



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL DE INYECCIÓN DE METANOL EN EL VEHÍCULO
HYUNDAI SANTA FÉ 2.7 LITROS PARA EL ANÁLISIS DE
RENDIMIENTO”**

AUTOR: ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA

DIRECTOR: ING. DANILO ZAMBRANO

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INYECCIÓN DE METANOL EN EL VEHÍCULO HYUNDAI SANTA FÉ 2.7 LITROS PARA EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO**” realizado por el señor **ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Noviembre del 2015

Ing. VICTOR DANILO ZAMBRANO
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA**, con cédula de identidad N° 1804984605, declaro que este trabajo de titulación "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INYECCIÓN DE METANOL EN EL VEHÍCULO HYUNDAI SANTA FÉ 2.7 LITROS PARA EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Noviembre del 2015

ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA

C.C.: 1804984605



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INYECCIÓN DE METANOL EN EL VEHÍCULO HYUNDAI SANTA FÉ 2.7 LITROS PARA EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Noviembre del 2015

ANDRÉS SEBASTIÁN VILLACRÉS QUINTANA

C.C.: 1804984605

DEDICATORIA

A Dios por guiarme para ascender un escalón en mi vida.

Les dedico mi esfuerzo a mis padres y mi hermana por su apoyo incondicional y a las personas que más amo, con mi más sincero amor

A la memoria de mi abuelita Esperanza Cazar.

Sebastián

AGRADECIMIENTO

Le doy las gracias a Dios por permitirme cumplir uno de mis sueños al culminar esta etapa de mi vida, por sus bendiciones y por iluminarme con su conocimiento y sabiduría infinita, siendo mi compañero cada noche de desvelo y la guía para recorrer el camino por el que transito cada día.

A mi padre, mi mejor amigo y mi orgullo, por ser el mejor ejemplo de fuerza, decisión, trabajo y perseverancia y por inculcarme los valores de la responsabilidad y honestidad.

A mi madre, confidente de mis penas y alegrías, por ser mi apoyo y el pilar de mi vida, por cada día de preocupación, cada sonrisa, y cada abrazo y por todas sus palabras de aliento para levantarme de cada tropiezo.

A mi familia por brindarme su amor y su abrigo, por darme la confianza y creer en mis capacidades.

A todas las personas que de una u otra manera han contribuido con un granito de arena para la culminación del presente proyecto de titulación, a los maestros que me han brindado su conocimiento para forjarme profesionalmente y de manera especial por la dirección ayuda y colaboración al Ing. Danilo Zambrano, director del proyecto

El autor

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|----------------------------------|-------|
| PORTADA..... | I |
| CERTIFICACIÓN | II |
| AUTORIA DE RESPONSABILIDAD | III |
| AUTORIZACIÓN | IV |
| DEDICATORIA | V |
| AGRADECIMIENTO | VI |
| INDICE DE CONTENIDOS | VII |
| INDICE DE FIGURAS | XII |
| INDICE DE TABLAS..... | XVI |
| RESUMEN | XVIII |
| ABSTRACT..... | XIX |
| PRESENTACION..... | XX |

CAPÍTULO I

| | |
|--|---|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Antecedentes. | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema. | 2 |
| 1.3. Descripción resumida del proyecto. | 2 |
| 1.4. Justificación e importancia. | 3 |
| 1.5. Objetivos del proyecto..... | 3 |
| 1.5.1. Objetivo general | 3 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 3 |
| 1.6. Metas. | 4 |
| 1.7. Hipótesis. | 5 |
| 1.8. Variables de la investigación..... | 5 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|---|
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. Metanol | 6 |
| 2.1.1. Generalidades..... | 6 |
| a. Nomenclatura IUPAC..... | 6 |
| b. Otros nombres | 7 |
| c. Formula desarrollada | 7 |
| d. Formula Estructural..... | 7 |
| 2.1.2. Propiedades del metanol | 7 |

| | | |
|-------------------------|--|-----------|
| a. | Propiedades físicas | 7 |
| b. | Propiedades químicas..... | 8 |
| c. | Solubilidad del metanol | 8 |
| d. | Seguridad | 9 |
| 2.1.3. | Usos del metanol en la industria de la automoción..... | 9 |
| 2.1.4. | Toxicidad y riesgos | 10 |
| 2.1.5. | Métodos de obtención de metanol | 11 |
| 2.1.6. | Producción y venta del metanol en el Ecuador | 14 |
| 2.2. | Inyección de metanol | 15 |
| 2.2.1. | Beneficios del uso del metanol en la combustión de un motor de automóvil..... | 17 |
| 2.2.2. | Componentes del sistema de inyección de metanol..... | 17 |
| a. | Alimentación de energía al sistema de inyección de metanol..... | 17 |
| b. | Depósito de almacenamiento de metanol | 18 |
| c. | Bomba de presión | 21 |
| d. | Inyector de metanol..... | 23 |
| e. | Entrada de aire..... | 24 |
| f. | Filtro de aire | 26 |
| 2.3. | Características de los combustibles en Ecuador | 28 |
| 2.3.1. | Refinamiento del petróleo | 30 |
| 2.3.2. | Características de la Gasolina en Ecuador | 32 |
| 2.3.3. | Calidad de la gasolina en relación a los países de América del Sur..... | 36 |
| 2.3.4. | Entidades de control de combustibles | 38 |
| 2.3.5. | Aplicación de aditivos para mejorar las características del combustible.. | 38 |
| 2.4. | Banco de pruebas para recolección de curvas de rendimiento (Dinamómetro de rodillos)..... | 39 |
| 2.4.1. | Elementos del dinamómetro de chasis | 41 |
| 2.4.2. | Características principales del dinamómetro de rodillos | 43 |
| 2.4.3. | Control del dinamómetro | 44 |
| 2.5. | Analizador de gases de escape | 46 |
| 2.5.1. | Elementos del analizador de gases | 48 |
| 2.5.2. | Características del analizador de gases | 50 |
| CAPÍTULO III | | |
| 3. | DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE METANOL..... | 51 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1. | Diseño del circuito de control del sistema de inyección de metanol. | 51 |
| 3.1.1. | Diseño del circuito eléctrico. | 51 |
| 3.1.2. | Selección de elementos de protección | 54 |
| 3.1.3. | Construcción del circuito | 55 |
| 3.2. | Diseño del colector de aire con la adaptación para el actuador usado para la inyección | 59 |
| 3.2.1. | Modelado del colector de aire | 60 |
| a. | Elementos que intervienen en el colector de aire. | 60 |
| 3.2.2. | Evaluación virtual del flujo de aire con la aplicación de metanol dentro del colector de aire mediante software CAD | 65 |
| a. | Diseño de elementos | 65 |
| 3.2.3. | Construcción y mecanizado del colector de aire..... | 72 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|--------|--|-----------|
| 4. | IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACION DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE METANOL..... | 76 |
| 4.1. | Características de fábrica del vehículo Hyundai Santa Fé 2.7L..... | 76 |
| 4.2. | Implementación de elementos y sistemas. | 78 |
| 4.2.1. | Implementación del colector de aire. | 78 |
| 4.2.2. | Implementación del sistema electrónico. | 78 |
| 4.2.3. | Implementación del sistema de inyección de metanol..... | 80 |
| 4.3. | Evaluación del sistema de inyección de metanol..... | 86 |
| 4.3.1. | Análisis de consumo y rendimiento de metanol mediante el sistema implementado..... | 86 |
| 4.3.2. | Obtención de parámetros de rendimiento..... | 88 |
| a. | Requisitos para la evaluación de rendimiento. | 88 |
| b. | Limitaciones | 89 |
| c. | Curvas de rendimiento sin el uso del sistema de inyección de metanol. . | 90 |
| d. | Curvas de rendimiento con el uso del sistema de inyección de metanol. . | 92 |
| 4.3.3. | Obtención de concentraciones de gases de combustión..... | 94 |
| a. | Equipos | 94 |
| b. | Procedimiento de medición | 95 |
| c. | Limitaciones. | 97 |
| d. | Lectura de gases residuales dinámica sin el uso del sistema de inyección de metanol..... | 98 |

| | | |
|--------|---|-----|
| e. | Lectura de gases residuales dinámica con el uso del sistema de inyección de metanol..... | 102 |
| f. | Cálculo de emisión de gases residuales por kilómetro recorrido | 106 |
| 4.3.4. | Prueba de ruta para análisis de rendimiento de combustible en carretera | 113 |
| a. | Requisitos previos a la prueba..... | 113 |
| b. | Ruta establecida para la prueba..... | 114 |
| 4.3.5. | Influencia del metanol en la inyección de combustible | 117 |
| 4.4. | Interpretación de resultados..... | 120 |
| 4.4.1. | Análisis de curvas de rendimiento. | 120 |
| a. | Potencia a la rueda | 121 |
| b. | Potencia Motor | 123 |
| c. | Potencia normal | 125 |
| d. | Momento Normal..... | 126 |
| 4.4.2. | Análisis de resultados obtenidos del estudio de gases de escape resultantes de la combustión..... | 129 |
| a. | Resultados de la prueba ASM 2525 | 132 |
| b. | Resultados de la prueba ASM 5015 | 138 |
| c. | Resultados del cálculo de emisión de gases contaminantes por kilómetro recorrido..... | 143 |
| 4.4.3. | Análisis de consumo de combustible. | 147 |
| a. | Prueba de ruta sin el uso del sistema de inyección de metanol | 147 |
| b. | Prueba de ruta sin el uso del sistema de inyección de metanol | 148 |

CAPÍTULO V

| | | |
|--------|--|-----|
| 5. | MARCO ADMINISTRATIVO | 151 |
| 5.1. | Recursos | 151 |
| 5.1.1. | Recursos humanos. | 151 |
| 5.1.2. | Recursos tecnológicos. | 152 |
| 5.1.3. | Recursos materiales. | 152 |
| 5.2. | Gastos del proyecto. | 153 |
| 5.3. | Cronograma. | 156 |
| 5.4. | Propuesta de negocio (impulso matriz productiva) | 157 |

