compacto del controlador electrónico dimensionado para generar una conexión rápida con el tanque plástico permite una amplia optimización de espacio dentro del vehículo. Las dimensiones del controlador son señaladas como unidad básica a la pulgada las mismas que son mostradas en la figura 3.12.

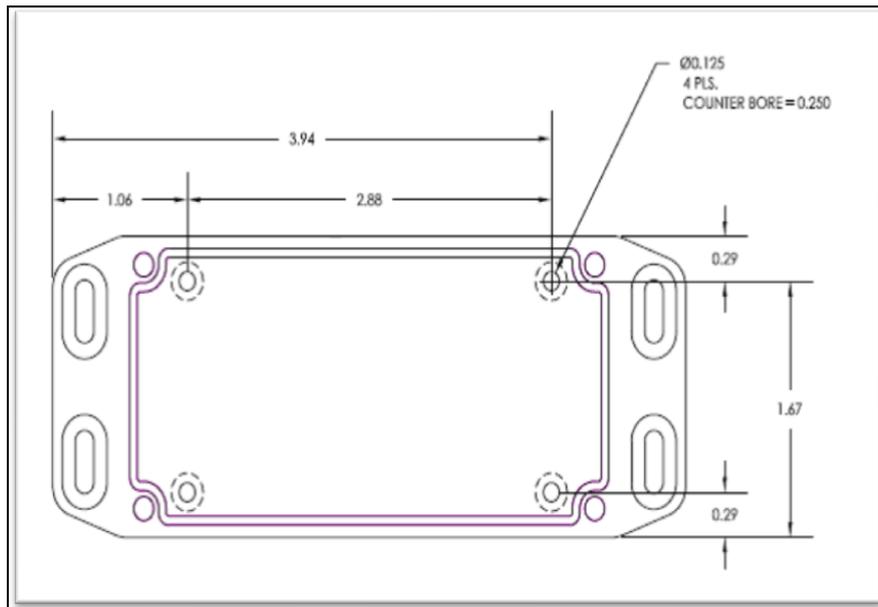


Figura 3.12 – Dimensiones del controlador electrónico.

3.8.4.2 Características

- 16 bits de Alta Velocidad de procesador de señal digital (DSP) Control que opera en aproximadamente 0.5 ms.
- Un control sintonizable lineal actualiza el algoritmo de control de motor de salida > 2000 actualizaciones / segundo.
- Motor 16 bits de resolución actual de control proporciona finamente sintonizado ajustes de salida del 0,001% de la superficie máxima de motor de corriente.

3.8.4.3 Especificaciones generales

- 10 posiciones de ajuste de los límites máximos de la bomba de presión para evitar un atascamiento de la bomba.
- Gamas de presión de funcionamiento (Con un sensor de presión integrado):

√ 0 - 30 PSI

√ 0-100 PSI

√ 0-30 "Hg vacío (dependiendo del modelo)

- Mínimo y máximo variable a la señal de vacío con una resolución de 0.01 psi.
- 12 bits de resolución sobre la lectura de la presión (0,01 PSI resolución sobre la presión de rango de operación).
- LED de estado verde indicador de la condición de funcionamiento.
- Alta velocidad de serie RS232 puerto de comunicaciones que funcionen a 115.200 baudios para permitir el registro de datos, el análisis y configuración / calibración de la unidad utilizando Vari-COOL de software para PC.
- Coolingmist Vari-COOL software proporciona preciso ajuste y la configuración de parámetros de funcionamiento del VariCOOL.

3.8.3.4. Especificaciones físicas

- Gama de temperatura de funcionamiento de 0 - 85 ° C (32 - 185 ° F)
- Puerto macho de 10/32 roscado para toma de señal de vacío para toma de manguera múltiple de admisión (señal de vacío).
- Carcasa de aluminio.

3.8.3.5. Especificaciones eléctricas

- Funciona en una amplia gama de tensión de entrada de 7 a 16 VDC hasta 30Amps DC a la bomba en todo el rango de voltaje de funcionamiento (utilizando el cableado adecuado y fusible).
- La unidad consume menos de 50 mA. con el control de salida de motor apagado. Esto significa que si el coche no se está andando, esta unidad no va a descargar la batería.
- 0 - 5VDC de entrada auxiliar con la protección transitoria de voltaje y 12 bits de resolución (0,01 V de resolución) se puede utilizar con cualquier sensor de 0-5VDC para controlar el nivel de carga del motor (a través de puerto serie).
- Posee un fusible de tamaño estándar de fácil remoción.

- El dispositivo es conectado directamente al sistema eléctrico o también mediante un cable de 12 pulgadas de conexión rápida se puede instalar a la línea de ignición del vehículo.

3.8.3.6. Especificaciones de software

Software de comunicación entre el controlador electrónico y la PC utilizando un puerto serial que funciona en cualquier PC compatible con Windows 2000, Windows XP, Windows 2003, Windows ME, Windows 98 o Windows NT.

3.8.3.7. Modos de operación

- Ejecución. Monitorea los datos recogidos por el controlador electrónico.
- Configuración. Puede establecer el ajuste y la calibración de los parámetros.

3.8.3.8. Puerto serie

- Tasa de baudios: 115.200 baudios.
- Bits de datos : 8 bits
- Control de flujo ninguno

3.8.3.9. Modo de ejecución (led en destello rápido)

El modo de ejecución es por defecto el modo de funcionamiento del controlador. Si bien en el modo de ejecución el controlador continuamente ejecuta el motor de procesamiento de bucle de control. Este bucle lee las entradas de señal y ajusta el controlador electrónico. En el modo de ejecución un mensaje de estado puede ser solicitado y la configuración se enviará automáticamente en un período de temporizador configurable.

Los siguientes son los valores de datos de seguimiento, identificación, y trazado el software:

- Modo de Operación (0 = el modo de ejecución, 1 = modo de configuración).
- Lectura de la presión (PSI o "Hg, según el caso).
- Entrada auxiliar 5V Lectura (%).
- Salida a Motor (%).
- Ajuste de presión mínima (PSI o "Hg).
- Ajuste de la máxima presión (PSI o "Hg).
- Ajuste del interruptor (1 - 10).
- Entrada auxiliar del interruptor.
- Controlador de Estado.

3.8.3.10. Modo de configuración (led en destello lento)

El modo de configuración proporciona un modo de funcionamiento en los parámetros de configuración que puede ser leído y escrito.

Los siguientes parámetros pueden ser modificados:

- Motor de salida mínima (%) - Esta es la producción mínima en la que la bomba es capaz de operar y atomizar el agua. Este valor por defecto es configurado por la bomba. Si utiliza otra bomba, puede ser necesario modificar este valor.
- Motor de salida máxima (%) - Esta es la potencia máxima a la que la bomba nunca debe funcionar. Este valor por defecto es el configurado por la bomba. Si utiliza otra bomba, puede que sea necesario modificar este valor.
- Presión mínima (PSI o "Hg) - Este es el mínimo rango calibrado de los sensores de presión suministrado por la unidad de control.
- Máxima Presión (PSI o "Hg) - Este es el máximo rango calibrado de los sensores de presión suministrado por la unidad de control.

- Parámetros de Ajuste - Este es un parámetro que va a cambiar la forma de la curva de salida a la bomba. Esto puede ser usado para tener en cuenta que la bomba no tenga un efecto lineal sobre la operación del vehículo. De forma predeterminada, la unidad será calibrada, sin embargo puede que desee manipular para obtener mejores resultados.

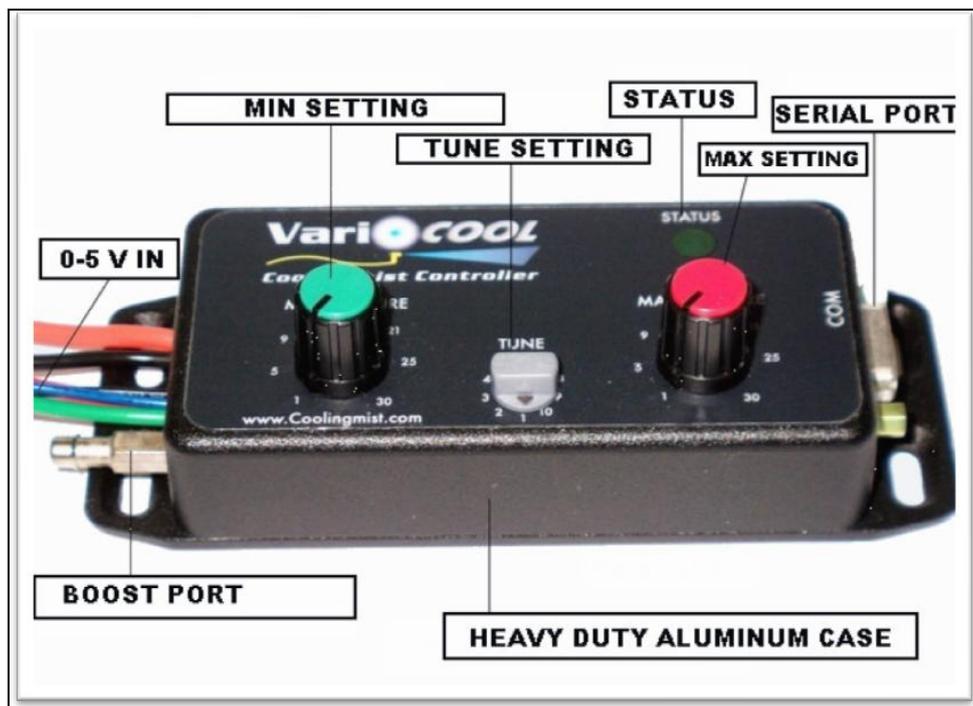


Figura 3.13 - Componentes del controlador electrónico.

3.9. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES

3.9.1. BOMBA

1. Localizar el conector de 90 grados y conectar al lado izquierdo de la bomba con dos vueltas para cerrar herméticamente.



Figura 3.14 – Instalación de la bomba.

2. Localizar el codo de 90 grados e instalar en el otro lado de la bomba (Utilizar teflón) comprobando que no existan fugas.

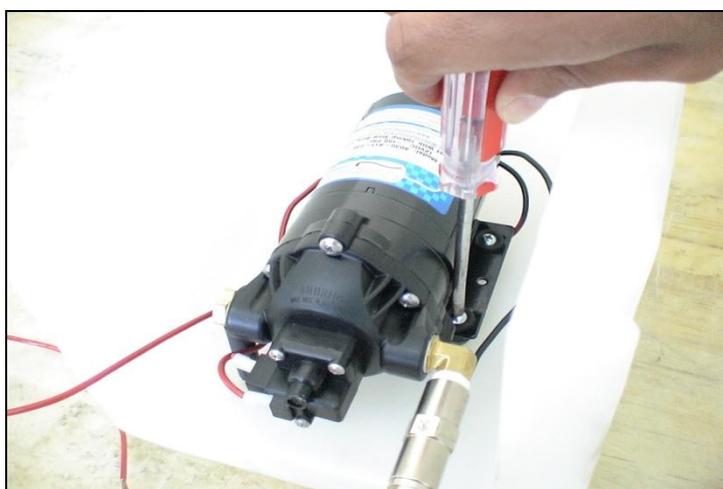


Figura 3.15 – Instalación de la bomba.

3. Conectar la válvula check, comprobando la flecha fuera de la bomba y hacia el inyector

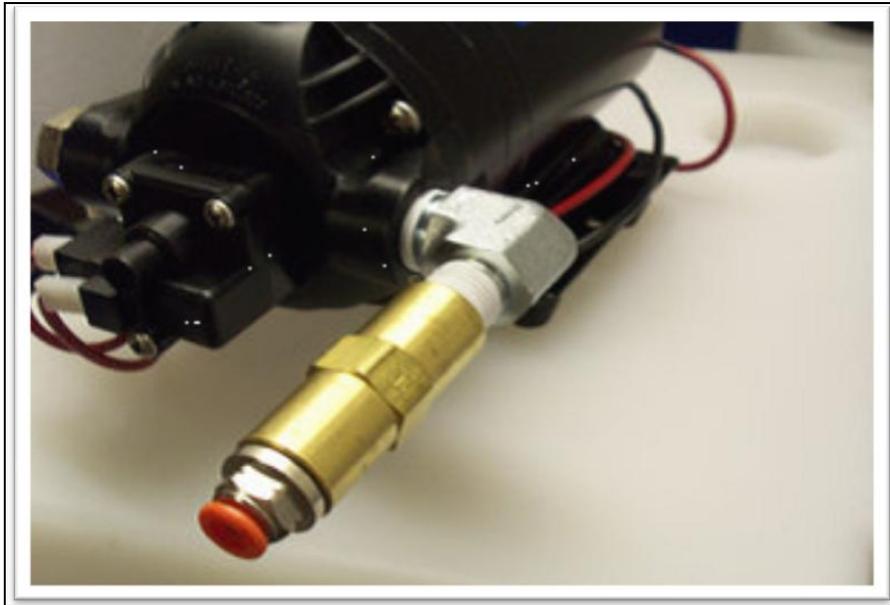


Figura 3.16 – Instalación de la bomba.