CAPÍTULO VI

| | | |
|----|---|-----|
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 162 |
|----|---|-----|

| | | |
|------|---------------------------|------------|
| 6.1. | Conclusiones..... | 162 |
| 6.2. | Recomendaciones. | 164 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 166 |
| | NETGRAFÍA | 167 |
| | ANEXOS | 170 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Formula estructural del metanol | 7 |
| Figura 2 | Producción de metanol mediante el uso de gas natural..... | 13 |
| Figura 3 | Etapas del método Lurgi para la obtención de metanol..... | 13 |
| Figura 4 | Avión de combate Focke-Wulf..... | 16 |
| Figura 5 | Aplicación del metanol en medios de transporte | 16 |
| Figura 6 | Voltaje de funcionamiento de la bomba de inyección de metanol..... | 18 |
| Figura 7 | Medidor de voltaje | 18 |
| Figura 8 | Tanque de almacenamiento de polietileno | 20 |
| Figura 9 | Sensor de nivel de metanol | 20 |
| Figura 10 | Bomba de inyección de metanol..... | 21 |
| Figura 11 | Inyección de metanol / reducción de tamaño de gota | 21 |
| Figura 12 | Pulverización de metanol..... | 22 |
| Figura 13 | Rendimiento en función a la temperatura y al tiempo de uso de la bomba..... | 23 |
| Figura 14 | Inyector de metanol AEM | 23 |
| Figura 15 | Partes del inyector | 23 |
| Figura 16 | Filtro de aire de alta calidad para Hyundai Santa Fé..... | 25 |
| Figura 17 | Conductos para aspiración de aire de aluminio..... | 25 |
| Figura 18 | Sensor MAF Hyundai Santa Fé | 26 |
| Figura 19 | Composición de un filtro de aire | 27 |
| Figura 20 | Vehículos matriculados según Uso Año 2013 | 29 |
| Figura 21 | Vehículos matriculados según Clase Año 2013 | 29 |
| Figura 22 | Temperaturas de fraccionamiento en torre de destilación..... | 30 |
| Figura 23 | Proceso de refinación del petróleo crudo | 32 |
| Figura 24 | Esquema de un dinamómetro de chasis, donde las ruedas motrices del vehículo se colocan sobre los rodillos los cuales van a la unidad de absorción de potencia..... | 40 |
| Figura 25 | Disposición de rodillos de un dinamómetro de chasis | 43 |
| Figura 26 | Pantalla de inicio del software controlador del dinamómetro MAHA LPS 3000..... | 44 |
| Figura 27 | Selección de parámetros del vehículo para ensayo en el dinamómetro MAHA LPS 3000..... | 45 |
| Figura 28 | Curvas de potencia obtenidas en el dinamómetro MAHA LPS 3000..... | 46 |
| Figura 29 | Analizador de gases MAHA MGT 5 | 47 |
| Figura 30 | Analizador de gases MAHA MGT 5 | 47 |
| Figura 31 | Elementos del analizador de gases MAHA MGT5..... | 48 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 32 | Datos generales y de mantenimiento del analizador de gases MAHA MGT5 | 49 |
| Figura 33 | Interface de medición de gases MAHA MGT 5..... | 49 |
| Figura 34 | Pantalla LCD LCM1602A / Conexión | 51 |
| Figura 35 | PIC 16F628A programable | 52 |
| Figura 36 | Simulación del circuito en ISIS PROTEUS 7 | 52 |
| Figura 37 | Programación del PIC mediante MicroCode Studio | 53 |
| Figura 38 | Circuito simulado con el sistema encendido..... | 54 |
| Figura 39 | Circuito simulado con el sistema apagado | 54 |
| Figura 40 | Comprobación de funcionamiento del circuito de encendido del sistema de inyección de metanol..... | 56 |
| Figura 41 | Comprobación de funcionamiento del circuito de encendido del sistema de inyección de metanol..... | 56 |
| Figura 42 | Interface de ARES profesional para la elaboración de circuitos..... | 57 |
| Figura 43 | Aproximación visual del circuito en 3D | 57 |
| Figura 44 | Proceso de elaboración del circuito de control (1 Circuito impreso en baquelita)..... | 58 |
| Figura 45 | Proceso de elaboración del circuito de control (2 Corrosión del cobre restante) | 58 |
| Figura 46 | Proceso de elaboración del circuito de control (3 Placa terminada de corroer) | 58 |
| Figura 47 | Proceso de elaboración del circuito de control (4 Colocación y suelda de elementos)..... | 59 |
| Figura 48 | Proceso de elaboración del circuito de control (5 Comprobación de funcionamiento)..... | 59 |
| Figura 49 | Compartimiento del motor del Hyundai Santa Fé 2.7 | 61 |
| Figura 50 | Elementos del colector de aire del Hyundai Santa Fé 2.7 V6..... | 61 |
| Figura 51 | Espacio disponible para colocar el nuevo colector de admisión..... | 62 |
| Figura 52 | Filtro de aire Hyundai Santa Fé 2.7 | 63 |
| Figura 53 | Sensor MAF | 63 |
| Figura 54 | Conductos de admisión de aire Hyundai Santa Fé..... | 64 |
| Figura 55 | Cuerpo de aceleración Hyundai Santa Fé 2.7 | 64 |
| Figura 56 | Conducto de aire del sistema de admisión Hyundai Santa fé | 66 |
| Figura 57 | Tubería de acero inoxidable | 67 |
| Figura 58 | Propiedades mecánicas del acero AISI 304 | 67 |
| Figura 59 | Sensor MAF junto a un conducto de admisión de aire. | 68 |
| Figura 60 | Sensor MAF en software CAD..... | 68 |
| Figura 61 | Conducto de admisión hacia el cuerpo de aceleración | 69 |
| Figura 62 | Inyector de metanol simulado | 69 |
| Figura 63 | Ensamble de elementos del colector de aire | 69 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 64 | Flujo de aire sin la inyección de metanol..... | 70 |
| Figura 65 | Trayectoria de aire que pasa por el sensor MAF..... | 70 |
| Figura 66 | Variación de velocidad del Aire | 71 |
| Figura 67 | Flujo de aire y metanol | 71 |
| Figura 68 | Tubería usada para la fabricación del colector de admisión..... | 72 |
| Figura 69 | Dimensiones del nuevo conducto de admisión de aire..... | 73 |
| Figura 70 | Dobladora de tubos | 73 |
| Figura 71 | Curvatura del conducto de admisión | 74 |
| Figura 72 | Cortes realizados en la tubería..... | 74 |
| Figura 73 | Suelda del acople para la cañería de succión | 75 |
| Figura 74 | Vehículo Hyundai Santa Fé 2.7L | 76 |
| Figura 75 | Implementación del conducto de admisión de aire..... | 78 |
| Figura 76 | Preparación del circuito del control..... | 78 |
| Figura 77 | Implementación del sistema de control de inyección de metanol en el vehículo Hyundai Santa Fé 2.7 L..... | 79 |
| Figura 78 | Comprobación de estados del circuito de control..... | 79 |
| Figura 79 | Implementación del sistema de inyección de metanol..... | 80 |
| Figura 80 | Cable de señal (blanco) proveniente del sensor MAF | 82 |
| Figura 81 | Aumento de voltaje de la señal del sensor MAF en ralentí al aumentar a 3000 rpm | 82 |
| Figura 82 | Paso de cables del sistema de inyección por el tablero de instrumentos del vehículo..... | 83 |
| Figura 83 | Bomba y depósito de metanol | 83 |
| Figura 84 | Boquillas para inyección de del metanol | 84 |
| Figura 85 | Abanico de metanol | 85 |
| Figura 86 | Modulo del sistema de inyección de metanol. | 86 |
| Figura 87 | Kilómetros recorridos con un galón de metanol..... | 87 |
| Figura 88 | Curvas obtenidas mediante la prueba de potencia sin la aplicación de metanol | 90 |
| Figura 89 | Curvas obtenidas mediante la prueba de potencia con la aplicación de metanol | 92 |
| Figura 90 | Comparación RPM vs MAF [V] con y sin la aplicación de metanol | 121 |
| Figura 91 | Comparación de curvas de potencia a la rueda | 122 |
| Figura 92 | Comparación de curvas de potencia motor | 124 |
| Figura 93 | Comparación de curvas de potencia normal | 125 |
| Figura 94 | Comparación de curvas de momento normal..... | 127 |
| Figura 95 | Impacto de la mezcla aire/combustible en las emisiones de escape. | 130 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 96 | Comparación de emisiones de monóxido de carbono (CO) en la prueba ASM 2525..... | 132 |
| Figura 97 | Comparación de emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) en la prueba ASM 2525..... | 133 |
| Figura 98 | Comparación de emisiones de hidrocarburos (HC) en la prueba ASM 2525 | 134 |
| Figura 99 | Comparación de emisiones de oxígeno libre (O ₂) en la prueba ASM 2525 | 135 |
| Figura 100 | Comparación de emisiones radicales nitrogenados (NO _x) en la prueba ASM 2525..... | 136 |
| Figura 101 | Comparación de factor Lambda en la prueba ASM 2525..... | 137 |
| Figura 102 | Comparación de emisiones de monóxido de carbono (CO) en la prueba ASM 5015 | 138 |
| Figura 103 | Comparación de emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) en la prueba ASM 5015..... | 139 |
| Figura 104 | Comparación de emisiones de hidrocarburos (HC) en la prueba ASM 5015 | 140 |
| Figura 105 | Comparación de emisiones de oxígeno libre (O ₂) en la prueba ASM 5015 | 141 |
| Figura 106 | Comparación de emisiones radicales nitrogenados (NO _x) en la prueba ASM 5015..... | 141 |
| Figura 107 | Comparación de factor Lambda en la prueba ASM 5015..... | 142 |
| Figura 108 | Análisis de emisión de CO ₂ mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural | 144 |
| Figura 109 | Análisis de emisión de CO mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural | 144 |
| Figura 110 | Análisis de emisión de HC mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural | 145 |
| Figura 111 | Análisis de emisión de NO _x mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural | 145 |
| Figura 112 | Diferencia del consumo (galones) de combustible sin y con la influencia del metanol bajo condiciones de tráfico ligero, moderado y pesado. | 149 |
| Figura 113 | Diferencia del consumo (Km/gal) de combustible sin y con la influencia del metanol bajo condiciones de tráfico ligero, moderado y pesado | 149 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|--|-----|
| Tabla 1 | Propiedades físicas del metanol..... | 7 |
| Tabla 2 | Propiedades físicas para mezclas Agua /Metanol..... | 8 |
| Tabla 3 | Propiedades químicas del metanol..... | 9 |
| Tabla 4 | Peligrosidad del Metanol..... | 9 |
| Tabla 5 | Riesgos de la exposición del metanol..... | 11 |
| Tabla 6 | Beneficios del uso del metanol..... | 17 |
| Tabla 7 | Materiales de constitución de la bomba de inyección de metanol AEM 30-3015..... | 22 |
| Tabla 8 | Requisitos de la gasolina Extra..... | 34 |
| Tabla 9 | Requisitos de la gasolina súper..... | 35 |
| Tabla 10 | Precios de la Gasolina en América del Sur..... | 37 |
| Tabla 11 | Características del Analizador de Gases MAHA MGT 5..... | 50 |
| Tabla 12 | Características de fábrica del vehículo Hyundai Santa Fé..... | 76 |
| Tabla 13 | Distribución de cables del sistema de inyección de metanol..... | 81 |
| Tabla 14 | Regulación según la boquilla a usar para la inyección de metanol..... | 85 |
| Tabla 15 | Datos de consumo de metanol..... | 87 |
| Tabla 16 | Valores mediante obtenidas mediante la prueba de potencia sin la aplicación de metanol..... | 91 |
| Tabla 17 | Valores mediante obtenidas mediante la prueba de potencia sin la aplicación de metanol..... | 93 |
| Tabla 18 | Condiciones de ensayo ASM 2525 sin el uso de metanol..... | 98 |
| Tabla 19 | Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM 2525 sin el uso de metanol..... | 99 |
| Tabla 20 | Condiciones de ensayo ASM 5015 sin el uso de metanol..... | 100 |
| Tabla 21 | Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM 5015 sin el uso de metanol..... | 101 |
| Tabla 22 | Condiciones de ensayo ASM 2525 con el uso de metanol..... | 102 |
| Tabla 23 | Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM 2525 con el uso de metanol..... | 103 |
| Tabla 24 | Condiciones de ensayo ASM 5015 con el uso de metanol..... | 104 |
| Tabla 25 | Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM 5015 con el uso de metanol..... | 105 |
| Tabla 26 | Datos de consumo de combustible del vehículo Hyundai Santa Fé 2.7 L 2004..... | 106 |
| Tabla 27 | Resultados de gases residuales obtenidos con la prueba ASM 5015..... | 107 |
| Tabla 28 | Itinerario de pruebas de ruta..... | 114 |
| Tabla 29 | Resultados obtenidos mediante la prueba de ruta en el circuito urbano/carretera bajo distintas condiciones de tráfico en días | |

| | | |
|----------|--|-----|
| | diferentes de la semana sin el uso del sistema de inyección de metanol. | 115 |
| Tabla 30 | Resultados obtenidos mediante la prueba de ruta en el circuito urbano/carretera bajo distintas condiciones de tráfico en días diferentes de la semana con el uso del sistema de inyección de metanol. | 116 |
| Tabla 31 | Inyectores a ralentí (750 rpm)..... | 117 |
| Tabla 32 | Inyectores a 2000 rpm | 118 |
| Tabla 33 | Inyectores a 3000 rpm | 118 |
| Tabla 34 | Inyectores a 4000 rpm | 119 |
| Tabla 35 | Relación de RPM del motor con el voltaje registrado en el sensor MAF aplicado a la aspiración estándar de aire y con la implementación del sistema de inyección de etanol..... | 120 |
| Tabla 36 | Valores de Potencia a la rueda con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico | 121 |
| Tabla 37 | Valores de Potencia Motor con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico | 123 |
| Tabla 38 | Valores de Potencia normal con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico | 125 |
| Tabla 39 | Valores de Momento normal con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico | 126 |
| Tabla 40 | Análisis de mejora de potencia | 127 |
| Tabla 41 | Tolerancias de emisiones según la Norma NTE INEN 2204:2002 | 129 |
| Tabla 42 | Concentración de contaminante en gramos por kilómetro recorrido..... | 143 |
| Tabla 43 | Resultados prueba de ruta sin el uso de metanol..... | 147 |
| Tabla 44 | Resultados prueba de ruta sin el uso de metanol..... | 148 |
| Tabla 45 | Comparación de consumo con y sin el uso del sistema de inyección de metanol | 150 |
| Tabla 46 | Detalle de egresos del proyecto | 153 |
| Tabla 47 | Conteo general de gastos | 155 |
| Tabla 48 | Matriz EFE | 160 |
| Tabla 49 | Fortalezas y Oportunidades | 160 |
| Tabla 50 | Debilidades y Oportunidades..... | 161 |
| Tabla 51 | Fortalezas y Amenazas | 161 |
| Tabla 52 | Debilidades y Amenazas | 161 |

RESUMEN

La tendencia contemporánea de encontrar métodos para aumentar la potencia de un vehículo, disminuyendo la emisión de gases contaminantes y reduciendo el consumo de combustible, ha derivado en la investigación y surgimiento de sistemas acoplables al automóvil, basados en el uso de compuestos químicos compatibles con la combustión de la gasolina. Es así como el Metanol ha venido interviniendo activamente como uno de los compuestos más empleados en la elaboración de aditivos para combustibles fósiles, y debido a que su producción no requiere de procesos con mucha complejidad en relación a la obtención de gasolina, resulta viable el análisis de aplicabilidad para evaluar su influencia en los parámetros de rendimiento de un motor de combustión interna de ciclo Otto, tomando en cuenta que en el Ecuador, este producto químico tiene bajo costo y su acceso no está limitado al público. El presente análisis muestra la comparación de los parámetros de rendimiento, obtenidos mediante la combustión de la gasolina en el motor de un vehículo bajo condiciones de fábrica y la influencia en el rendimiento del mismo automotor sometido a la implementación de un sistema de inyección de metanol pulverizado, acoplado a la admisión de aire.

PALABRAS CLAVE:

- **INYECCIÓN DE METANOL**
- **PARÁMETROS DE RENDIMIENTO**
- **COMBUSTIÓN DE GASOLINA**
- **SISTEMAS ACOPLABLES AL AUTOMÓVIL**

ABSTRACT

The contemporary tendency to find new methods to upgrade the power of a vehicle, decreasing the emission of pollution gases and reducing the consumption of gasoline, has derived in the investigation and rise of coupling systems for automobiles based in the use of chemical compounds compatibles with the combustion of gasoline. This is how Methanol has been actively speaking as one of the most used compounds in the elaboration of additives for fossil fuels, and due that this production does not require of process with much complexity in relation with the obtaining of gasoline, turns out viable the analysis of the applicability to evaluate its influence in the parameters of performance of a inside combustion engine with Otto cycle, taking in count that in Ecuador this product has low cost and is accessible for the public. The present analysis shows the contrast of the parameters of performance, obtained by the combustion of gasoline in the engine of a vehicle with fabric conditions and the influence in the performance of the same vehicle submitted to the implementation of a pulverized methanol injection system adapted to the admission of air.

KEYWORDS:

- **METHANOL INJECTION**
- **PERFORMANCE PARAMETERS**
- **GASOLINE COMBUSTION**
- **ATTACHABLE CAR SYSTEMS**

PRESENTACION

Debido al aumento de la contaminación del medio ambiente, es necesario encontrar alternativas que permitan disminuir la emisión de gases residuales de la combustión y específicamente dentro del campo automotriz se presenta al metanol como una opción de estudio para abarcar campos ambientales y tecnológicos para conjuntamente tratar de mejorar la eficiencia de los motores y ser un ente participante en la disminución de los índices de contaminantes.

La acción del metanol ha sido registrada desde años atrás requiriendo un estudio complementario que permita evaluar la acción de este compuesto en la combustión debido a sus propiedades químicas para así proponer proyectos que a base de resultados, produzcan una producción en masa de metanol y sistemas complementarios que ayuden a la problemática actual que está basada en buscar alternativas de remediación ambiental.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

De acuerdo a que existe la necesidad de vehículos más potentes valiéndonos de los sistemas actualmente implementados en los automóviles y con la finalidad de utilizar medios sustentables como ayuda para la producción de energía, se ha tomado al metanol como un medio para que conjuntamente con los elementos que intervienen en la combustión, se aumente el rendimiento del motor sustancialmente, haciendo que la gasolina crezca en sus capacidades antidetonantes sustituyendo la dependencia de combustibles más costosos y así como también, para que exista refrigeración adicional en un motor en funcionamiento reduciendo la temperatura del aire de entrada haciendo que exista una carga de aire fresco más densa para que entre en la cámara de combustión.

Antes de la implementación de sistemas de inyección de metanol en la industria automovilística, se probó su efectividad en los aviones utilizados para el combate en la segunda guerra mundial, demostrando la elevación en el rendimiento del motor de manera efectiva y aplicando la inyección de metanol como un sistema de reserva de potencia automática destinando su uso en momentos que se requiera elevación de potencia del motor o en casos de gran altitud donde la presencia del oxígeno para la combustión es muy limitada.

Actualmente, la aplicación abarca tanto a motores en diferentes campos ya que la inyección de metanol en cuestiones de aumento de potencia es efectiva en la industria aeronáutica, en motores estacionarios y en el ámbito automotriz abarcando su uso complementario en motores de aspiración simple, supercargados y turbocargados e incluso se aplica para motores que funcionan con diésel como carburante.

1.2. Planteamiento del problema.

La calidad del combustible que se oferta en el mercado ecuatoriano ha sido uno de los principales inconvenientes para que un motor no sea aprovechado al máximo de su eficiencia, teniendo como resultado mayor consumo de carburantes, altas emisiones de gases contaminantes y costos elevados de mantenimiento ya que la vida útil del motor se ve afectada, por lo tanto se justifica el uso de sistemas adicionales para mejorar la combustión del motor.

Dentro del aspecto ambiental, la utilización inyección de metanol a más de aportar en la refrigeración al momento de la combustión contribuye con la disminución de gases de combustión tales como los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxidos de carbono y partículas en suspensión aportando a la actual tendencia de las casas constructoras de vehículos en miras de disminución de emisiones nocivas para el medio ambiente

Por tal motivo se utilizará los conocimientos adquiridos durante la Carrera de Ingeniería Automotriz para el desarrollo del proyecto, implementando un sistema que cumpla con los requerimientos planteados; y así genere el interés por parte de las empresas locales (Ecuador) para inversión de investigación y una implementación en masa del proyecto en el mercado.

1.3. Descripción resumida del proyecto.

El presente proyecto “Diseño y construcción de un sistema de control de inyección de metanol en el vehículo HYUNDAI SANTA FE 4WD 2.7 litros para el análisis de rendimiento” tiene por objetivo, realizar una evaluación y diferenciación de las prestaciones que tiene un motor de combustión interna al usar la aspiración de aire normal y la aspiración de aire conjunta con la inyección de metanol, basándonos en los conocimientos adquiridos durante el curso de la carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga proponiendo una alternativa eficiente aplicando los recursos informáticos para simulación y posterior

implementación del sistema de inyección de metanol permitiendo mejorar la combustión del motor con la finalidad de mejorar el rendimiento del mismo.

Mediante el uso de software de diseño y simulación especializado se podrá anticipar la efectividad y resistencia de los elementos mecanizados que participarán en el sistema para la aplicación posterior en escenarios reales, sometidos a las evaluaciones respectivas con el fin de demostrar la efectividad del proyecto basándonos conjuntamente en los estatutos vigentes en lo que concierne a la emisión de gases de combustión.

1.4. Justificación e importancia.

El avance de la tecnología dentro del campo automotriz brinda diversos sistemas para mejorar las prestaciones del motor impulsando a la investigación de maneras de aprovechar el combustible de la mejor manera posible y aprovechando que el metanol en el mercado ecuatoriano tiene un bajo costo, se puede permitir la aplicación para el desarrollo de un sistema que sirva de apoyo para la combustión desarrollando nuevos conocimientos y estar acorde a las tecnologías nuevas con el fin común de mediar la contaminación actual del medio ambiente.

1.5. Objetivos del proyecto

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar y construir un sistema de control de inyección de metanol que permita analizar el rendimiento del sistema aplicado al motor del vehículo HYUNDAI SANTA FE 4WD 2.7litros.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar y construir el sistema de inyección de metanol aplicándolo a la admisión de aire del vehículo.
- Diseñar el control electrónico para la inyección de metanol.
- Implementar el sistema de inyección de metanol en el vehículo

- Evaluar mediante un dinamómetro el rendimiento del motor posterior a la implementación del sistema en el vehículo con y sin la utilización del sistema de inyección de metanol.
- Analizar la emisión de gases contaminantes con y sin la aplicación del sistema de inyección de metanol.
- Realizar pruebas de ruta para evaluar la influencia del sistema de inyección de metanol en el consumo de combustible.
- Analizar el rendimiento del sistema implementado en el vehículo de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas sometidas con el fin de evaluar la influencia del sistema en el rendimiento del motor.

1.6. Metas.

- Diseñar y construir el sistema de inyección de metanol en el lapso de un mes.
- Diseñar el control electrónico para la inyección de metanol en un mes.
- Implementar el sistema de inyección de metanol en el vehículo en el lapso de una semana.
- Evaluar en el dinamómetro el rendimiento del motor desarrollando las pruebas en el lapso de tres semanas.
- Analizar la emisión de gases contaminantes con y sin la aplicación del sistema de inyección de metanol en un mes.
- Realizar pruebas de ruta para evaluar la influencia del sistema de inyección de metanol en el consumo de combustible en tres semanas.
- Analizar el rendimiento del sistema implementado en el vehículo de acuerdo a los resultados obtenidos en el lapso de un mes para obtener los resultados finales del proyecto.