4. Insertar los tornillos dentro de las 4 boquillas sobre la bomba. Los tornillos podrían sobresalir al fondo un cuarto de pulgada



Figura 3.17 – Instalación de la bomba.

5. Instalar la bomba sobre las tomas en el tanque y apretar con un destornillador.



Figura 3.18 – Instalación de la bomba.

6. Poner la manguera de goma sobre el gancho apropiado.



Figura 3.19 – Instalación de la bomba.

3.9.2. INYECTOR

1. Seleccionar un punto anterior al múltiple de admisión par perforar el alojamiento del inyector (Fig. 3.20).



Figura 3.20 - Lugar de perforación para el inyector.

2. Tomar un taladro con una broca 11/32 y luego machuelo con 1/8 TNP (27 hebras por pulgada).
3. Utilizar teflón para mejorar el sellado de la rosca empernamos al inyector en el orificio realizado en el literal anterior.
4. Mediante la manguera plástica de 1/8 utilizar los acoples de conexión rápida para conectar al inyector a la bomba de alta presión.

Nota.- En caso de querer conectar más de un inyector considerar una distancia mínima de 6 pulgadas entre ellos.

3.9.3. TANQUE

Utilizar: correas elásticas, ganchos metálicos o bases metálicas para fijar el tanque al vehículo de modo que permanezca como una sola unidad sin movimiento que pudiera desgastar las piezas.

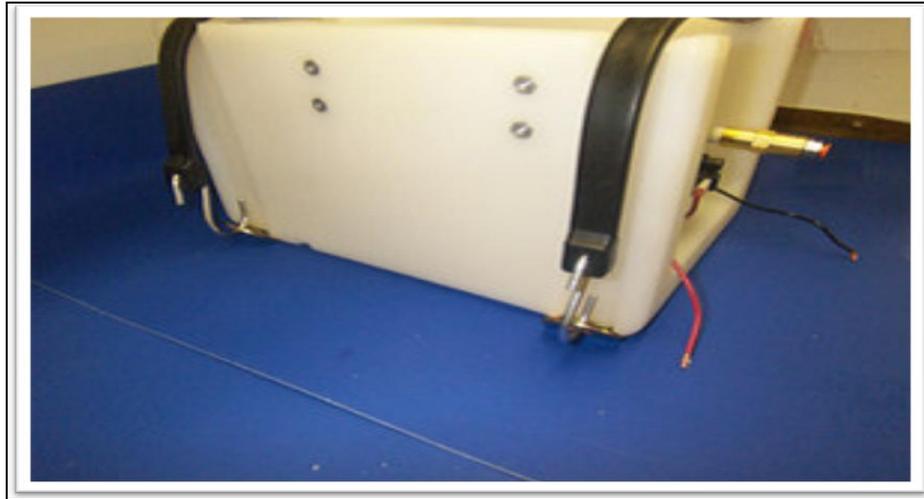


Figura 3.21 – Instalación del Tanque.

3.9.4. CONTROLADOR ELECTRÓNICO

La Figura. 3.22 muestra la instalación del cableado del controlador electrónico y su conexión con la batería, bomba y sensores.

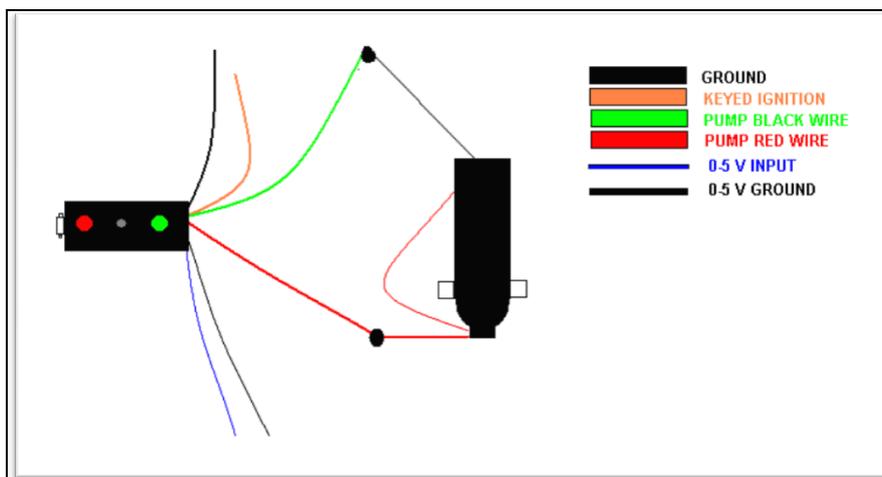


Figura 3.22 – Instalación eléctrica del controlador electrónico.

- Cable grueso negro: Tierra.
- Cable grueso naranja: Ignición.
- Cable rojo: Cable rojo de la bomba.
- Cable verde: Cable negro de la bomba

Advertencia. No montar el controlador dentro del compartimento del motor.

Advertencia. No conectar la bomba directamente a poder, esto causaría que la bomba siempre este funcionando independiente.

El controlador electrónico se activa de muchas maneras diferentes. Una es por la succión generada en el múltiple de admisión El mando está regulado en una escala entre 1 y 30 Psi.

3.9.4.1. Activación por impulso

Conectar la línea de vacío al puerto del controlador electrónico para manguera. Para ejecutar sobre la base de impulso, el swich que se encuentra empotrado sobre el puerto de vacío se encuentra en la posición izquierda para que se active de esta manera.

3.9.4.2. Activación por diferencia de tensión 0-5 v (TPS, MAF, MAP, etc.)

El swich empotrado debe estar en la posición derecha para funcionar con este método de activación.

En este caso el controlador electrónico hace caso omiso de impulsar y sólo se ejecuta en base en el diferencial de tensión (0-5V). Para este caso los controladores Regularan la escala 1-30 automáticamente (30=5v, 15=1.5v, etc.....).

3.9.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

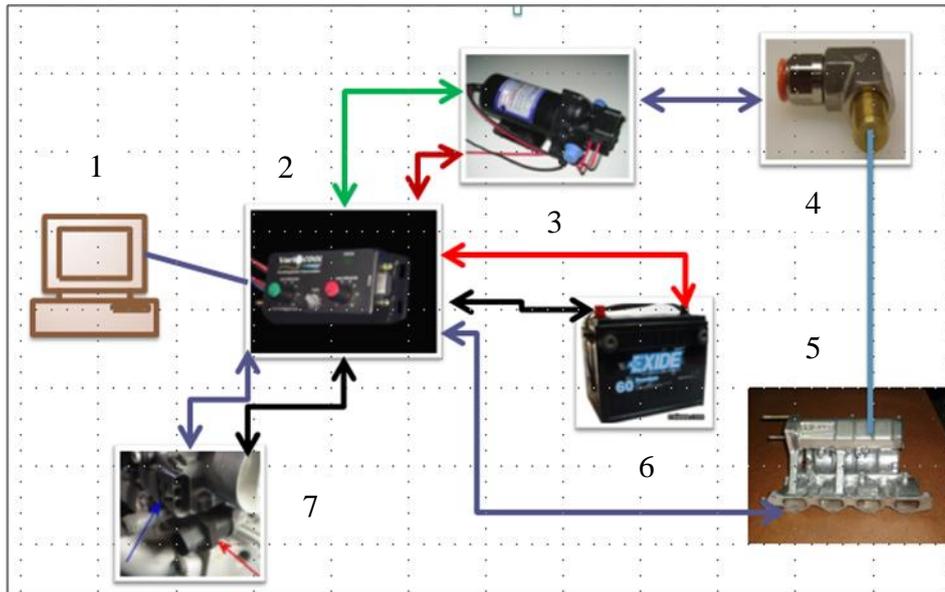


Figura 3.23 – Diagrama de Conexión

1. PC.
2. Controlador electrónico.
3. Bomba.
4. Inyector.
5. Múltiple de admisión.
6. Batería.
7. Sensor (TPS)

Como se puede apreciar en la figura 3.23 el controlador electrónico (2) mediante el puerto serial se encuentra conectado a la PC (1) la misma que controla y permite la configuración del mismo aunque dicha conexión no es indispensable pues el controlador electrónico permite un mando manual mediante sus perillas. Por medio de un par de cables verde y negro multifilamento #14 se encuentra conectado el controlador electrónico al borne positivo y negativo de la bomba (3) respectivamente recibiendo de esta manera el amperaje requerido para los diferentes regímenes de trabajo de la bomba. El controlador electrónico para poder determinar el caudal más apropiado toma la señal del TPS (7) para ello utiliza dos cables multifilamento #16: azul y negro que lo conectan a los terminales de señal y tierra respectivamente del sensor.

La bomba tal como se menciona en sus especificaciones toma un voltaje de 12 V DC. De la batería (6).

3.10. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

Instalar el programa del Cd. que viene con el dispositivo electrónico conectado el controlador electrónico a poder y tierra o si ya está instalado en el vehículo se debe poner en contacto, mientras que el puerto serial esté conectado a la PC.

En la imagen (Figura 3.23) se muestra la pantalla inicial donde se verifica que se encuentre conectado el controlador a la computadora por medio del puerto serial. La lista desplegable muestra los diferentes puertos que permiten la conexión de este dispositivo uno de estos será el indicado, esto se comprueba mediante la activación de los sensores.



Figura 3.23 – Pantalla indicadora de conexión.

3.10.1. Ajuste de pantalla

Mediante esta pantalla se puede programar al controlador para configurar la activación basado en la presión que se genera en el múltiple de admisión o en la señal de voltaje (0-5v), o ejecutar por la señal de presión simplemente o por la señal entre 0 y 5v. Adicionalmente esta: Mínimo ciclo de trabajo, Máximo ciclo de trabajo, bloqueo y ajuste.

1. MIN DC. Este es el valor de presión en que la bomba inicia la inyección.
2. MAX DC. Permite configurar el máximo ciclo de trabajo se puede disminuir el máximo flujo disminuyendo este valor.
3. CURVE. Este valor está entre -5 y +5 v. Este valor cambia la forma de la curva presión vs. flujo. Valores entre -1 y +1v genera una curva lineal. Valores entre -1v y -5v resultaran en curvas completamente lineales. Valores entre -1 v y 1 v no son generalmente utilizados. Estos parámetros son de significativa importancia y pueden ser usados para afinar la curva.
4. CONTROL MODE. Configura el modo de activación del sistema.
5. TRIGGER (Vacío o Voltaje).En base al modo de activación detallado en el ítem anterior permite configurar el valor que dispara el funcionamiento bien sea del vacío o voltaje según sea el caso.
6. 7. 8. LOCKING (Min, Max, Tune).Bloquea los valores característicos de la inyección
9. STATUS BAR. Da la situación de la actual operación de almacenamiento
10. EDIT BUTTON. Permite configurar el modo de operación del sistema.

11.UPDATE BUTTON. Guarda la nueva configuración.

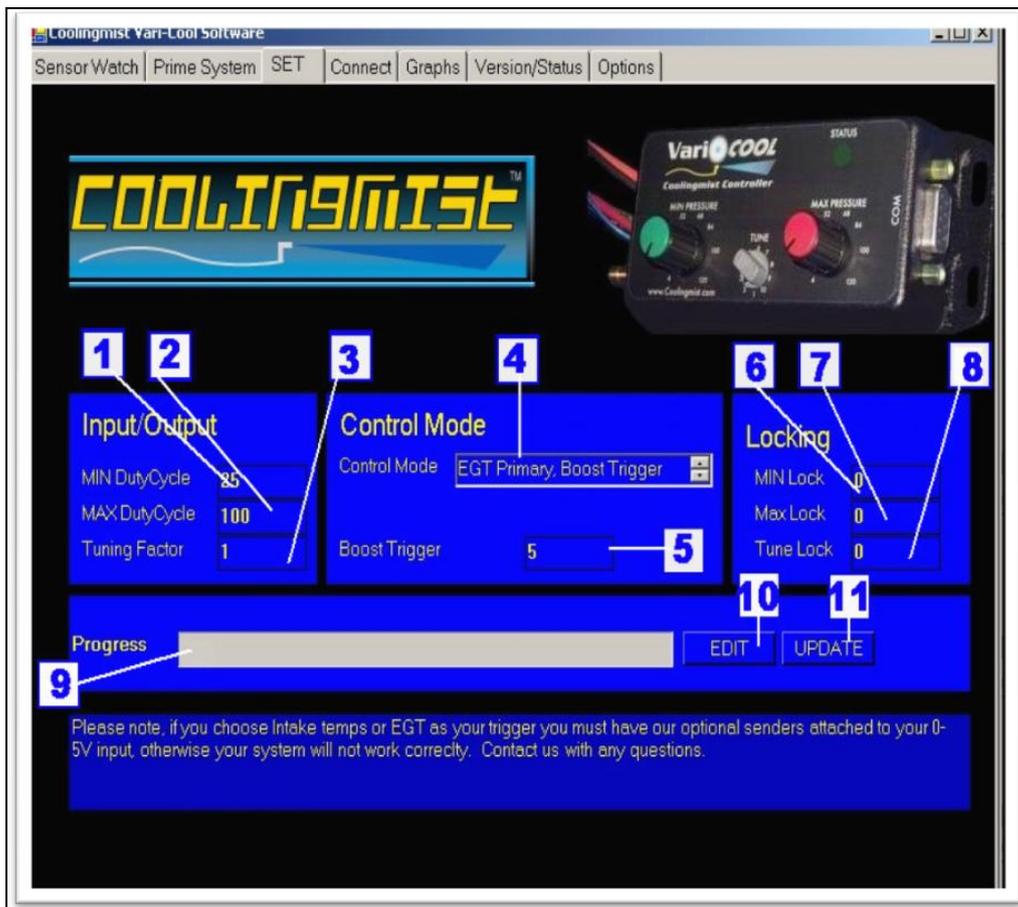


Figura 3.23 – Pantalla de ajuste.