1.7. Hipótesis.

La implementación de un sistema de inyección de metanol en el vehículo Hyundai Santa Fe permitirá mejorar el rendimiento del motor minorando la emisión de gases de combustión.

1.8. Variables de la investigación.

Para el proyecto de investigación de tesis se aplicara las variables como son: variables independientes y variables dependientes.

- Variables Independientes:

Sistema de inyección de metanol

- Variables Dependientes:

Rendimiento del motor del vehículo HYUNDAI SANTA FE 4WD 2.7litros.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Metanol

El metanol, también llamado alcohol metílico, alcohol de madera, carbinol y alcohol de quemar, es el primero del grupo de los alcoholes. (Textos Científicos.com, 2005)

Su fórmula química es: CH_3OH

El metanol es un elemento químico básico identificado como un líquido incoloro, venenoso, con olor a etanol y cuando está puro puede tener un olor repulsivo. Arde con flama no luminosa. Es utilizado industrialmente como disolvente y como materia prima en la obtención de formaldehído, metil-ter-butyl éter, ésteres metílicos de ácidos orgánicos e inorgánicos. Es aplicado en la fabricación de cientos de productos que afectan nuestras vidas diarias: desde disolventes de pinturas, plásticos, muebles y alfombras, hasta piezas de automóviles. (Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, 2007)

Uno de los principales usos en el ámbito automovilístico es la aplicación en la fabricación de anticongelantes para radiadores en gasolinas y diesel y de líquidos complementarios para limpieza de parabrisas

El metanol también es una fuente de energía emergente para el funcionamiento de coches, camiones, autobuses e incluso turbinas de energía eléctrica. (Methanol Institute , 2011)

2.1.1. Generalidades

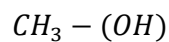
a. Nomenclatura IUPAC

- Metanol

b. Otros nombres

- Carbinol
- Alcohol metílico
- Alcohol de madera
- Espíritu de madera
- Alcohol de quemar

c. Formula desarrollada



d. Formula Estructural

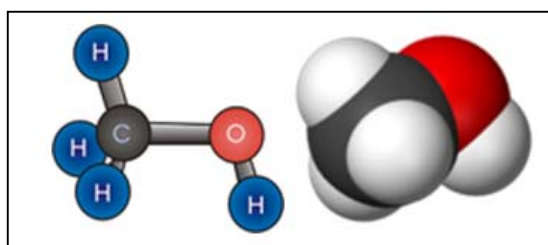


Figura 1 Formula estructural del metanol

Fuente: Hoja de seguridad IX, Metanol, Facultad de Química UNAM

2.1.2. Propiedades del metanol

a. Propiedades físicas

Tabla 1

Propiedades físicas del metanol

| | |
|----------------------------|--|
| Apariencia | Incoloro |
| Densidad | 791,8 kg/m ³ ; 0.7918 g/cm ³ |
| Masa molar | 32,04 g/mol |
| Punto de fusión | 176 K (-97 °C) |
| Punto de ebullición | 337,8 K (65 °C) |
| Presión crítica | 81±1 atm |
| Viscosidad | 0,59 mPa·s a 20 °C. |

Fuente: Hoja de seguridad IX, Metanol, Facultad de Química UNAM

Tabla 2**Propiedades físicas para mezclas agua/metanol**

| MEZCLA % en v. de MeOH | DENSIDAD (g/ml) a 25 °C | PUNTO DE CONGELACION (°C) | PUNTO DE EBULLICION (°C) |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 10 | 0.9836 | -5 | 92,8 |
| 20 | 0.9695 | -12 | 87,8 |
| 30 | 0.9572 | -21 | 84 |
| 40 | 0.9423 | -33 | 80,9 |
| 50 | 0.9259 | -47 | 78,3 |
| 60 | 0.9082 | -57 | 75,9 |

Fuente: Hoja de seguridad IX, Metanol, Facultad de Química UNAM, 2015

b. Propiedades químicas

El metanol presenta una reacción violentamente al contacto con elementos como: bromo, hipoclorito de sodio, dietil-zinc, disoluciones de compuestos de alquil-aluminio, trióxido de fósforo, cloruro cianúrico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, sodio, ter-butóxido de potasio y perclorato de plomo. En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, anhídridos, agentes oxidantes, agentes reductores y metales alcalinos. (Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, 2007)

c. Solubilidad del metanol

Miscible con agua, etanol, éter, benceno, cetonas y muchos otros disolventes orgánicos. Disuelve una gran variedad de sales inorgánicas por ejemplo 43 % de yoduro de sodio, 22 % de cloruro de calcio, 4 % de nitrato de plata, 3.2 % de cloruro de amonio y 1.4 % de cloruro de sodio. (Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, 2007)


Tabla 3
Propiedades químicas del metanol

| | |
|-------------------------|------------------------|
| Acidez | ~ 15,5 pK _a |
| Solubilidad en agua | Totalmente miscible. |
| Producto de solubilidad | n/d |
| Momento dipolar | 1,69 D |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España

d. Seguridad

Tabla 4
Peligrosidad del Metanol

| | |
|------------------------------|--|
| Punto de inflamabilidad | de 285 K (12 °C) |
| NFPA 704 |  |
| Temperatura de autoignición. | 658 K (385 °C) |
| Frases R | R11, R23/24/25, R39/23/24/25 |
| Frases S | S1/2, S7, S16, S36/37, S45 |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España

2.1.3. Usos del metanol en la industria de la automoción

El metanol es usado como combustible debido a su alta volatilidad y es componente principal en los disolventes para las pinturas de diferentes partes

del vehículo. Otra de las aplicaciones y quizás la más importante es su intervención en la composición del líquido refrigerante del motor aplicado tanto a motores a gasolina como también a los que usan diésel como carburante, gracias a que el metanol posee cualidades frigoríficas.

Otra de las formas de aprovechar las cualidades refrigerantes del metanol es la aplicación de este compuesto para enfriar la mezcla aire/combustible produciendo disminución de los niveles de contaminación e interviniendo en la mejora de la combustión.

Además de proporcionar una fuente de energía proveniente de fuentes alternativas al petróleo en gasolina, la mezcla de metanol también ofrece un alto octanaje de combustión limpia a la producción de gasolina de las refinerías de petróleo que puede facilitar la reducción del consumo de energía de las refinerías y mejorar la producción de gasolina a partir del crudo de petróleo.

El alto octanaje y el contenido de oxígeno del metanol resultan en una gasolina de combustión más limpia, que reduce significativamente las emisiones de escape de los vehículos. Cuando se produce a partir de gas natural o biomasa, el combustible de metanol tiene una intensidad de carbono (huella de carbono) inferior a la gasolina producida a partir del petróleo. (Methanol Institute, 2008)

2.1.4. Toxicidad y riesgos

El metanol es considerado como un producto o material inflamable de primera categoría; ya que puede emitir vapores que mezclados en proporciones adecuadas con el aire, originan mezclas combustibles. El metanol es un combustible con un gran poder calorífico, que arde con llama incolora o transparente y cuyo punto de inflamación es de 12,2 °C. (Textos Cientificos.com, 2005)

En concentraciones elevadas (o menores en comparación con el alcohol etílico) el metanol puede causar dolor de cabeza, mareo, náuseas, vómitos y muerte con la ingestión de 20 ml a 150 ml. Una exposición aguda puede causar ceguera o pérdida de la visión, ya que puede dañar seriamente

el nervio óptico (neuropatía óptica). Una exposición crónica puede ser causa de daños al hígado o de cirrosis. (Safety, 2000)

El envenenamiento por metanol y su asociación con toxicidad severa sobre el sistema nervioso central y ocular, constituyen un problema de salud. Las características clínicas de la intoxicación aguda por metanol incluyen acidemia fórmica, acidosis metabólica, toxicidad visual, coma y en casos extremos la muerte. (Safety, 2000)

Tabla 5
Riesgos de la exposición del metanol.

| Riesgos | |
|------------|---|
| Ingestión | Puede producir ceguera, sordera y muerte |
| Inhalación | Por evaporación de esta sustancia a 20 °C, puede alcanzarse bastante rápidamente una concentración nociva en el aire. |
| Piel | Puede producir dermatitis. |
| Ojos | Irritación. |

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España

2.1.5. Métodos de obtención de metanol

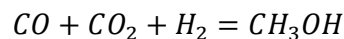
Este alcohol simple se puede obtener a partir de casi cualquier planta o de sus residuos incluyendo también a los combustibles fósiles comunes (como el gas natural y carbón) y a los recursos renovables como la biomasa, biogases de vertedero, e incluso de emisiones de centrales de energía o del CO₂ de la atmósfera. La diversidad de materias primas para la producción y el sinnúmero de aplicaciones, ha hecho del metanol uno de los derivados químicos más manipulados en el ámbito industrial. (Methanol Institute , 2011)

Inicialmente, el metanol se obtuvo por destilación destructiva de las astillas de madera a altas temperaturas. El proceso de destilación, consiste en hervir la madera en ausencia de aire a 400°C (aproximadamente).

En la actualidad se produce por hidrogenación catalítica de monóxido de carbono bajo la presencia de altas presiones (alrededor de 200-300 atm) y temperaturas (entre 300-400°C). (Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, 2007)

Como se trata de un proceso catalítico, la reacción transcurre mediante catalizadores, siendo los más usados ZnO o Cr₂O₃.

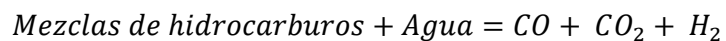
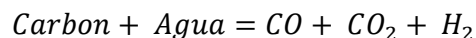
La reacción química del proceso catalítico es:



Otro proceso de obtención usado para la obtención de metanol es basado en la combustión parcial del gas natural en presencia de vapor de agua. La reacción del proceso es:



También podemos obtener metanol mediante la combustión parcial de mezclas de hidrocarburos líquidos o carbón en presencia de vapor de agua; las reacciones de ambos procesos se presentan a continuación:



En la industria se usan mayoritariamente los procesos que están basados en el uso de gas natural, carbón o mezcla de hidrocarburos líquidos que han sido propuestos anteriormente por Lurgi Corp. e Imperial Chemical Industries Ltd. (ICI).

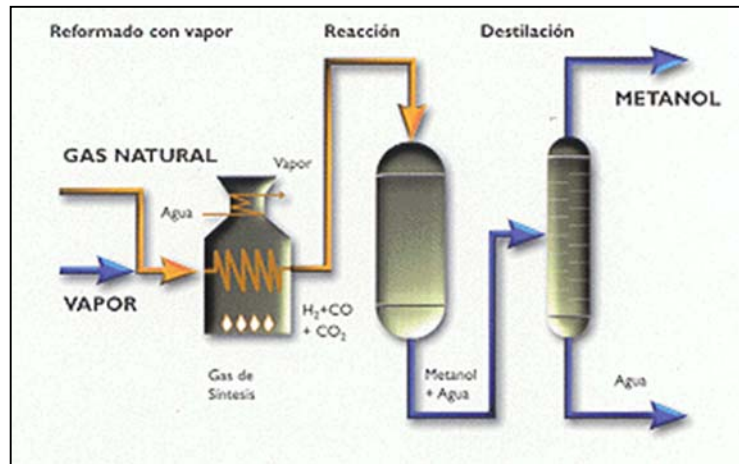


Figura 2 Producción de metanol mediante el uso de gas natural.

Fuente: (Gustato, 2015)

El proceso Lurgi (denominado proceso de baja presión) trabaja para obtener metanol a partir de hidrocarburos gaseosos, líquidos o carbón, diferenciándose en él tres etapas: reforming, síntesis y destilación. El proceso ICI se diferencia del anterior en el reactor de metanol, que en este caso se trata de un reactor de lecho fluidizado mientras que el reactor Lurgi es un reactor tubular, y también en la destilación, ya que éste la lleva a cabo en dos etapas y el otro en una.

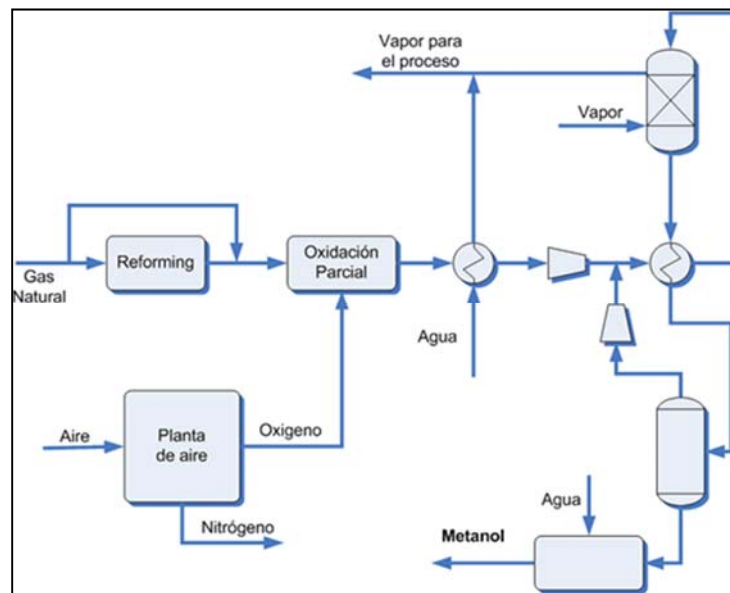


Figura 3 Etapas del método Lurgi para la obtención de metanol.

Fuente: (Gustato, 2015)

2.1.6. Producción y venta del metanol en el Ecuador

La comercialización del metanol dentro del Ecuador está regida bajo los estatutos del ministerio del ambiente, siendo esta entidad el órgano regulador.

El compuesto químico en estudio deriva para el gobierno central un problema de salud pública debido a su incidencia en la población que consume bebidas alcohólicas que no poseen registro sanitario.

Dichas bebidas al no tener control del estado en su producción pueden presentar químicos que generen alguna anomalía en el funcionamiento del cuerpo humano y en el caso del metanol, al ser uno de los productos resultantes de la destilación del licor en trapiches clandestinos y conjugándose con la incidencia maligna en el metabolismo del cuerpo, se categoriza a este compuesto como un compuesto químico de alta peligrosidad sujeto a las regulaciones del ministerio del ambiente, del CONSEP “Consejo Nacional de sustancias estupefacientes y psicotrópicas.” y al ministerio fiscal del Ecuador.

En lo que concierne a la producción, cada proceso industrial en el que intervienen sustancias químicas está regulado y supervisado por las entidades pertenecientes al ministerio del ambiente encargadas de la regulación y control, pensando a cualquier productora clandestina.

Para la venta de las sustancias químicas y puntualmente para el metanol, el permiso está regulado por los gobiernos autónomos descentralizados locales y por el CONSEP “Consejo Nacional de sustancias estupefacientes y psicotrópicas.”

El público puede comprar metanol libremente en cada lugar donde se expendan este producto, siendo los más visitados farmacias y puestos de venta de insumos químicos para la curtiembre. Ya que es usado como combustible, parte de algunas mezclas químicas influyentes en procesos industriales e incluso como desinfectante; con un precio que oscila entre los 1.35 USD, hasta los 2,50 USD por cada galón.

2.2. Inyección de metanol

La relación de compresión de un vehículo es la clave para alcanzar la máxima potencia y torque y conjuntamente aprovechar de mejor manera el combustible, el variar dicha relación para mejorar la potencia de un automotor en serie demanda asumir riesgos que pueden conllevar a ocasionar un funcionamiento errático del motor y disminuir la vida útil del mismo; razón por la cual las alternativas para aprovechar de mejor manera la energía que se produce en la combustión que no requieran intervenciones en el motor son una tendencia que va creciendo en la actualidad conllevando a la investigación del combustible que se está usando y la suma de sustancias “aditivas” para mejorar sus propiedades.

La adición de sustancias que ayuden a optimizar la combustión plantea la interrogante de ¿Qué se logra si inyectamos metanol en un vehículo?; La respuesta al planteamiento no es simple, pero tras la experiencia de su uso acarrea varios beneficios ya que si se inyecta este compuesto químico se logra disminuir la temperatura efectiva de trabajo dentro del cilindro, de esta manera, cuando la carrera de compresión está teniendo lugar, parte de la energía que se está acumulando se dispersa en vaporizar el metanol, lo que reduce la energía disponible para calentar el total de la mezcla que hay dentro del cilindro. (Alfonsin, 2013)

En los motores de gasolina, como con cualquier intercooler, con esto se suprime la detonación y así se puede lograr una mayor producción de energía. El metanol enfría la carga y la combustión pero también actúa como un combustible de octanaje muy alto (algunos investigadores afirman que hasta 120 octanos), así como la adición de más oxígeno para la combustión. (Rey Hidrógeno, 2011)

La inyección de metanol fue evaluada científicamente en 1930's por H. Ricardo, quien demostró que básicamente se puede duplicar la potencia de un motor ICE usando agua/metanol. (Rey Hidrógeno, 2011)

El primer uso generalizado fue durante la Segunda Guerra Mundial en los aviones supercargados y turboalimentado. En 1942, la Luftwaffe alemana aumentó la potencia de los aviones de combate Focke-Wulf 190D-

9 de 1,776HP a 2,240HP con la inyección de 50/50% de agua/metanol.
(Mopar, 2011)



Figura 4 Avión de combate Focke-Wulf

Fuente: (Hsfeatures, 2015)

Los aliados pronto los siguieron acondicionando con inyección de agua/metanol el Mustang P51 y otras aeronaves de alto rendimiento. Después de la guerra, la industria de aviones de turbohélice utiliza inyección de agua/metanol y lo llamó el “sistema de reserva de potencia automática (APR)” para enfriamiento del motor o a gran altitud. Volvió a resurgir en los años 60, cuando GM utiliza el sistema en el OEM Corvair turbo (Mopar, 2011)



Figura 5 Aplicación del metanol en medios de transporte

Fuente: (Rey Hidrógeno, 2011)

2.2.1. Beneficios del uso del metanol en la combustión de un motor de automóvil

Tabla 6

Beneficios del uso del metanol

| Beneficios de la inyección de Agua alcohol/metanol en aplicaciones NA (Aspiración Natural): |
|--|
| Baja la temperatura del aire de carga de 30-40 grados |
| Reduce la temperatura del cilindro de 200+ grados |
| Aumenta la potencia del combustible de 87 a 93 grados de octanaje por 10-15 puntos de aumento |
| Permite el uso de combustibles de grados de octanaje más bajos |
| Enfría y protege la parte superior de sus pistones |
| Una progresión y expansión más estable de la combustión |
| Remueve el carbón que se acumulan en las cámaras de combustión, pistones y válvulas |
| Reduce y ayuda a eliminar daños al motor por detonación y pre-ignición |

Fuente: (Rey Hidrógeno, 2011)

2.2.2. Componentes del sistema de inyección de metanol

a. Alimentación de energía al sistema de inyección de metanol

El sistema que permite la inyección de metanol tiene que estar sujeta a la energía que provee la batería del vehículo.

Tanto la bomba, como el control electrónico están sujetos a la alimentación de 12 VDC para operar correctamente. Así como también el circuito electrónico que controlará el encendido del sistema de inyección y su correcto funcionamiento.

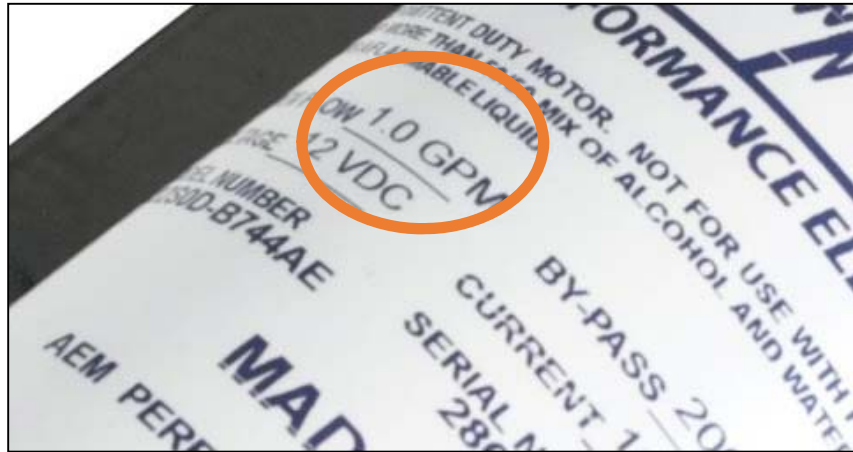


Figura 6 Voltaje de funcionamiento de la bomba de inyección de metanol

Para verificar la carga que está llegando al sistema la carga en el circuito de control del sistema es necesaria la comprobación de la alimentación de energía un medidor de voltaje para verificar que la alimentación de energía es la adecuada y asegurarnos que no existan fallas en el sistema por variación de voltaje.

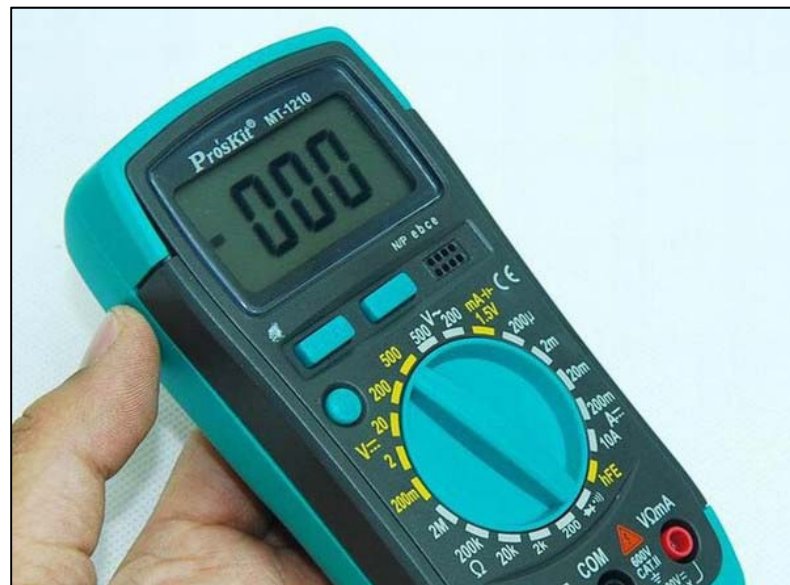


Figura 7 Medidor de voltaje

b. Depósito de almacenamiento de metanol

Para el transporte y almacenamiento de metanol se necesita un recipiente que cumpla con las características apropiadas para resguardar la seguridad de quien manipule este compuesto químico.