3.10.1.1. Detalle del modo de control

3.10.1.1.1. *Boost only*

Esta configuración es utilizada en caso que se desee activar el sistema por vacío simplemente o por voltaje simplemente. La línea de vacío DEBE estar conectada entre el vacío del automóvil y el puerto del controlador electrónico y el switch empotrado (figura 3.24) debe estar en la posición izquierda si se desea utilizar activación por el vacío generado en el múltiple de admisión. Si se desea utilizar la tensión como activador se debe conectar el cable azul a la diferencia de tensión 0-5v y el switch debe estar a la derecha.



Figura 3.24 - Swich empotrado.



Figura. 3.25 – Pantalla del modo de control.

3.10.1.1.2. *Voltage primary, boost trigger*

Se usa esta configuración si se desea ejecutar el sistema basado en un diferencial de tensión pero solamente cuando el vacío sea igual o superior a un pre establecido. El impulso de activación se pone en el casillero que es creado ante esta selección. Al utilizar este modo, las perillas de MIN y MAX se configuran entre 0-5 voltios. Por ejemplo, si el MIN es fijado en 15 y el MAX se fija en el 30 y el impulso activación es de 12, el sistema empezaría a 2,5 voltios y daría una salida progresiva hasta 5V, pero sólo cuando están por encima del nivel que muestra la casilla. El vacío debe estar por encima del impulso de vacío que active el sistema.



Figura. 3.26 – Pantalla del modo de control.

3.10.1.1.3. *Boost primary, Intake trigger*

Esta configuración se utiliza si se desea ejecutar el sistema basado en el vacío progresivo generado en el múltiple de admisión, pero sólo cuando la tensión es igual o superior a la pre-establecida. La tensión de activación se pone en el casillero que se crea. Cuando se usa este modo, las perillas de MIN y MAX se basarán en la PSI. Por ejemplo, si el MIN se ha fijado en 15 y el MAX se fija en el 30 y la tensión de activación es de 3,5, el sistema empezaría a 15 PSI y dar un progresiva de salida hasta el 30 de la PSI (después del 30, sería el flujo total), pero sólo cuando están por encima de los 3,5 voltios que se ha introducido en esta casilla. El cable azul debe estar conectado a 0-5V de entrada.



Figura 3.27 – Pantalla del modo de control.

3.11. CALCULO DE INYECCIÓN

El controlador electrónico para el cálculo del caudal a inyectar toma diferentes señales como: presión en el múltiple, diferencial de tensión de los sensores (MAP, MAF, TPS) para según estos valores determinar la carga a la que está expuesto el motor y de esta manera inyectar el flujo óptimo sin que llegue a ahogarse el vehículo. Para el proyecto realizado en el Corsa Wind se utilizó particularmente la señal del TPS la cual estaba en el rango de los 0.4 a los 4.6 V. A continuación se muestra la tabla que relaciona el voltaje generado y el flujo de inyección calculado por la centralita.

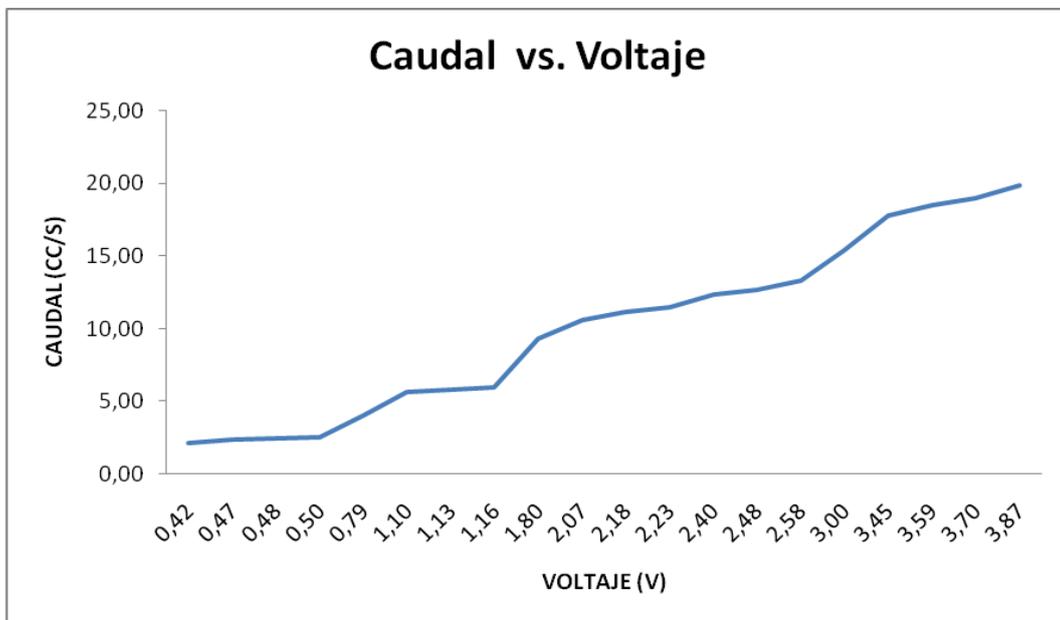


Figura 3.28 – Curva caudal vs. voltaje.

CAPITULO IV PRUEBAS DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

4.1. MEDICIÓN EN EL MOTOR ESTÁNDAR

Para poder tener los parámetros iniciales de trabajo del motor del vehículo Corsa Wind convertido a GNC se realizaron las pruebas de funcionamiento, antes de instalar el dispositivo de hidroinyección, en CORPAIRE de modo que podamos tener los valores para en el futuro poder comparar con los generados con el dispositivo instalado. Las pruebas realizadas fueron:

- Medición de Torque y potencia.
- Medición de las Emisiones de Gases.

4.1.1. MEDICIÓN DE TORQUE Y POTENCIA

El vehículo Corsa Wind con que cuenta la ESPE-L fue sometido a una serie de pruebas (torque, potencia y emisión de gases) en CORPAIRE con el propósito de realizar una comparación operacional entre el funcionamiento con y sin el sistema de hidro-inyección planteado en el proyecto. El software utilizado fue el LPS 3000 mediante el cual se recopilaba la información receptada por sondas para ser transmitida en el monitor con la versatilidad de almacenar los datos en una unidad magnética con extensión *.xls.

4.1.1.1. Descripción de la prueba

Se ubica al vehículo sobre los rodillos del dinamómetro y se procede a asegurar mediante seguros y bandas de seguridad para evitar el desplazamiento equivoco del automóvil.



Figura 4.1 - Ubicación el vehículo para las pruebas.

El personal de CORPAIRE coloca los sensores y sondas para poder recopilar la información sobre los parámetros de funcionamiento del vehículo tales como: temperatura, presión, flujo, etc.

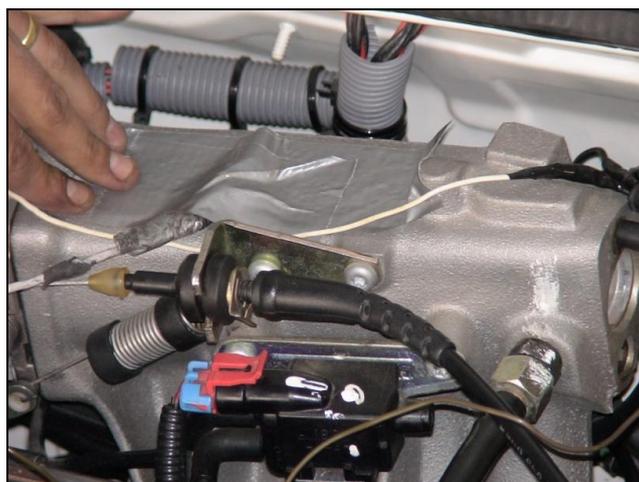


Figura 4.2 – Ubicación de sensores de análisis.

Se coloca un ventilador al frente del vehículo para evitar un sobre calentamiento ocasionado por el funcionamiento estático a altas revoluciones del automotor.



Figura 4.3 - Ventilador.

Mientras un operador conduce al vehículo a condiciones requeridas por el software otro manipula el software de modo que las mediciones sea las más aproximadas a un funcionamiento común del vehículo en carretera.



Figura 4.4 - Operario del Software de análisis.

4.1.1.2. Parámetros de la prueba

Tabla IV.1 - Parámetros iniciales para las pruebas.

Parámetro	Valor	Unidad
Carga	50.0	N
T-ambiente	81.1	F
T-aspiración	59.7	F
H-aire	29.6	%
P-aire	718.4	HPa
P-vapor	10.7	HPa

Estos factores señalados son los datos iniciales con los que el dinamómetro basa sus resultados siendo la carga el valor programado por el operador del equipo en tanto que el resto son valores captados por sensores especiales.

Adicionalmente el equipo en el que realizamos las pruebas permite introducir una serie de parámetros relacionados al tipo del vehículo tales como: ciclo, número de cilindros, año del vehículo, cilindrada, etc.

4.1.1.3. Datos obtenidos

Para poder obtener los resultados de potencia fue necesario simular en el rodillo del dinamómetro un régimen normal de funcionamiento el mismo que fue de las 900 a las 6000 rpm con un intervalo de 5rpm por lo que se consiguió alrededor de 1200 valores los que a futuro fueron tabulados para presentar los resultados que a continuación se muestra.

Tabla IV.2 – Datos de torque y potencia obtenidos.

P-Normal	41,3	HP
P-Motor	28,2	HP
P-Rueda	15,0	HP
P-Arrastre	13,2	HP
En	5.570	Rpm
	73,0	Mph
M-Normal	48,7	lbf.ft
En	3.560,0	rpm
	47,2	mph

Nota.- Para poder realizar el cálculo de potencia y torque normal se aplica la norma ISO 1585 de corrección.

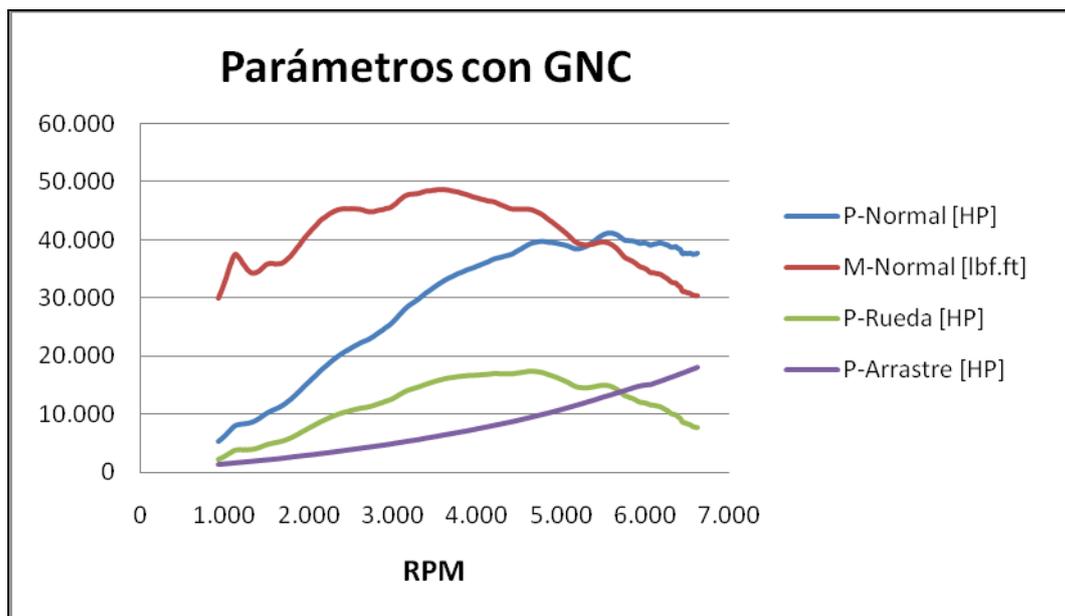


Figura 4.5 - Curva de Torque y Potencia.