El metanol es un disolvente que ataca algunos plásticos, resinas y compuestos de fibra de vidrio. Se debe tener un cuidado especial en la selección y almacenamiento de empaquetaduras, juntas tóricas y otras piezas que impiden fugas. (Southern Chemical Corporation, 2012)

Entre los aspectos de manipulación del metanol se especifican un sinnúmero de medidas protectoras destacando las siguientes aplicables al proyecto.

- Almacenar en envases cerrados en áreas de almacenaje frescas, secas y bien ventiladas. Mantener el producto alejado de oxidantes, ácidos y bases.
- No almacenar en envases de aluminio o plomo. (Southern Chemical Corporation, 2012)
- Se pueden usar plásticos para el almacenaje a corto plazo, pero no se recomiendan para almacenaje a largo plazo debido a los efectos de deterioro y el riesgo de contaminación posterior (Southern Chemical Corporation, 2012)
- Los envases vacíos retienen residuo del producto (líquido y/o vapor) y pueden ser peligrosos por lo que es importante no presurizar, cortar, soldar, perforar, esmerilar o exponer dichos envases al calor, chispas, llamas, electricidad estática u otras fuentes de encendido. (Southern Chemical Corporation, 2012)
- Evitar el contacto con agentes oxidantes fuertes, ácidos minerales u orgánicos fuertes, bases fuertes e hidrocarburos halogenados. El contacto con estos puede producir una reacción violenta o explosiva. Puede ser corrosivo al plomo, aluminio, magnesio y platino (Southern Chemical Corporation, 2012)

Tomando en cuenta los parámetros descritos anteriormente y los compuestos incompatibles que se detallan en las propiedades químicas del metanol, la elección de plástico (polietileno o derivados), es la más adecuada para almacenar el fluido que será usado para la inyección del mismo y que participara posteriormente en la combustión.



Figura 8 Tanque de almacenamiento de polietileno

Fuente: AEM ELECTRONICS

Es necesario contar con un sensor que nos permita conocer el nivel de fluido que se encuentra en el tanque de almacenamiento de metanol. Este sensor debe activar un indicador que le permita conocer en manera de alerta la condición de nivel de líquido que el sistema posee con el fin de precautelar el funcionamiento de la bomba que permite la inyección del metanol a alta presión.



Figura 9 Sensor de nivel de metanol

Fuente: AEM ELECTRONICS

c. Bomba de presión

Para el funcionamiento del sistema, la implementación de una bomba adecuada para conducir el metanol a una presión alta y con eficacia.



Figura 10 Bomba de inyección de metanol

Fuente: AEM ELECTRONICS

El fin de la bomba es alcanzar el tamaño de gota de metanol más pequeño posible. Este proceso es llamado pulverización.



Figura 11 Inyección de metanol / reducción de tamaño de gota

Fuente: AEM ELECTRONICS

El diseño de la bomba debe estar elaborado con materiales que sean resistentes a productos químicos y que sean invulnerables a la corrosión.

Tabla 7

Materiales de constitución de la bomba de inyección de metanol AEM 30-3015

| Materiales de construcción | |
|----------------------------|------------------|
| Carcasas | Polipropileno |
| Válvulas | EPDM |
| Diafragma | Santoprene |
| Sujetadores | Acero inoxidable |
| Cáscara del Motor | Acero recubierto |

Fuente: AEM ELECTRONICS

Para reducir el tamaño de gota de metanol, la bomba maneja presiones de 150 a 300 PSI.



Figura 12 Pulverización de metanol

Hay que tomar en cuenta que, para el óptimo funcionamiento de la bomba, y por seguridad del usuario y precautelando la integridad del motor se deben seguir los siguientes protocolos de seguridad:

- Usar líquidos no inflamables, en el caso del metanol se recomienda usar el líquido al 50 % de pureza (Devil Snow, 2015)
- La temperatura del fluido a bombear no debe sobrepasar los 140°F (60°C)
- Se debe instalar la bomba en un lugar donde no se supere los 150°F (66°C).

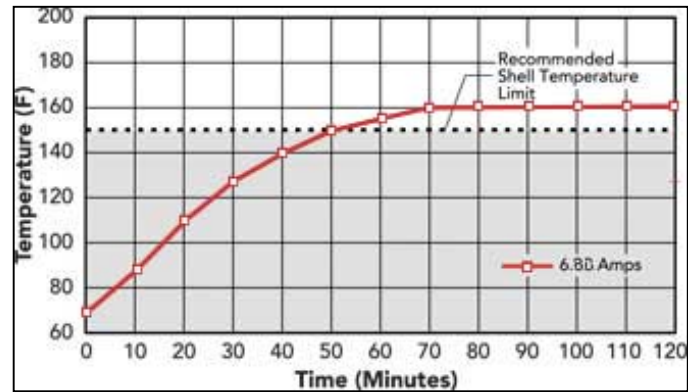


Figura 13 Rendimiento en función a la temperatura y al tiempo de uso de la bomba

Fuente: AEM ELECTRONICS

d. Inyector de metanol

Los inyectores permiten la dosificación del metanol a presiones del sistema superiores a los 40 Psi generando una especie de niebla en la que encontraremos el metanol descompuesto en gotas microscópicas que posteriormente se mezclaran con el aire que entra para permitir la combustión



Figura 14 Inyector de metanol AEM

Fuente: AEM ELECTRONICS

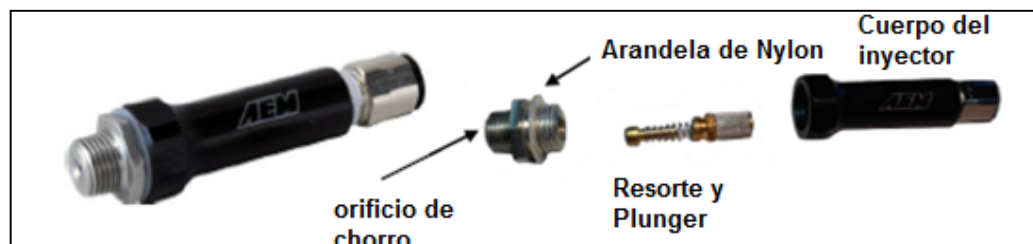


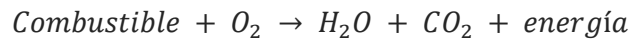
Figura 15 Partes del inyector

e. Entrada de aire

La importancia del aire en la combustión es vital por lo que se requiere conductos que transporten este gas lo más puro posible.

En la combustión es una reacción química de oxidación, es decir produce energía en forma de luz y calor, lo cual es apreciable notablemente por nuestros sentidos.

En la combustión existen dos elementos, uno es el que arde (carburante), y otro es el que permite la combustión (oxígeno).



La gasolina al ser un combustible hidrocarburífero requiere de grandes cantidades de oxígeno (O_2) para que sea quemado de la manera más eficiente, de no ser así se obtiene como resultado una combustión incompleta, donde los gases residuales se generan en mayor proporción.

El objetivo de la admisión de aire de un vehículo no es solo aspirar el oxígeno necesario para que se lleve a cabo el encendido del carburante, si no también participar de manera permanente para disminuir la combustión incompleta del hidrocarburo disminuyendo con la carga de aire limpio los gases contaminantes.

El uso de sistemas de filtrado en la aspiración de aire en los vehículos en general no asegura la entrada de aire puro al motor, pero se puede evitar el ingreso de partículas por medio de filtros y realizando periódicamente limpieza a los conductos por los que el aire es acarreado desde el medio ambiente.

Dependiendo del elemento de filtrado usado se puede incrementar la potencia del vehículo y mejorar su aceleración



Figura 16 Filtro de aire de alta calidad para Hyundai Santa Fé
Fuente: KN filters Inc.

El sistema de depuración de aire está compuesto por conductos que pueden ser de aluminio, plástico o caucho haciendo que el aire ingrese con flujo laminar o con turbulencia. Los conductos se los diseña por lo general sin rugosidades en las paredes interiores para eliminar en lo posible pérdidas de caudal por choque del fluido en la frontera.

Otro aspecto importante de las características de diseño es la selección de materiales que sean resistentes a la corrosión, debido a que en el aire existen partículas de agua debido a la humedad del ambiente y dependiendo de la altitud donde se encuentre funcionando el motor, razón por la cual en las modificaciones de depuradores de aire se selecciona al aluminio por su fácil maleabilidad, resistencia a la temperatura y su particular resistencia a la corrosión.



Figura 17 Conductos para aspiración de aire de aluminio

Adicional a los elementos anteriores encontramos como componentes indispensables en los vehículos modernos a sensores conectados a la computadora del vehículo y son los encargados de tomar lecturas de la cantidad de aire que está entrando para la combustión y en casos de vehículos más sofisticados analizar la temperatura del aire, esto permite que la computadora trabaje conjuntamente con el sistema de inyección y entregar la dosificación perfecta de combustible para el rendimiento óptimo del motor de acuerdo a las condiciones ambientales del medio de donde se aspire el aire.



Figura 18 Sensor MAF Hyundai Santa Fé

f. Filtro de aire

La importancia del flujo de aire para los automotores radica en que durante el proceso de combustión, la cantidad y calidad de aire interviene directamente en la eficiencia brindada por el motor debido a que, si la cantidad de aire es mayor aumentaría considerablemente la torsión y caballaje con el que el vehículo se desplazará, influyendo en la potencia, así como también en la rapidez de la aceleración del vehículo. (K&N Filtros, 2015)

La función primaria de un filtro es enviar un alto flujo de aire y la más alta protección de anticontaminación al motor, estos dos factores obligan que el filtro de aire sea diseñado con los más altos estándares de calidad aplicando materia prima como el algodón y otros materiales absorbentes para garantizar

que las partículas en suspensión que contiene el aire no interfieran en el funcionamiento correcto del motor. (K&N Filtros, 2015)

Los filtros de aire de alto flujo consisten en una capa formada por cuatro a seis hojas de gaza de algodón colocadas en la mitad de dos mallas tejidas de filamento de aluminio. Posteriormente se forma pliegues y se lubrica, permitiendo el aumento de sus capacidades de filtración y su desempeño correcto. Como resultado se obtiene un filtro de aire diseñado para aumentar la aceleración y el caballaje del motor. (K&N Filtros, 2015)

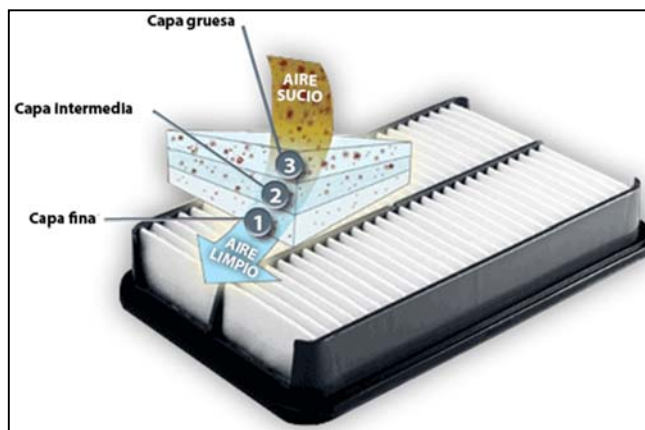


Figura 19 Composición de un filtro de aire

Fuente: DENSO Auto parts.