Como se puede apreciar en la figura 4.5 la potencia nominal máxima se halla ubicada en las 5570 rpm en tanto que el torque muestra su mayor poder cerca de las 3560 rpm. Motivo por el cual la inyección de agua fue realizada pasada este último valor para conseguir el efecto de la hidroinyección el mismo que se lleva a cabo cuando las revoluciones alcanzan el máximo valor de torque

consiguiendo una mezcla de componentes y el volumen de agua ingresado en la cámara sea el óptimo para reaccionar eficientemente.

4.1.2. MEDICIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES

Uno de los principales propósitos fijados al momento de implementar nuestro proyecto fue contribuir al cuidado del medio ambiente tan afectado con las excesivas emisiones tóxicas producidas por los automotores.



Figura 4.6 - Equipo de análisis de gases.

4.1.2.1. Descripción de la prueba

Para poder obtener la lectura de emisiones del vehículo convertido a GNC fue evaluado según los instrumentos de CORPAIRE así como por el analizador de gases con el que cuenta la ESPEL (infrarrojo RAG GAScheck).

Para la evaluación de emisiones realizadas en CORPAIRE el vehículo fue ubicado en otro sector donde eran evaluadas las emisiones para lo cual fue necesario mantener funcionando al vehículo a GNC y con un régimen constante a ralentí. Para poder evaluar las emisiones es necesario tomar la señal el número de revoluciones mediante una pinza que censa ubicándolo en el cable del primer cilindro. Además es necesario ubicar la sonda de medición en el tubo de escape la misma que receptara los datos de las emisiones. El operario registra los datos mediante un software que permite visualizar el nivel de: CO, CO₂, NO_x, HC. Mediante un procedimiento similar se registraron las emisiones según el analizador de gases de la ESPE. Producto de las lecturas tomadas y tabuladas se obtuvieron los siguientes datos.

4.1.2.2. Datos obtenidos

Tabla IV.3 - Tabla de emisiones sin hidroinyección.

GAS	VALOR
CO	3.705 %
LAMBDA	1.410
CO ₂	6.02 %
HC	760 ppm
NO _x	0.083 %

Como se puede apreciar en la Tabla IV.3 los valores de las emisiones de gases se encuentran dentro del rango superior de valores permitidos según la norma INEN 2204 la misma que regula los niveles de emisiones de monóxido de carbono(CO) e hidrocarburos (HC) máximos permisibles para circular en el distrito metropolitano de quito en 4.5% y 750ppm respectivamente motivo por el cuál es necesario reducir aún más las emisiones del vehículo de modo que se logre obtener un estándar de calidad semejante a los vehículos modernos con sistemas de catalizador y semejantes con los que se logra reducir significativamente las emisiones .

4.2. MEDICIONES CON EL SISTEMA INSTALADO

Para lograr establecer los beneficios del sistema se realizaron las pruebas de los parámetros de funcionamiento después de haber instalado la hidroinyección y de este modo tabular los datos para conocer el factor de ganancia.

4.2.1. MEDICIÓN DE TORQUE Y POTENCIA

Los parámetros y el procedimiento de medición son los mismos que los realizados en los ítems 4.1.1.1 y 4.1.1.2.

4.2.1.1. Datos obtenidos

Tabla IV.4 - Tabla de resultados de emisiones con hidroinyección.

P-Normal	41,4	HP
P-Motor	28,6	HP
P-Rueda	15,2	HP
P-Arrastre	13,4	HP
en	5.570	rpm
	73,4	mph
M-Normal	49,9	lbf.ft
en	3.560	rpm
	47,3	mph

Nota.- Para poder realizar el cálculo de potencia y torque normal se aplica la norma ISO 1585 de corrección.

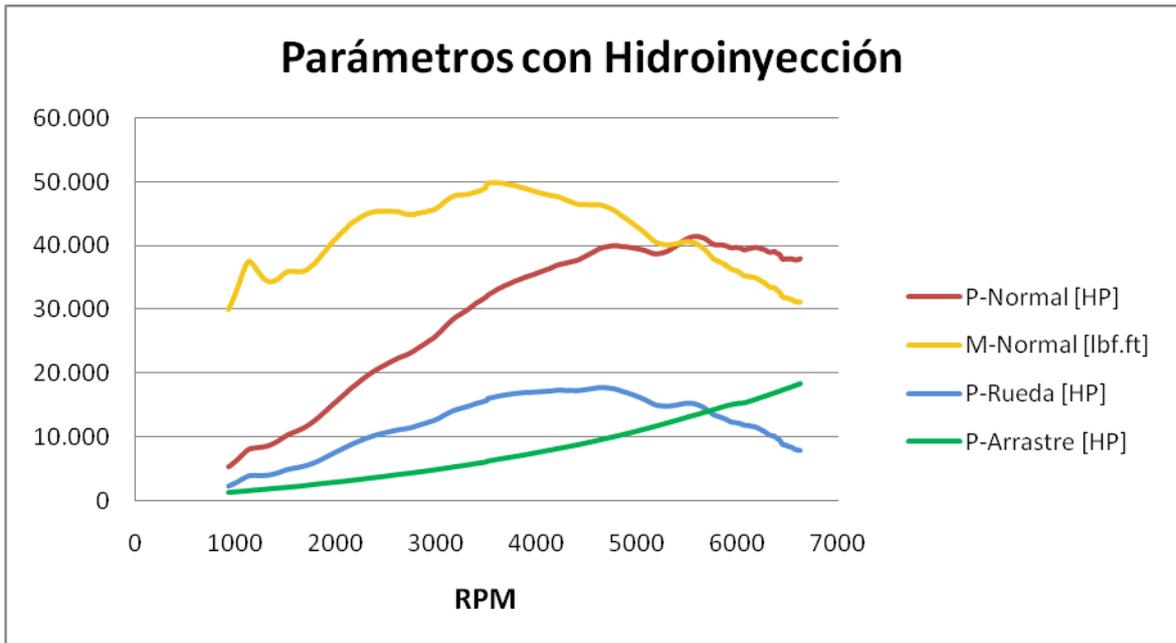


Figura 4.7 - Curva de Torque y Potencia.

Una vez realizadas las pruebas de torque y potencia instalado el sistema de hidroinyección se ha concluido en que se observa un incremento en la potencia del vehículo a las 5570 revoluciones y la potencia del motor en 0.5 hp el torque por otra parte se incremento a las 3560 rpm en 1libra pie en un impulso casi instantáneo al ingreso de agua a la cámara de combustión y aunque se registre un incremento instantáneo el verdadero resultado requiero de un lapso corto de tiempo(aprox. 1min) en que los sensores entreguen los datos a la computadora del vehículo y esta re calibre la nueva condición de conducción. Dicho resultado se lo aprecia a revoluciones altas (pasadas las 4000 rpm).

4.2.2. MEDICIÓN DE EMISIÓN DE GASES

Bajo las mismas condiciones de medición señaladas en los ítems 4.1.2.1. se realizó la medición de la emisión de Gases contaminantes con el sistema de hidroinyección ya instalado de modo que se pueda realizar un estudio comparativo relacionado al beneficio ecológico generado por el proyecto planteado.

4.2.2.1. Datos obtenidos

Tabla IV.5 - Resultado de emisiones con hidroinyección.

GAS	VALOR
CO	1.739 %
CO2	11.07 %
HC	2432 ppm
NOX	0.054%

Los niveles de monóxido de carbono se han visto disminuidos al 1.739% encontrándose este valor dentro de un rango aceptable según las normas vehiculares INEN 2204 para el distrito metropolitano de Quito.

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento del vehículo (Potencia, Torque y de emisión de gases contaminantes) se ha comprobado un aumento en los valores de torque y potencia del vehículo a partir del ingreso de dosis controladas de agua destilada en el motor del vehículo. El punto de incremento de torque fue seleccionado como el régimen de revoluciones elevado (mayor a 3500 rpm) que se requiere para que el motor logre emulsionar de un modo adecuado al agua con el metano y de este modo se consiga el efecto esperado por el agua en el motor dicho incremento se logra evidenciar segundos después del inicio de la inyección tiempo requerido para conseguir el efecto esperado a partir de este momento los valores de potencia también son incrementados hasta conseguir su punto más elevado cerca de las 6000 rpm.

Además la inyección de agua en el motor consigue disminuir los niveles de emisión de gases desde el momento en que el líquido ingresa en las cámaras de combustión del vehículo consiguiendo con esto contribuir a la protección ecológica buscada al momento de plantear el sistema de hidroinyección.

Los resultados obtenidos por el dinamómetro fueron cerca de 1200 por cada parámetro de funcionamiento del vehículo para factores de torque y potencia los mismos que fueron recopilados en alrededor de 30 minutos por prueba dichos resultados son tabulados y presentados en la tabla 4.6 así como los obtenidos en el analizador de Gases.

4.3.1. GRÁFICOS COMPARATIVOS

4.3.1.1. Potencia

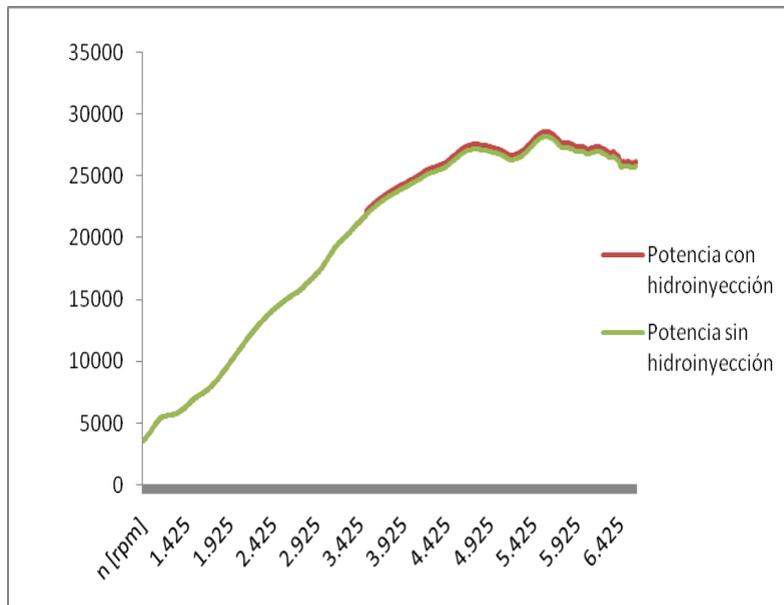


Figura 4.8 - Curva comparativa de potencia.

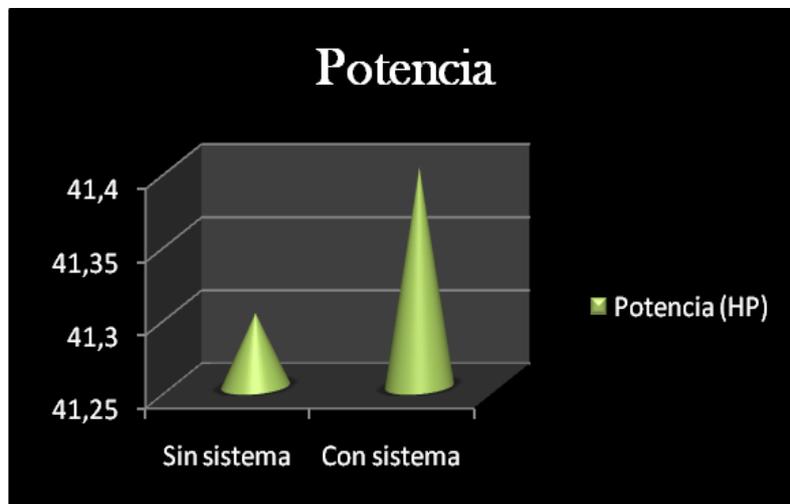


Figura 4.9 – Gráfico de Barras (Potencia)

4.3.1.2. Torque

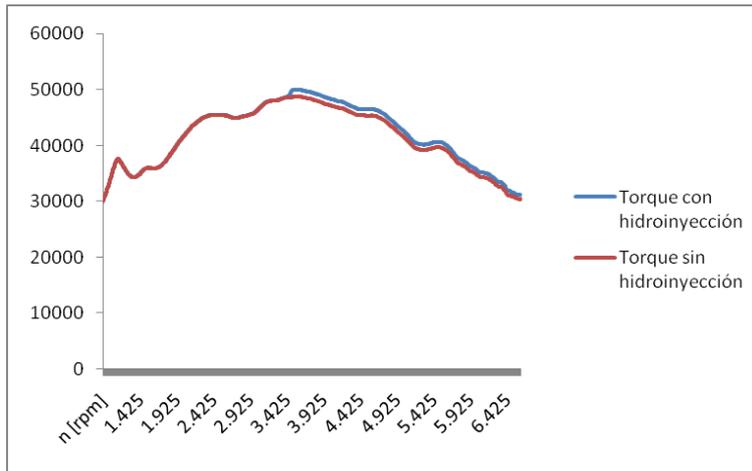


Figura 4.10 - Curva comparativa de torque.

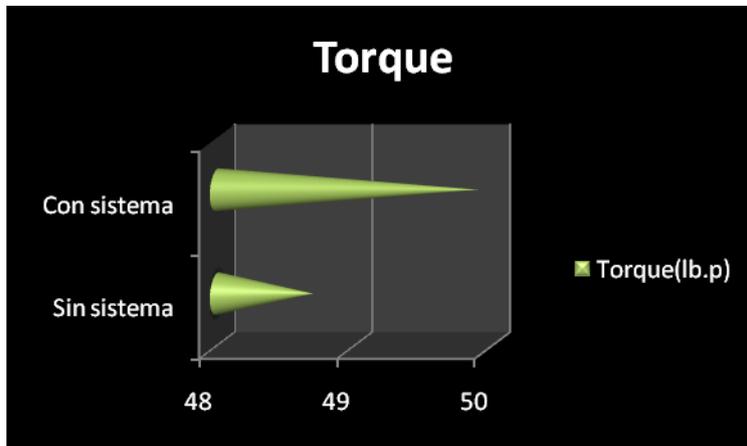


Figura 4.11 – Gráfico de Barras (Torque).

4.3.1.3. Monóxido de carbono(CO)

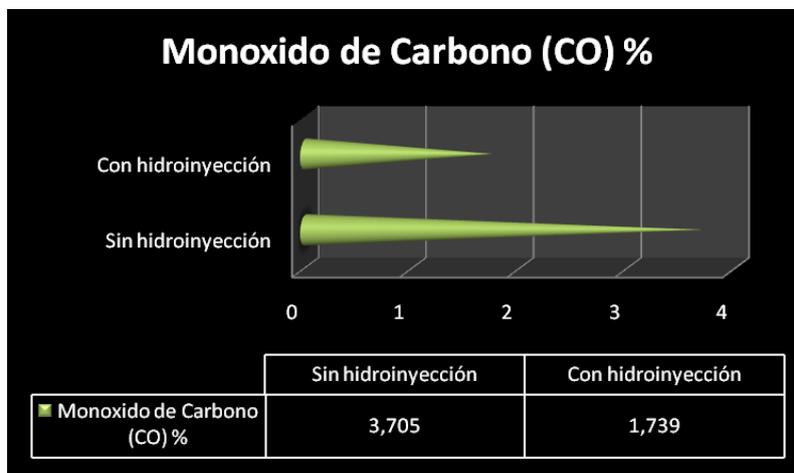


Figura 4.12 – Gráfico de barras (CO).

4.3.1.4. **Dióxido de carbono (CO₂).**

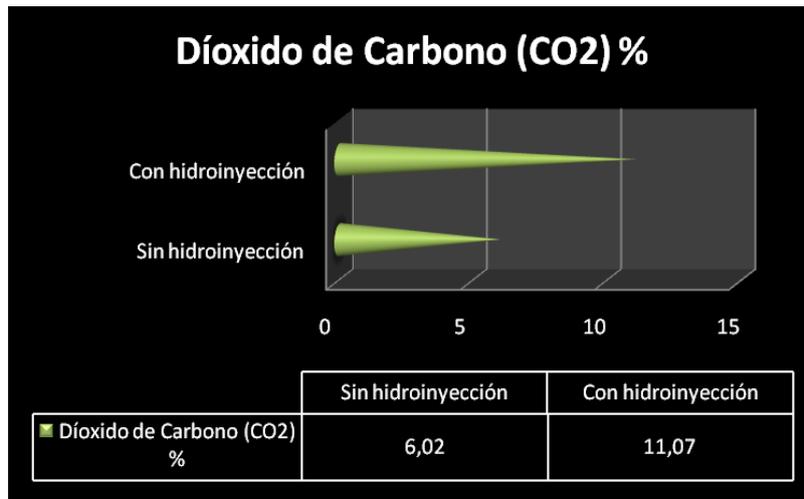


Figura 4.13 – Gráfico de barras (CO₂).

4.3.1.5. **Hidrocarburos (HC)**

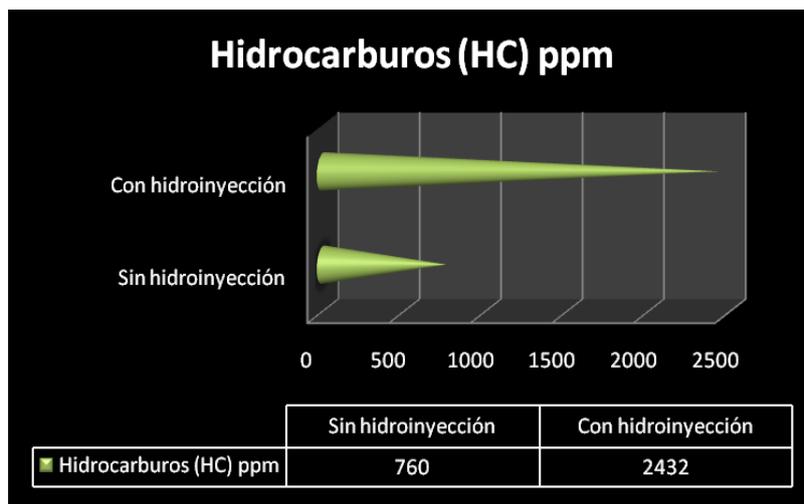


Figura 4.14 – Gráfico de barras (HC).

4.3.1.6. **Óxidos de Nitrógeno**

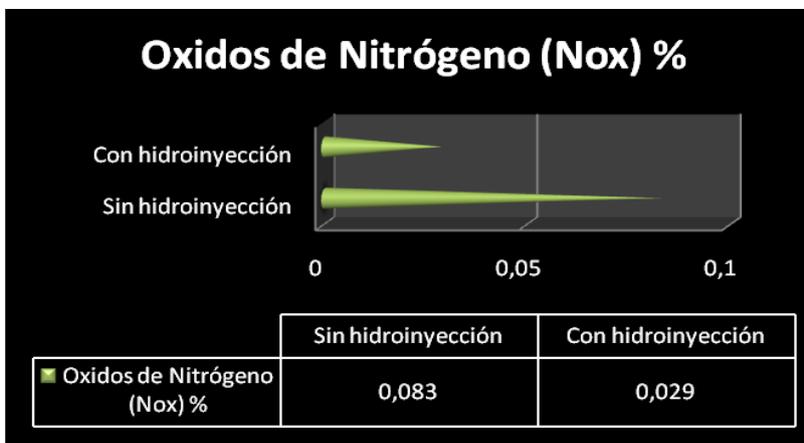


Figura 4.15 – Gráfico de barras (NO_x).

4.3.2. TABLA DE ANÁLISIS GENERAL

Tabla IV.6 Análisis de resultados.

			Sin hidroinyección	Con hidroinyección
Parámetros	Potencia Normal	5570rpm	41,3 HP	41,4 HP
	Potencia Motor		28,2 HP	28,6 HP
	Potencia Rueda		15 HP	15,2 HP
	Potencia Arrastre		13,2 HP	13,4 HP
	Torque Normal	3560 rpm	48,7 lb.p	49,9 lb.p
	Torque		47,2 lb.p	47,3 lb.p
Emisiones	CO	%	3.705	1,739
	CO2		6.02	11.07
	NOx		0.083	0.054
	HC	ppm	760	2432

CAPITULO V

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

5.1. OPERACIÓN DEL SISTEMA

5.1.1 . LECTURA DE LA VISUALIZACIÓN DE SENSORES

En la siguiente pantalla se muestra como el controlador está programado así como los datos en tiempo real de un modo grafico. No es necesario que esté conectada la computadora para cambiar la programación.

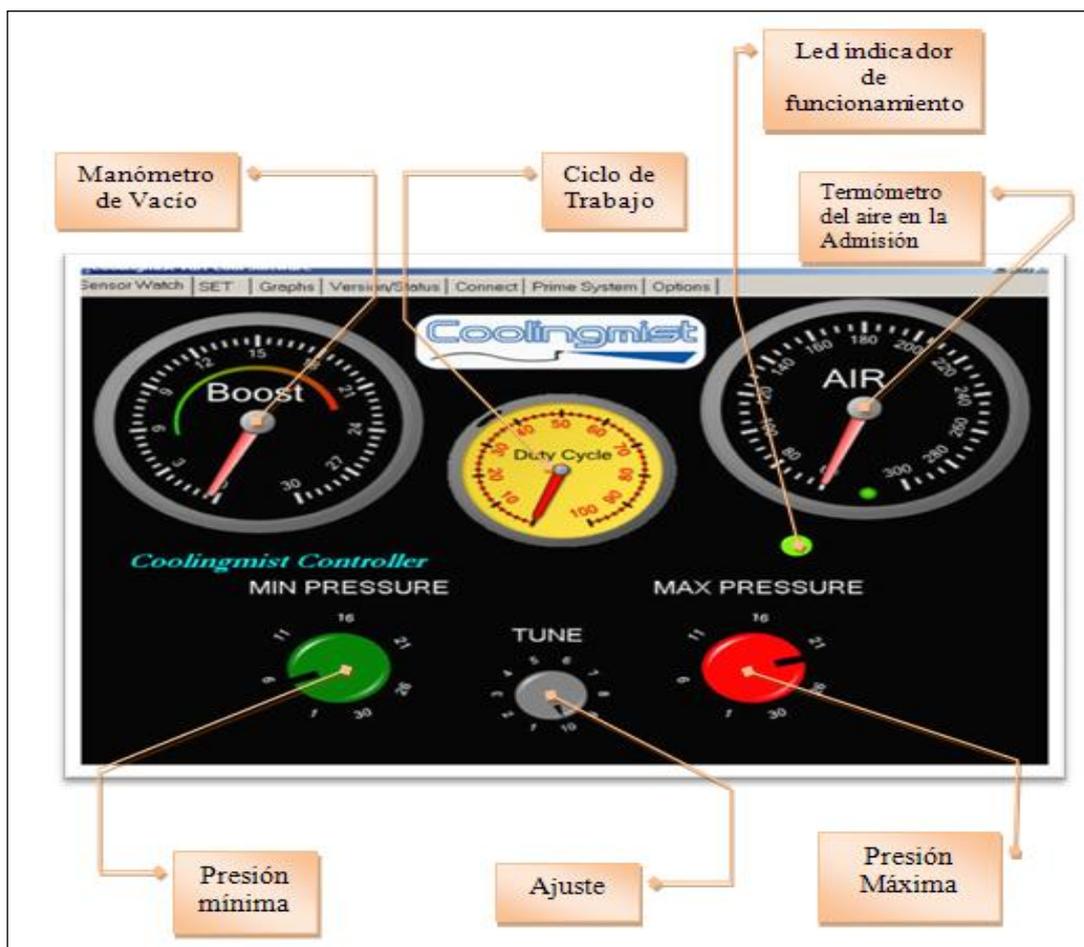


Figura 5.1 – Pantalla de visualización de sensores.

Si se está inyectando basado en otro disparador (voltaje, EGT, temperatura) la curva no aparecerá.

5.1.2. INDICADOR DEL CICLO DE TRABAJO

El control de esta manija tiene un efecto en el ciclo de trabajo. Puede incrementar la presión de la bomba.



Figura 5.2 - Indicador del ciclo de trabajo.

5.1.3. LED INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO

La luz indicadora le dice cuando el sistema está inyectando. Si se gira la manija de mínimo más que la de máximo el sistema se desactiva y la luz se apaga. Cuando inyecta será permanente. Cuando está inactivo parpadeará rápido.

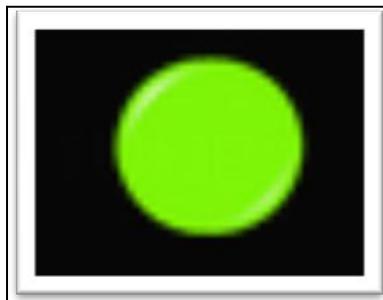


Figura 5.3 – Led indicador de funcionamiento.

5.1.4. MANILLAS DE AJUSTE DE PRESIÓN MÁXIMA Y MÍNIMA

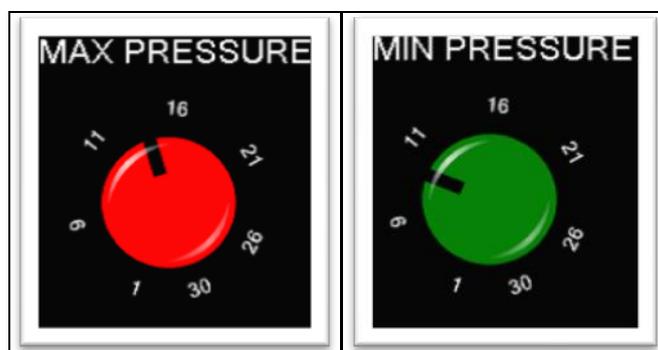


Figura 5.4 - Manillas de ajuste de Presión.