La efectividad con la que un filtro de aire protege el motor, generalmente es medida usando un procedimiento de pruebas desarrollado por la Sociedad de Ingenieros de la Industria Automotriz identificado como el Procedimiento SAE J726. Sometemos una muestra de nuestro diseño del filtro a este procedimiento usando la prueba "Course Test Dust", la cual incluye partículas en escalas desde 5.5 micrones a 176 micrones teniendo como punto de referencia al cabello humano que tiene un diámetro de 50 micrones aproximadamente.

Actualmente, el procedimiento SAE J726 se utiliza para probar y evaluar los filtros de inducción de aire del motor (FIA). Basándose en este procedimiento también se comparan tecnologías de filtración de aire del motor actuales. (Bugli, 1997)

Los requisitos de protección del motor también se discuten en relación con el tamaño de contaminantes y sus concentraciones. Diseñar robustos filtros de inducción de aire del motor, permite controlar el tamaño de partícula y la concentración de contaminantes que son ingeridos por el motor debido a que no se puede filtrar el cien por ciento de partículas en suspensión del aire. (Bugli, 1997)

2.3. Características de los combustibles en Ecuador

A partir de noviembre del 2012 en el Ecuador se puso en marcha la aplicación de un nuevo subsidio con el fin de mejorar la gasolina con la que los vehículos circulan en las vías terrestres a lo largo y ancho del país.

El subsidio permite la compra de gasolina con 95 octanos para que sea mezclada y procesada con la gasolina que se tenía anteriormente, obteniendo un carburante con mayor octanaje siendo esta propiedad de la gasolina el factor que determina la calidad y la capacidad de consumo en la gasolina. Una gasolina con mayor grado de octanos mejora la potencia y el rendimiento del motor, además disminuye el consumo de combustible. (EDITORES ECUATORIANOS S.A., 2012)

Con el fin de igualar las normas de calidad de combustibles vigentes en Europa y debido al extenso parque automotor del país el subsidio esta solventado por la vigencia de la Reforma tributaria proclamada por el “SRI” abasteciendo a los distintos tipos de automotores que se encuentran circulando en el país.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos “INEN” en su último anuario publicado, se matricularon un número de 1.717.886 vehículos en el país distribuidos entre transporte Público, estatal y particular. (Camacho Dillon, Albuja Raza, & Enríquez Valladares, 2013)

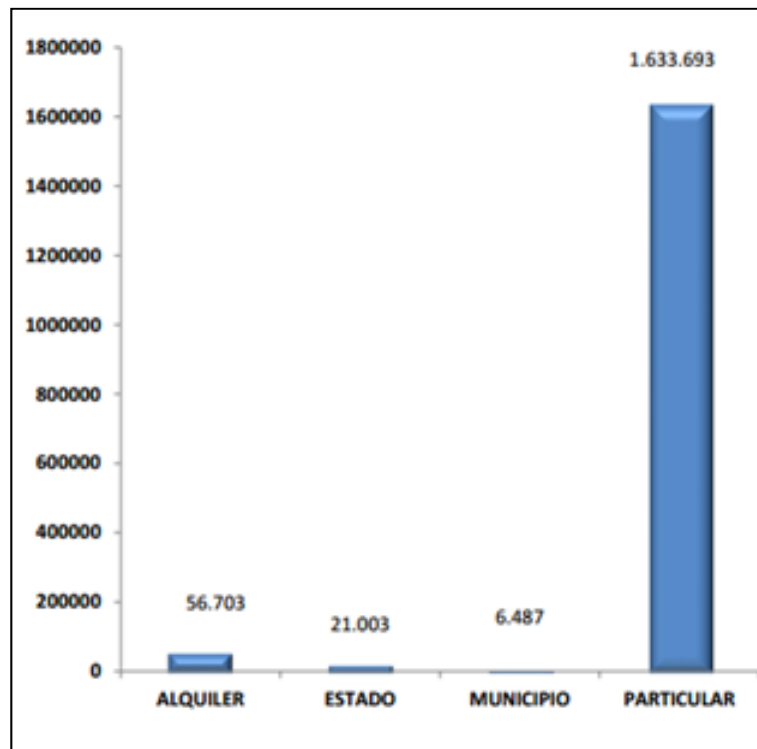


Figura 20 Vehículos matriculados según Uso Año 2013

Fuente: Anuario de Estadísticas De Transporte 2013 INEN

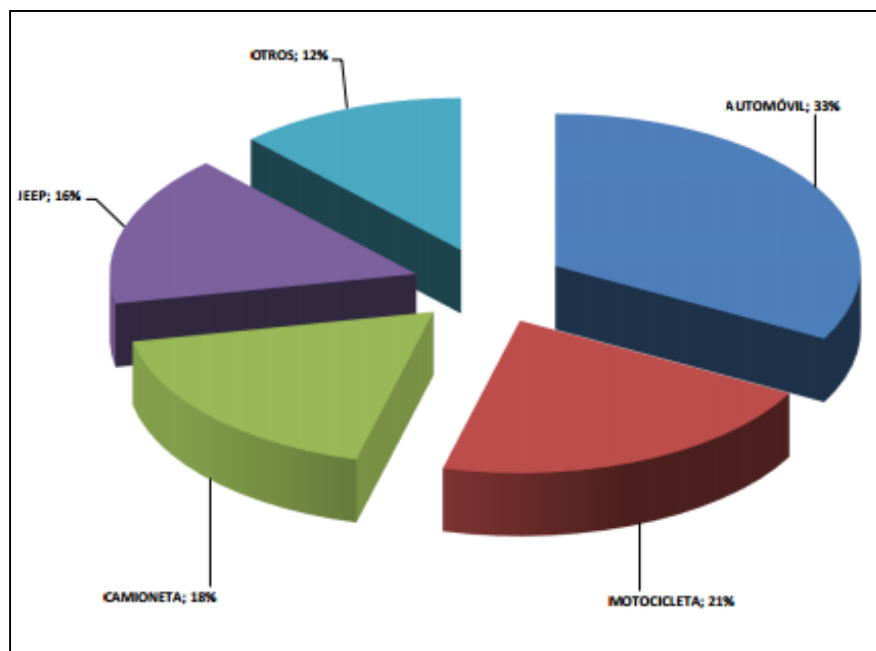


Figura 21 Vehículos matriculados según Clase Año 2013

Fuente: Anuario de Estadísticas De Transporte 2013 INEN

2.3.1. Refinamiento del petróleo

Se denomina refinería al lugar donde se lleva a cabo la separación física del petróleo crudo; este proceso se lo denomina destilación, y tiene que cumplir diversos pasos para que el petróleo sea transformado en una gran cantidad de derivados. Estos complejos se diferencian según las tecnologías y los esquemas de proceso que se utilicen para su funcionamiento, así como su capacidad las hay para procesar crudos livianos, crudos pesados o mezclas de ambos. Por consiguiente, los productos que se obtienen varían de una a otra refinería

Los productos que se obtienen de la refinación se llaman derivados y los hay de dos tipos: los combustibles y los petroquímicos, tales como polietileno, benceno, etc.

El primer paso de la refinación del petróleo crudo se cumple en las torres de “destilación primaria” o “destilación atmosférica”. En su interior, estas torres operan a una presión cercana a la atmosférica y están divididas en distintos compartimientos a los que se denominan “bandejas” o “platos”. Cada bandeja tiene una temperatura diferente y cumple la función de fraccionar los componentes de petróleo.

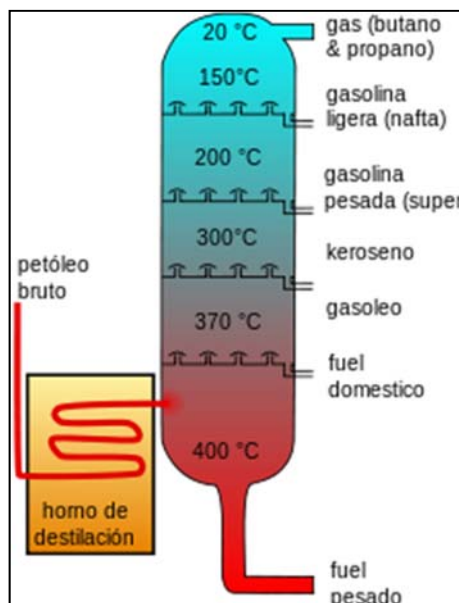


Figura 22 Temperaturas de fraccionamiento en torre de destilación

Fuente: (Refinación del petróleo, 2015)

El crudo llega a estas torres después de pasar por un horno, donde alcanza temperaturas hasta 400°C que lo convierte en vapor. Esos vapores entran por la parte inferior de la torre de destilación y ascienden por entre las bandejas. A medida que suben pierden calor y se enfrían.

Cuando cada componente vaporizado encuentra su propia temperatura, se condensa y se deposita en su respectiva bandeja, a la cual están conectados ductos por los que se recogen las distintas corrientes que se separaron en esta etapa.

Al fondo de la torre cae el “crudo reducido”, es decir, aquel que no alcanzó a evaporarse en esta primera etapa. Cumpliendo así el primer paso de la refinación. De abajo hacia arriba se han obtenido, en si orden: crudo reducido, gasóleos, queroseno, turbosina, nafta y gases ricos en butano y propano.

Las demás corrientes se envían a otras torres y unidades para someterlas a nuevos procesos, al final de los cuales se obtendrá el resto de los derivados del petróleo, así por ejemplo, la torre de “destilación al vacío” recibe el crudo reducido de la primera etapa y saca gasóleos pesados, bases parafínicas y fondos.

La Unidad de craqueo catalítico o Cracking recibe gasóleos y crudos reducidos de crudos livianos para producir fundamentalmente gasolina y gas propano.

Las unidades de Recuperación de Vapores reciben los gases ricos de las demás plantas y sacan gas combustible, gas propano, propileno y butanos.

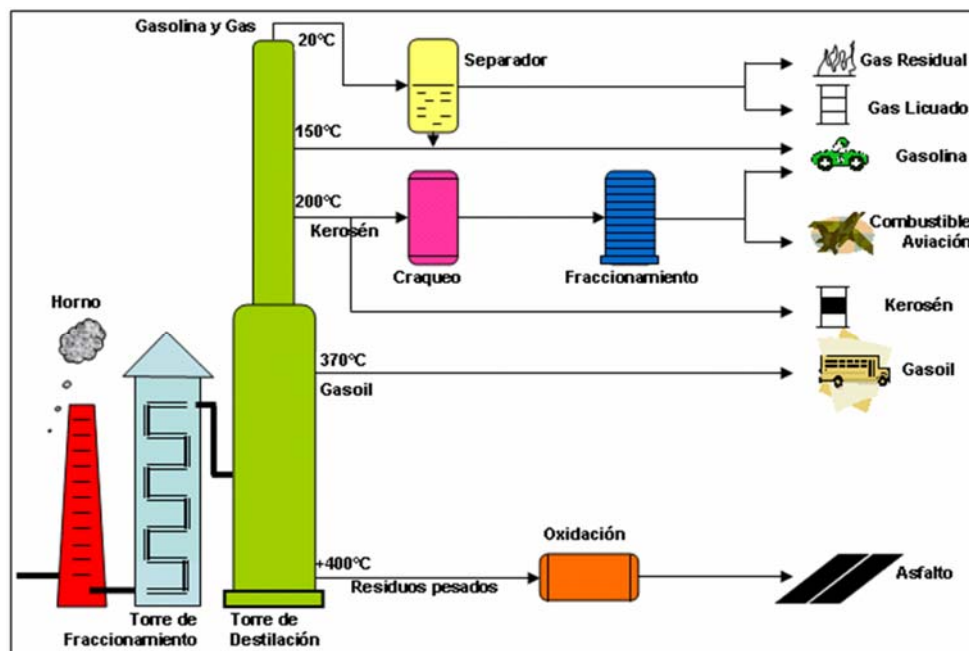


Figura 23 Proceso de refinación del petróleo crudo

Fuente: (Manejo de petróleo y gas, 2015)

La planta de mezclas es en últimas la que recibe las distintas corrientes de naftas para obtener la gasolina de motor, extra y corriente. La unidad de Aromáticos produce a partir de nafta: tolueno, xileno, benceno, ciclo hexano y otros petroquímicos.