Al seleccionar la presión del múltiple de admisión como el control aparecen las manijas mostradas en la Fig. 5.4. Si se tiene la presión de vacío entre 4 y 120 psi la manija se auto ajustara a la escala a 120. Al mover las manijas los cambios se darán en tiempo real.

5.1.5. SISTEMA PRIMARIO

El sistema primario es una pantalla con controladores, sobre los cuales es posible poner a prueba el sistema en vacío para comprobar el funcionamiento de cada parte del, o mirar si trabaja esto puede llegar a ser conveniente. Por ejemplo se puede quitar los inyectores del vehículo y presionar **run** y tienen que inyectar sin necesidad del vacío o voltaje. Esta interacción es adecuada para poder conocer la falla específica del sistema.

1. **Prime system.**- Etiqueta que indica que esta en el modulo de mezcla.
2. **Second box.**- Muestra los segundos de inyección
3. **Dutycycle.**- Puedes modificar al ciclo de trabajo entre el 1 al 100 %.
4. **Run button.**- Se enciende la bomba.
5. **Cancel.**- Se cancela la mezcla y el trabajo de la bomba.
6. **Dutycycle bar readout.**- Da una barra y una lectura digital del ciclo de trabajo.

7. Time readout.- Da una barra y una lectura digital de salida del tiempo transcurrido.

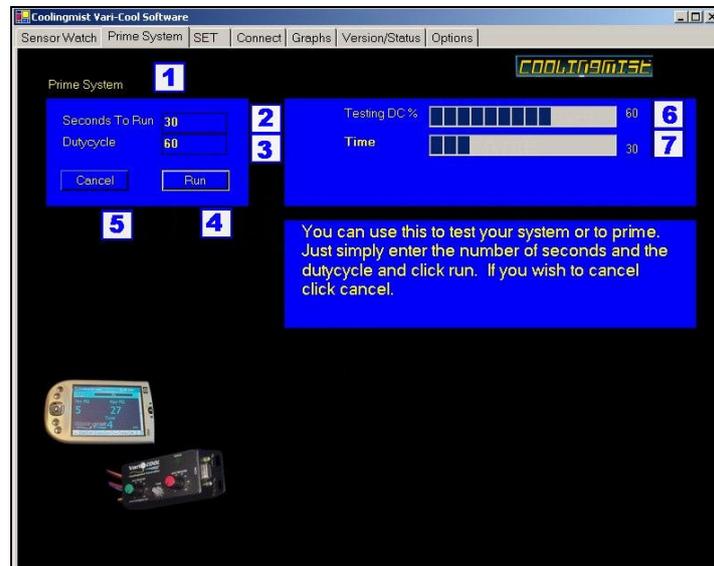


Figura 5.5 – Pantalla del sistema primario.

5.1.6. PÁGINA PRINCIPAL DE GRÁFICO

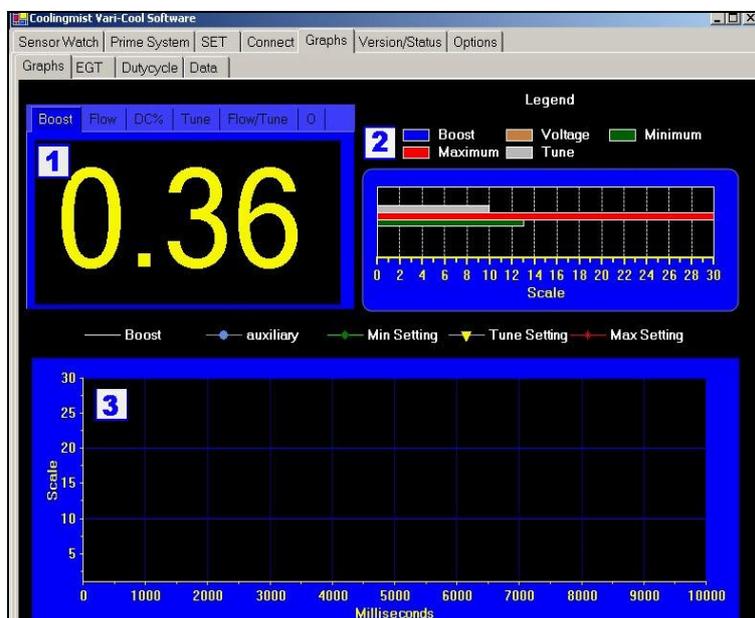


Figura 5.6 – Pantalla de gráficos.

Esta pantalla (Figura 5.6) permite visualizar gráficamente por medio de barras y un diagrama de dispersión la presión generada en el múltiple de admisión, el ciclo de trabajo al que está operando la bomba de alta presión, el diferencial de tensión generado en los bornes del sensor (TPS, MAP, MAF, etc.), los valores de presión y voltaje entre los cuales se ha fijado el sistema de inyección. El diagrama y las barras ajustan automáticamente las escalas en las que se muestran los valores antes mencionados según la opción que se elija en la pantalla de control (Fig. 5.7), la misma que permite varias opciones de presentación de datos y cuales de ellos se desea visualizar. Todos estos datos son registrados por los sensores y presentados en la pantalla en tiempo real.

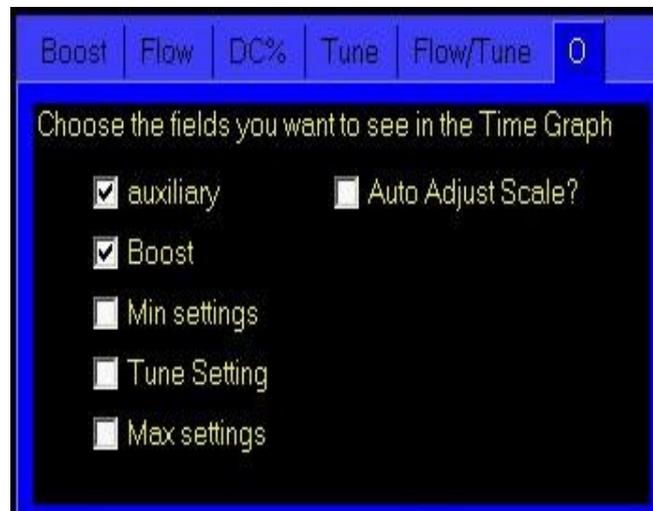


Figura 5.7 – Pantalla de configuración de datos a visualizar.

5.1.7. PANTALLA DE DATOS

Esta pantalla permite registrar la presión generada en el múltiple de admisión, el ciclo de trabajo al que está operando la bomba de alta presión, el diferencial de tensión generado en los bornes del sensor (TPS, MAP, MAF, etc.), los valores de presión y voltaje entre los cuales se ha fijado el sistema de inyección, estos datos son presentados numéricamente utilizando el esquema de Excel para dicho efecto, Estos valores son tomados por los sensores 5 veces por segundo con la opción de poder guardar este archivo para su análisis. Entre las opciones de esta pantalla se encuentran la de pausar el registro de datos (PAUSE), limpiar la pantalla de datos anteriores (CLEAR) y como se menciono anteriormente guardar el registro (SAVE).

Time Stamp	Time Stamp	Min	Max	Tune	Voltage	Dutycycle	Boost
12:59:28 PM -2	12:59:28 PM -90	13.41	29.98	10	0.022	0	
12:59:29 PM -3	12:59:29 PM -62	13.41	29.98	10	0.022	0	
12:59:29 PM -4	12:59:29 PM -21	13.41	29.98	10	0.022	0	
12:59:29 PM -5	12:59:29 PM -37	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:29 PM -6	12:59:29 PM -53	13.42	29.98	10	0.020	0	
12:59:29 PM -7	12:59:29 PM -68	13.41	29.98	10	0.022	0	
12:59:29 PM -8	12:59:29 PM -84	13.42	29.98	10	0.020	0	
12:59:30 PM -9	12:59:30 PM -0	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:30 PM -10	12:59:30 PM -15	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:30 PM -11	12:59:30 PM -31	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:30 PM -12	12:59:30 PM -46	13.41	29.98	10	0.020	0	
12:59:30 PM -13	12:59:30 PM -62	13.42	29.98	10	0.020	0	
12:59:30 PM -14	12:59:30 PM -78	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:30 PM -15	12:59:30 PM -93	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:31 PM -16	12:59:31 PM -93	13.42	29.98	10	0.022	0	
12:59:31 PM -17	12:59:31 PM -25	13.41	29.98	10	0.020	0	
12:59:31 PM -18	12:59:31 PM -40	13.41	29.98	10	0.020	0	
12:59:31 PM -19	12:59:31 PM -56	13.41	29.98	10	0.020	0	
12:59:31 PM -20	12:59:31 PM -71	13.41	29.98	10	0.022	0	
12:59:31 PM -21	12:59:31 PM -87	13.42	29.98	10	0.020	0	
12:59:32 PM -22	12:59:32 PM -31	13.42	29.98	10	0.025	0	
12:59:32 PM -23	12:59:32 PM -18	13.41	29.98	10	0.022	0	

Figura 5.8 – Pantalla de datos.

5.1.8. PANTALLA DE ESTATUS

En esta pantalla se muestra la versión del controlador electrónico, el estado de la conexión y la versión del software. Además se muestra si está conectado o no el controlador al PC. Si existe conexión a internet se puede actualizar o descargar una nueva versión.



Figura 5.9 - Opciones de Pantalla.

5.1.9. PANTALLA DE ESTATUS

En esta pantalla es posible configurar los sensores que vamos a utilizar dependiendo del modo que este configurado el sistema para actuar, al ser el vacío generado en el múltiple de admisión mostrara el vacío generado en tanto que si elegimos el diferencial de tensión de alguno de los sensores (MAP, MAF, TPS) se mostrara el voltaje generado.



Figura 5.10 – Pantalla de Estatus.

5.2. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Se entiende por mantenimiento la acción o conjunto de acciones que tienden a conservar, preservar, mejorar un vehículo o los sistemas que conforman el mismo, sin agregarle valor adicional a éste. El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil del vehículo, a obtener un rendimiento aceptable del mismo durante más tiempo y a reducir el número de fallas. La estructura del mantenimiento de los vehículos conserva una relación directa con su categoría y con las condiciones de servicio que estos nos prestan.

5.2.1. OPERACIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN MOTOR CON HIDROINYECCIÓN

5.2.1.1. Inspección 15.000km en hidroinyección

- Revisar que no existan fugas de agua en el sistema.
- Controlar que en el tanque este con agua.

5.2.1.2. Inspección 30.000km en hidroinyección

- Controlar que el tanque este lleno.
- Controlar que la bomba mande la presión adecuada al sistema.
- Revisar que no exista fugas en el sistema.

5.2.1.3. Inspección 60.000km en hidroinyección

- En este mantenimiento se realizan las mismas operaciones que se realizaron a los 30.000km, adicionadas las operaciones siguientes:
- Controlar que las toberas no estén obstruidas.
- Revisar si el tanque está bien sujetado.

5.2.1.4. Inspección 90.000km en hidroinyección

- En este mantenimiento se realizan las mismas operaciones que en los 30.000km, solo que se presta especial atención al sistema eléctrico de la bomba.

5.2.2. OPERACIONES DEL MANTENIMIENTO SINTOMÁTICO PARA UN MOTOR DE HIDROINYECCIÓN

TablaV.1 – Operaciones de mantenimiento sintomático

<p>La hidroinyección no se realiza</p>	<p>Controlar que la bomba este funcionando, y mande una presión de 150 PSI.</p> <p>Controlar el nivel del líquido en el tanque de agua.</p> <p>Controlar que el inyector no esté obstruido.</p> <p>Revisar que las conexiones del módulo electrónico estén bien hechas.</p>
<p>La hidroinyección se realiza de forma exagerada ahogando el motor.</p>	<p>Controlar la programación del modulo electrónico.</p> <p>Controlar que las perillas de control estén en la posición requerida.</p> <p>Revisar el voltaje que envía el sensor TPS al módulo electrónico.</p>
<p>No se siente ningún cambio en el funcionamiento del vehículo cuando el sistema está funcionando.</p>	<p>Controlar la programación del módulo electrónico.</p> <p>Controlar que las perillas de control estén en la posición requerida.</p> <p>Revisar el voltaje que envía el sensor TPS o MAP al módulo electrónico.</p> <p>Controlar que la manguera de vacio</p>

	<p>este conectada.</p> <p>Revisar que la manguera de vacío no esté rota.</p>
El módulo electrónico no funciona	<p>Controlar que la luz indicadora del módulo electrónico este titilando al poner en contacto el vehículo.</p> <p>Revisar que el fusible no esté quemado.</p> <p>Controlar la batería este cargada.</p>
La bomba no funciona	<p>Controlar que la bomba tenga alimentación de corriente.</p> <p>Controlar que el módulo electrónico este encendido.</p> <p>Comprobar que las conexiones eléctricas estén en buen estado y conectadas.</p> <p>Revisar si el agua ocupada para la hidroinyección era agua destilada.</p>
Oxido en el múltiple de admisión	<p>Disminuir el tiempo de inyección.</p> <p>Controlar la programación del módulo electrónico</p> <p>Controlar el voltaje que envía el TPS al módulo electrónico.</p>

5.3. COMPROBACIÓN DE SENSORES

Puesto que el sistema de hidroinyección toma las señales de diferentes sensores para poder tabular y censar la carga del vehículo y de esta manera calcular la dosis adecuada de agua a inyectar es necesario realizar un mantenimiento de los sensores con sus debidas comprobaciones para verificar que el sistema tome las señales adecuadas y de este modo descartar fallas ajenas al sistema.

5.3.1. COMPROBACIONES DEL SENSOR TPS

Un inconveniente bastante usual, es que se ensucie la superficie de la pista. En este caso cuando el cursor en su recorrido pase por sobre la suciedad, se desvinculara de la pista y perderá la referencia de tensión de la misma dando una información errónea de la posición. Para verificar esto se debe conectar un óhmetro sobre el cursor se lo debe hacer girar muy lentamente controlando que la medición del óhmetro siga exactamente la posición del cursor.

Lo mismo se puede hacer montado en el vehículo pero midiendo tensión en lugar de la resistencia. La operatoria seria poner en contacto al automóvil para alimentar el sistema y luego hacer girar muy lentamente la válvula mariposa controlando que la medición del voltímetro siga la posición del cursor.

Normalmente estos sensores se alimentan con 5V entre sus extremos y en el cursor con la mariposa totalmente cerrada tendremos entre 0,3 a 0,8 Volts y con la mariposa totalmente abierta tendremos entre 4,5 y 4,8 Volts. También hay algunos sensores que solamente censan mariposa totalmente abierta y totalmente cerrada y se basan en dos llaves que se activan en sus extremos de giro.

Para efectuar la comprobación de este componente utilizaremos un multímetro digital dispuesto en la opción de voltímetro de C.C. (DC Volts) y se elige la escala de 20 Volts. El primer paso a seguir consiste en poner el auto en

contacto y conectar la punta negativa del instrumento utilizado a masa. Con la punta positiva debemos ir midiendo, paso a paso, sobre cada uno de los tres contactos del conector, o en su defecto pinchando cada uno de los cables, tal como se indica en la figura 5.11.

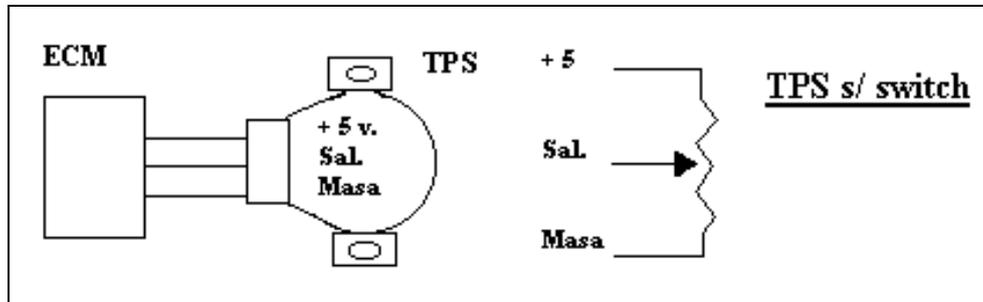


Figura 5.11 – Comprobación TPS.

En uno de los conductores deberá estar presente una tensión de + 5 volts, que es la tensión de alimentación del TPS y que es entregada por la computadora. En otro de los conductores, el que está conectado a masa, se deberá medir una tensión que no deberá superar un valor comprendido entre 50 y 80 mili volt (0,05 - 0,08 volts). En el tercer conductor, que será el de señal, la medición con la mariposa cerrada deberá indicar un valor comprendido entre los 0,4 volts y 1,1 volts. Este valor dependerá de la marca y modelo de auto.

Siempre es importante contar con la información del valor indicado por el fabricante para corroborar que el valor obtenido es el correcto. Si los valores obtenidos en esta primera comprobación son los indicados, se puede considerar que hasta este punto el sistema está bien.

- Si la tensión medida en la conexión de masa es mayor a los valores especificados.
- Si la tensión de alimentación del TPS es menor a + 5 volts.
- Si la tensión leída en la salida de señal es muy distinta a los valores indicados.

Los procedimientos a seguir serán los siguientes:

Con el auto sin contacto desenchufar la ficha del TPS, disponer el multímetro para medir resistencias (óhmetro) en la escala más baja (por ejemplo 200 ohms), cortocircuitar las puntas de medición entre sí y leer que valor de resistencia indica, RECORDAR ESTE VALOR, el valor leído podrá estar comprendido entre 0,000 y 0,5 ohms, según el multímetro utilizado y el estado y calidad de las puntas.

Si el valor es mayor, nos estará indicando puntas en mal estado o alguna dificultad en el instrumento. Conectar ahora una punta al chasis y con la otra medir tocando sucesivamente el conector hembra de remate de los cables que conectan al TPS. Una de esas conexiones deberá indicar continuidad con masa, indicando un valor de resistencia muy bajo, por ejemplo supongamos que medimos 0,9 ohms, a este valor debemos restarle el valor leído cuando cortocircuitamos las puntas. Asumimos que en ese momento medimos 0,3 ohms, este es el valor que debemos restar de los 0,9 ohms, el producto de esta resta será 0,6 ohms, por lo tanto la verdadera resistencia a masa que tiene la conexión es de 0,6 ohms. De esta manera ya se tiene identificada y medida la conexión a masa del TPS.

Si esta conexión a masa no existe, o el valor de resistencia comprobado entre la ficha y masa es de un valor superior de 1 o 1,5 ohms, se debe revisar el cableado y toma de masa. Esta masa siempre la provee un Pin de la computadora, punto de conexión llamado Masa de Sensores.

Prosiguiendo con la verificación, poner el auto en contacto, disponer el multímetro para medir tensiones de C.C. (Volts DC), elegir escala de 20 volts, conectar la punta negativa al chasis y con la punta positiva ubicar en el conector en donde están presentes los + 5 volts. Si está presente esta tensión y cuando se realizó la comprobación anterior no estaba presente o estaba baja, ya podemos considerar que el problema lo está ocasionando el TPS en sí, probablemente una fuga o un cortocircuito interno hacia la masa, reemplazarlo.

Si dicha tensión no aparece o es baja (menor a 4,8 volts), se debe consultar el diagrama eléctrico correspondiente al sistema de inyección del modelo de auto en cuestión. Observar en él que otros componentes son alimentados con los + 5 volts entregados por el computador (por ejemplo Sensor de Presión Absoluta, MAP). Verificar si este componente está alimentado con + 5 volts, si lo está, indudablemente tenemos el conductor que lleva esta tensión al TPS cortado. Si dicha tensión no está presente en este componente o también es baja se debe proceder a desconectar su conector, una vez desconectada verificar nuevamente la tensión de + 5 volts. Si ahora esa tensión se restablece el problema es producido por el MAP, reemplazarlo.

Si no se restablece se deberá revisar (utilizando el diagrama eléctrico del auto), el cableado, para comprobar que no existan cortocircuitos o fugas entre conductores o a masa. Si ninguna de estas acciones da resultado, es muy probable que la falla se haya producido en el computador, es decir que se halla deteriorado su regulador de tensión de + 5 Volts. Este regulador es un circuito integrado interno del computador y es utilizado por este para alimentar con una tensión estable y regulada a algunos de sus sensores externos y a toda su circuitería electrónica digital interna.

Si el problema detectado consistía en una tensión de reposo alta, por ejemplo 2 volts, (la condición de reposo es con mariposa cerrada), y las comprobaciones anteriores arrojaron valores correctos (+ 5 volts y masa no mayor a 0,08 volts), no olvidar antes de tomar una decisión de comprobar que la mariposa este bien ajustada mecánicamente. Recordemos que tanto en sistemas mono punto como multipunto, la condición de reposo de la mariposa se produce cuando el acelerador no está siendo accionado (condición también conocida como pie levantado). En esta condición la separación (gap) entre el borde de la mariposa y la pared de la garganta del cuerpo de mariposa, debe ser mínima, 0,2 a 0,5 mm.

Si el ajuste mecánico está bien y considerando que las comprobaciones eléctricas de masa y positivo arrojaron un resultado satisfactorio,

indudablemente podemos aceptar que el potenciómetro (TPS) está defectuoso, reemplazarlo.

Si la falla que presenta el vehículo consiste en tironeos al acelerar, se puede sospechar que el contacto del cursor del potenciómetro (TPS), pasa por puntos de la pista resistiva que por rozamiento se han desgastado, ocasionando el entrecortado de la tensión de referencia de posición de mariposa que es enviada al computador.

Para comprobar el funcionamiento del TPS en todo su recorrido proceda de la siguiente forma:

Para realizar esta comprobación resulta muy útil utilizar un multímetro analógico (con instrumento de aguja). Disponerlo para medir tensiones (voltaje) de C.C. (DC Volts) en una escala, si se dispone de 5 volts o 10 volts. Si se trata de un multímetro digital, disponerlo para medir tensión en C.C. (Volts DC) y elegir una escala de por ejemplo 20 volts.

Si se dispone de un osciloscopio, es preferible utilizar este instrumento para realizar esta comprobación. Elegir una sensibilidad vertical de 1 Volt/Div. y una velocidad de barrido (TIME/DIV.) de 0,5 ms. Fijar la línea de barrido (referencia de 0 volt) en la primera división horizontal, comenzando a contar desde el borde inferior de la retícula de la pantalla del osciloscopio. Una vez conectado el instrumento poner el auto en contacto y observar que esté presente la tensión inicial de reposo, que previamente hemos comprobado. Girar lentamente la mariposa como si estuviéramos acelerando y observar al mismo tiempo la escala del voltímetro o la pantalla del osciloscopio. La tensión deberá crecer sincronizada y continuamente con el giro de la mariposa y no deberá presentar interrupciones (caídas hacia cero volt).

Cuando la mariposa llegue al tope mecánico de su máximo giro, el instrumento utilizado nos estará indicando alrededor de 4,5 volts. Volver la mariposa lentamente hasta el punto inicial de reposo, observando nuevamente el

instrumento durante ese recorrido, a través del mismo tampoco se deberán observar interrupciones.

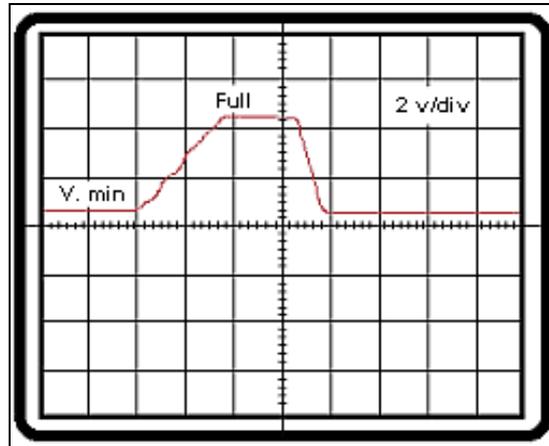


Figura 5.12 – Salida de tensión TPS.
Fuente: CISE Electrónica.

5.3.2. COMPROBACIÓN DEL SENSOR MAP

Para la comprobación de este componente utilizar un multímetro digital dispuesto para medir tensiones (voltaje) de corriente continua (DC/VOLTS). Si no es un instrumento auto rango, seleccionar la escala de 20 volts.

- Conectar un vacuómetro al múltiple de admisión.
- Conectar la punta negativa del multímetro a masa (chasis).
- Poner el auto en contacto. Con la punta positiva del multímetro, medir la tensión presente en el "Pin A" del conector del MAP.
- En este punto debe medirse una tensión de + 5 volts, esta tensión es la de alimentación del MAP, tensión que es generada por el circuito regulador de tensión del computador y que utiliza este como tensión de referencia para distintos sensores.

Una vez comprobada la existencia de la alimentación de + 5 volts, pasar la punta positiva del multímetro al "Pin C" del conector. Este punto es masa, pero es tomada en un Pin del computador, punto que es denominado "Masa de

Sensores", o también puede figurar en algunos diagramas de circuito eléctrico como "Masa Electrónica".

En este punto debe medirse una tensión no mayor que 0,08 volts (80 mili volts). Pasar ahora la punta positiva del multímetro al "Pin B" del conector del MAP, por este Pin el sensor entrega la información de la presión existente en el múltiple de admisión (vacío producido por el motor en la fase de admisión de los cilindros).

Como todavía no fue puesto en funcionamiento el motor, la presión en el múltiple será igual a la atmosférica. La tensión de información entregada por el MAP en estas condiciones, será de alrededor de 4 volts.

Poner en funcionamiento el motor, dejarlo estabilizar. Mantener la punta positiva del multímetro en el "Pin C" del MAP (salida de información). Para un vacío de motor de 18 pulgadas Hg. (460 mm.Hg), la tensión a medir estará alrededor de 1,1 a 1,2 volts.

Es posible efectuar otro tipo de comprobación de funcionamiento de este componente. Para realizarla, además del multímetro, es necesario contar con una bomba de vacío manual. Disponer el multímetro tal como se hizo en la comprobación anterior, para medir tensiones de corriente continua y eligiendo la misma escala indicada.

Conectar la punta negativa a masa y la positiva al "Pin B" de la ficha del MAP.
Desconectar la manguera de vacío de la pipeta del MAP, manguera de goma que proviene del múltiple de admisión.
Conectar en su lugar la manguera de la bomba de vacío manual.

Poner el auto en contacto. Sin aplicar vacío, la tensión de información medida en el "Pin B" deberá ser de aproximadamente 4 volts. Este nivel de tensión es producido por el MAP que está censando el nivel de presión atmosférica.

Comenzar a continuación a producir vacío accionando la bomba manual de vacío, la tensión de información comenzará a decrecer. Cuando el vacío aplicado se encuentre a un nivel de 18 pulgadas de Hg (18 inchHg/460 mm.Hg), el nivel de tensión habrá descendido de 1,1 a 1,2 volts.

5.4. BÚSQUEDA DE AVERÍAS

El mantenimiento continuo tanto de las conexiones de GNC, así como de los componentes de la hidroinyección es muy importante para que el vehículo no presente anomalías durante su ciclo normal de funcionamiento.

Para mantener el vehículo funcionando de forma continua sin que se detenga es necesario realizar un mantenimiento preventivo, por esto se recomienda realizar los controles especificados anteriormente y verificar los síntomas que se presenten durante el funcionamiento del sistema los mismos que a continuación se detalla:

Tabla V.2 – Síntomas de fallo del sistema.

SÍNTOMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
Hidroinyección no se realiza	Tanque de agua vacío.	Completar o llenar el tanque de agua.
	Bomba no funciona	Medir que el voltaje de la bomba este entre 0 y 12 voltios.
	Inyector obstruido.	Sacar el inyector y controlar que no existan impurezas en la canastilla.

	Fusible del módulo electrónico está quemado.	Cambiar el fusible.
	Programación del módulo electrónico mal realizada.	Asegurarse que se escoja en la programación del sistema la opción para trabajar con el vacío del múltiple y la señal del TPS.
La hidroinyección se realiza de forma exagerada	Programación del módulo electrónico mal realizada.	Asegurarse que se escoja en la programación del sistema la opción para trabajar con el vacío del múltiple y la señal del TPS.
	La perilla de Min más alta que la perilla de Max.	Colocar la perilla de min en 30 y la perilla de Max en 25.
	Voltaje que envía el sensor TPS al módulo electrónico más alto de lo normal.	Calibrar o cambiar el sensor, y controlar los voltajes que envía al módulo electrónico.

La hidroinyección es escasa.	Programación del módulo electrónico mal realizada.	Asegurarse que se escoja en la programación del sistema la opción para trabajar con el vacío del múltiple y la señal del TPS.
	La perilla de min Max alta que la perilla de Min.	Colocar la perilla de min en 30 y la perilla de Max en 25.
	Manguera de vacío desconectada.	Conectar la manguera de vacío, o cambiar en el caso que este averiada.
	Voltaje que envía el sensor TPS al módulo electrónico más bajo de lo normal.	Calibrar o cambiar el sensor y controlar los valores que envía al módulo electrónico.
El módulo electrónico no funciona	Fusible quemado.	Cambiar el fusible.
	Batería descargada.	Revisar el voltaje de la batería, en el caso que este descargada cargarla.

	Mal hecha la conexión.	Realizar la conexión del sistema de la forma como se indico en el montaje.
	El vehículo no está en contacto.	Colocar en contacto al vehículo y encenderlo.
La bomba no funciona	Fusible quemado.	Cambiar el fusible.
	Batería descargada.	Revisar el voltaje de la batería y cargarla.
	Cables en mal estado.	Controlar el cableado y cambiarlo si es necesario.
	Bomba tapada.	Aumentar la presión, aumentando el Tune. Realizar una limpieza de las cañerías con aire comprimido.
	Conductos obstruidos	Sacar el agua del tanque y asegurarse en colocar agua destilada.

		<p>Aumentar la presión aumentando el Tune.</p> <p>Realizar una limpieza de las cañerías con aire comprimido.</p>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Un caño de escape amarillo es un síntoma de combustión fría, mezcla incorrecta de aire y gas, aceite de mala calidad, avance al encendido inadecuado, o una combinación de estos problemas. El mantenimiento preventivo dicta que debemos corregir el problema de temperatura o aceite antes de permitir la acumulación de depósitos en la cámara de combustión. Si el motor se mantiene permanentemente frío a causa de algún problema en su sistema de enfriamiento, se reducirá la potencia, la eficacia y la economía de combustible. El supuesto "resecado" del motor se refiere a los depósitos formados por la nitración y la falta de depósitos carbonosos "normales" a los ojos del mecánico. Los mecánicos están acostumbrados a ver depósitos húmedos, formados por carbón saturado por la gasolina ocupada. Debido a que el GNC no es líquido a temperatura ambiente, no humedece los pocos depósitos que forman o que existían. Los únicos depósitos que deberíamos ver son los residuos de los aditivos órgano-metálicos utilizados en el aceite. Estos depósitos son minimizados cuando el aceite es de última generación, especialmente formulado para motores a GNC, y el motor no tiene desgaste que causa la quema de aceite. Entre los millones de autos convertidos a gas en el mundo, no hay ninguna evidencia de rectificaciones más frecuentes en motores convertidos a GNC que en motores a gasolina. En realidad, si todo lo demás no varía, el desgaste es menor porque no existe la posibilidad de dilución del aceite por parte, por ejemplo, de un inyector que no funciona bien y ocasiona derrames. Esto se aplica por supuesto a los motores a GNC "dedicados" que sólo queman gas natural, aunque también, y en menor medida, a los motores bi-combustible pero que la mayor parte del tiempo opera con GNC.

5.5. ADVERTENCIAS

La posibilidad de averiar cualquier componente de la hidroinyección es constante, sobre todo cuando no se realiza una instalación correctamente. Para evitar daños detallamos continuación los posibles fallas que se pueden tener al momento del montaje, siendo parte fundamental del mantenimiento del sistema.

- No pasar corriente de vehículo a vehículo.
- No conectar directamente el negativo de la bomba a la masa del vehículo.
- Controlar que el agua del tanque este entre el Min y el Max.
- Siempre colocar agua destilada en el tanque de agua.
- Realizar una buena conexión eléctrica.
- Controlar que el voltaje de ingreso al controlador electrónico sea de 12 voltios.
- Controlar que el amperaje del fusible sea de 15 A.
- Colocar teflón como elemento para evitar las fugas en las uniones entre roscas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Finalizado el presente trabajo de investigación ponemos en consideración las siguientes conclusiones:

- Se diseñó e instaló un sistema de hidroinyección en un motor que opera con GNC en el vehículo Corsa Wind para elevar los parámetros de torque, potencia y disminuir las emisiones tóxicas.
- Se determinó las características iniciales de funcionamiento en el vehículo estándar.
- Se determinó la disociación molecular del agua y sus efectos en la combustión.
- Se registró los datos obtenidos con los que se realizó un estudio.
- Se realizó el diseño del dispositivo para el funcionamiento óptimo del sistema de hidroinyección.
- Se estudió y analizó las ventajas comparativas del motor con el sistema adaptado.
- Debido al aumento del parque automotor y con ello las emisiones contaminantes que generan un gran impacto ambiental y un lamentable incremento de enfermedades relacionadas a este mal, se ha investigado las propiedades de la inyección de agua en los motores de los vehículos propulsados por GNC las mismas que aparte de disminuir la cantidad de

gases contaminantes expulsados por los vehículos al exterior han conseguido contribuir en la búsqueda permanente de la optimización de prestaciones de torque y potencia con bajos costos de inversión, ante el análisis obtuvimos una disminución en las emisiones de gases:

- Respecto del monóxido de carbono (CO) existe una disminución del 53% debido a que el oxígeno producido por la termólisis del agua reacciona con el CO₂ desencadenando un aumento del CO₂ en el 84% el mismo que lejos de ser un gas tóxico como el CO es más inofensivo y puede ser asimilado por las plantas y convertido en Carbohidratos. Adicional a ello el agua con su efecto refrigerante consiguió disminuir la temperatura generada en la cámara de combustión y con ello reducir en un 35% las emisiones de NOX. Consiguiendo el propósito deseado por lo que es un sistema es favorable para el medio ambiente.
- Se ha comprobado que el sistema de hidro-inyección consigue un aumento en torque y potencia momentánea debido a que en el momento en que dosis controladas de agua destilada entran en la cámara de combustión estas consiguen aumentar la relación de compresión por una parte y por otra a altas revoluciones el agua logra disociarse en sus elementos debido a la termólisis del agua (fenómeno provocado por la alta temperatura existente en la cámara de combustión) aumentando con ello el combustible y comburente, esto significa mayor potencia de explosión. Además el agua tiene un efecto refrigerante en la mezcla aire combustible por lo que consigue aumentar la densidad de la mezcla y consiguiendo un mejor llenado de los cilindros por lo que se consiguió:
- El incremento de la potencia en 2.9% en el vehículo Corsa Wind convertido a GNC.
- El aumento del torque en un 3% con relación al registrado en el vehículo estándar a GNC.

- Considerando las cantidades de agua necesaria para abastecer durante un periodo de conducción, los costos del agua destilada y el efecto de oxidación que se genera en el block a consecuencia de las propiedades del agua el aspecto costo beneficio se equilibra disminuyendo la rentabilidad del sistema.
- La adaptación del sistema ha brindado una serie de beneficios que han sido descritos en el desarrollo de este proyecto, sin embargo; el espacio físico requerido es un problema al momento de la instalación más aun en un vehículo transformado para funcionar a Gas Natural que requiere lugar para la ubicación del tanque de gas.

6.2. RECOMENDACIONES

- A fin de conseguir una eficiencia adecuada del sistema es necesario considerar parámetros tales como la cilindrada, relación de compresión y además la aspiración normal del vehículo para de esta manera inyectar un flujo adecuado de agua en el motor.
- Para instalar el sistema de hidroinyección es importante considerar la tecnología que posee el vehículo ya que de esta manera se puede identificar la manera de accionamiento del sistema.
- La posición del inyector debe ser paralelo al ingreso del aire para evitar el goteo y la acumulación del agua en el filtro de aire.
- Es necesario e importante colocar la bomba de agua en el compartimiento que se encuentra en el tanque de agua, para evitar que sufra pérdidas de presión la bomba.
- No colocar el módulo electrónico en el compartimiento del motor, para evitar interferencias en las señales que recibe el mismo.

- Para conseguir buenos resultados en la hidroinyección es necesario colocar lo más cerca que sea posible la bomba de inyección al inyector a fin de evitar pérdidas de presión de la bomba y mejorar la pulverización en el inyector.
- Suspender los proyectos de tesis a futuro a realizar en el Vehículo Corsa Wind puesto que la acumulación de los mismos está ocasionando problemas operacionales en el circuito eléctrico y electrónico del automóvil los mismos que desencadenan una disminución en las prestaciones del vehículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Tesis: Adaptación Mecánica Y Electrónica De Un Sistema GNC Al Vehículo Corsa Wind, Gustavo Betancourt Yépez.
- Fundamentos de Química, Fernando Bucheli Ponce – 4ª edición – Quito: Ministerio de Educación y Cultura, 2003.
- Termodinámica, Virgil Moring Fyres y Clifford Max Simmang – México D.F.: Limosa, 1993.
- Manual De Circuitos Eléctricos Del Automotor, Buenos aires: Negra, 1999
- Motores De Combustión Interna Análisis Y Aplicaciones, Edgard F. Obert – México D.F.: continental, 1966.
- Sistema de control de emisiones, Toyota Motor Corporation – Japón: Toyota, 1990.
- <http://www.ambientum.com>.
- <http://www.upcomillas.es/>.
- <http://www.landi-gas.it>.
- <http://www.pvr.com>.
- <http://www.gasvehicular.com>
- <http://www.galileo.com>
- <http://www.cilbras.com>
- <http://www.energas.com>

- <http://www.ingegas.com>
- <http://www.orvisa.com>
- <http://www.widman.biz>
- <http://www.gnc.com.ar>

ANEXOS