La de Parafinas recibe destilados parafínicos y nafténicos para sacar parafinas y bases lubricantes.

De todo este proceso también se obtienen azufre y combustóleo. El combustóleo es lo último que sale del petróleo.

El gas natural, rico en gases petroquímicos, también puede procesarse en las refinerías para obtener diversos productos de uso en la industria petroquímica. (Zullian, 2013)

2.3.2. Características de la Gasolina en Ecuador

En nuestro país la normalización de la gasolina está sujeta a los estándares estipulados en el documento NTE INEN 935:2010 del Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Dicha Norma técnica establece las siguientes características para la venta de gasolina de procedencia nacional o extranjera expendida para motores de ciclo Otto excluyendo a la gasolina para aviación. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008)

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

- a) Gasolina Extra
- b) Gasolina Súper

La legislación como características generales para ambos tipos de gasolinas dispone lo siguiente:

- El producto observado a simple vista debe ser límpido, exento de agua y de materiales en suspensión (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008)
- A las gasolinas no se deben agregar aditivos mejoradores de octanaje órgano-metálicos que contengan hierro, magnesio o plomo. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008)

La gasolina Extra y Súper debe cumplir con los requisitos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 8
Requisitos de la gasolina Extra

| REQUISITOS | UNIDAD | MINIMO | MÁXIMO | METODO DE ENSAYO |
|---|------------|--------|-----------------|---|
| Número de octano Research | RON* | 81.0 | - | NTE INEN 2 102 |
| Destilación 10% | ° C | - | 70 | NTE INEN 926 |
| 50% | ° C | 77 | 121 | |
| 90% | ° C | - | 180 | |
| Punto final | | - | 215 | |
| residuo de destilación | % | - | 2 | |
| Relación vapor - liquido, a 60° C V/L | - | - | 20 | NTE INEN 932 ASMTD 5188 |
| Presión de vapor | kPa* | - | 56B | NTE INEN 928c ASTM D 4953 ASTM D5191D |
| Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50° C) | - | - | 1 | NTE INEN 927 |
| Contenido de gomas | Mg/100 cm3 | - | 3.0 | NTE INEN 933 |
| Contenido de azufre. | % | - | 0.075 | NTE INEN 929 ASTM D 4294D |
| Contenido de aromáticos. | % | - | 30.0 | NTE INEN 2 252ü ASTM D 6730 |
| Contenido de benceno. | % | - | 1.0 | ASTM D 3606“ ASTM D 5580° ASTM D 6277 |
| Contenido de olefinas. | % | - | 18.0 | NTE INEN 2 252u ASTM D 6730 |
| Estabilidad a la oxidación | min | 240 | - | NTE INEN 934 |
| Contenido de oxígeno. | % | | 2.7E | ASTM D4815u ASTM D 5845 |
| Contenido de plomo | mg/l | - | Ver notas F y G | ASTM D 3237 ASTM D 5185 |
| Contenido de manganeso | mg/l | - | Ver notas F YH | ASTM D 3831 ASTM D 5185 |
| Contenido de hierro | mg/l | - | Ver notas F yl | ASTM D 5185 |
| <p>A. 1 kPa = 0.01 kgf/cm2 = 0.10 N/cm2 = 0.145 kgf/pul2</p> <p>B. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor puede llegar hasta 62 kPa</p> <p>C. método de ensayo utilizado para combustible gasolina sin etanol</p> <p>D. Este método es considerado el método dirimente para los casos arbitraje o peritación</p> <p>E. El equivalente en masa de etanol anhidro agregado a la mezcla</p> <p>F. Sin adición intencional.</p> <p>G. No detectare de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3237.</p> <p>H. No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3831.</p> <p>I. No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 5185.</p> <p>J. No existe unidad del SI</p> | | | | |

Fuente: NTE INEN 935:2010 Instituto Ecuatoriano de Normalización

Tabla 9
Requisitos de la gasolina Súper

| REQUISITOS | UNIDAD | MINIMO | MÁXIMO | METODO DE ENSAYO |
|--|---|--------|-----------------|---|
| Número de octano Research | RON* | 90.0 | - | NTE INEN 2 102 |
| Destilación 10% | ° C | - | 70 | NTE INEN 926 |
| 50% | ° C | 77 | 121 | |
| 90% | ° C | - | 180 | |
| Punto final | | - | 220 | |
| residuo de destilación | % | - | 2 | |
| Relación vapor - líquido, a 60° C V/L | - | - | 20 | NTE INEN 932 ASMTD 5188 |
| Presión de vapor | kPa* | - | 56B | NTE INEN 928c ASTM D 4953 ASTM D5191D |
| Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50° C) | - | - | 1 | NTE INEN 927 |
| Contenido de gomas | Mg/100 cm3 | - | 4.0 | NTE INEN 933 |
| Contenido de azufre. | % | - | 0.1 | NTE INEN 929 ASTM D 4294D |
| Contenido de aromáticos. | % | - | 35.0 | NTE INEN 2 252ü ASTM D 6730 |
| Contenido de benceno. | % | - | 2.0 | ASTM D 3606 ^u ASTM D 5580 ^o ASTM D 6277 |
| Contenido de olefinas. | % | - | 25.0 | NTE INEN 2 252u ASTM D 6730 |
| Estabilidad a la oxidación | min | 240 | - | NTE INEN 934 |
| Contenido de oxígeno. | % | | 2.7E | ASTM D4815u ASTM D 5845 |
| Contenido de plomo | mg/l | - | Ver notas F y G | ASTM D 3237 ASTM D 5185 |
| Contenido de manganeso | mg/l | - | Ver notas F YH | ASTM D 3831 ASTM D 5185 |
| Contenido de hierro | mg/l | - | Ver notas F yI | ASTM D 5185 |
| K. | 1 kPa = 0.01 kgf/cm2 = 0.10 N/cm2 = 0.145 kgf/pul2 | | | |
| L. | En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor puede llegar hasta 62 kPa | | | |
| M. | método de ensayo utilizado para combustible gasolina sin etanol | | | |
| N. | Este método es considerado el método dirimente para los casos arbitraje o peritación | | | |
| O. | El equivalente en masa de etanol anhidro agregado a la mezcla | | | |
| P. | Sin adición intencional. | | | |
| Q. | No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3237. | | | |
| R. | No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3831. | | | |
| S. | No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 5185. | | | |
| T. | No existe unidad del SI | | | |

Fuente: NTE INEN 935:2010 Instituto Ecuatoriano de Normalización

2.3.3. Calidad de la gasolina en relación a los países de América del Sur

Varios países de Sudamérica están caracterizados por ser unos de los exportadores de petróleo más fuertes dentro de la región, los cuales mantienen competitividad con las naciones potencias en la explotación del petróleo alrededor del mundo, pero esta razón no es un indicativo para que se venda el carburante a un precio conveniente para el dueño de un automotor.

La diferencia de precios radica principalmente en la devaluación en cada país del circulante monetario en relación a la divisa base que es el Dólar Americano. Esto ha hecho que se tomen medidas mediante las cuales se planta impuestos a la comercialización de la gasolina, en especial a empresas ajenas al país que adopten dichas medidas.

Relacionándonos con la venta en los países sudamericanos, cada uno mantiene políticas para ofertar a la población diversos tipos de gasolina dependiendo del octanaje requerido actuando conjuntamente con estatutos para controlar la contaminación ambiental.

Generalmente cada nación ha mantenido la línea de ofertar dos tipos de combustibles, uno de bajo octanaje y otro con un índice de octanos superior. Esto está determinado para impulsar a personas con economías bajas, pero el usar combustible de bajo octanaje es un limitante que disminuye notablemente la duración del carburante e influye en la eficiencia del motor.

Bajo esa línea en la siguiente tabla se muestra la diferencia de oferta de gasolina en la que se diferencia los precios y la calidad del combustible determinada por el índice de octanos que posee el carburante que se está vendiendo; esto nos permite establecer un precio y nivel de octanos promedio por cada país.

Existe una notable diferencia entre el precio del galón de gasolina vendido por Venezuela, siendo este el menor a nivel de Sudamérica y mundial; Ecuador ocupa el segundo puesto de los países con el precio más ínfimo dentro de la presente comparación.

Así mismo la “Nafta” Argentina y Chilena, nombre con el que es denominada a la gasolina en estos países, presenta el índice de octanos más altos entre los estados comparados, lo que determina que el carburante que ahí se oferta es de mejor calidad.

En relación con las demás naciones, la gasolina de Ecuador no es de la mejor calidad ya que posee uno de los índices más bajos de todo el grupo comparado, siendo Bolivia la nación que en la región vende el combustible de peor calidad.

Tabla 10
Precios de la gasolina en América del Sur

| Comparación de precios de venta de gasolina en los países de Sudamérica | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| PAÍS | Tipo 1 | | | Tipo 2 | | |
| | DENOM. | PRECIO \$ | OCTANAJE | DENOM. | PRECIO \$ | OCTANAJE |
|  ARGENTINA | PREMIUM | \$ 5,60 | 97 | SÚPER | \$ 5,08 | 93 |
|  BOLIVIA | PREMIUM | \$ 2,63 | 92 | ESPECIAL | \$ 2,05 | 85 |
|  BRASIL | PODIUM | \$ 4,24 | 95 | COMUN | \$ 3,70 | 87 |
|  CHILE | SUPER | \$ 4,95 | 97 | ECONOMICA | \$ 4,62 | 93 |
|  COLOMBIA | PREMIUM | \$ 3,52 | 93 | CORRIENTE | \$ 2,98 | 87 |
|  ECUADOR | SUPER | \$ 1,99 | 92 | EXTRA | \$ 1,47 | 87 |
|  PARAGUAY | SUPER | \$ 4,97 | 95 | ECONOMICA | \$ 3,72 | 85 |
|  PERÚ | SUPER | \$ 3,63 | 95 | ECONOMICA | \$ 3,13 | 84 |
|  URUGUAY | ESPECIAL | \$ 5,21 | 87 | PREMIUM | \$ 5,00 | 97 |
|  VENEZUELA | SUPER | \$ 0,06 | 95 | EXTRA | \$ 0,04 | 91 |

Fuente: Obtenido individualmente en cada una de las páginas web de las entidades encargadas de controlar los hidrocarburos en cada País en comparación.

2.3.4. Entidades de control de combustibles

En el Ecuador tenemos entidades que controlan el precio y establecen estándares de calidad para el expendio de combustibles, sujetándose a normas y estatutos internacionales. Todas estas entidades estas suscritas al Ministerio de Recursos Naturales no Renovables, la cual mediante la ley de Hidrocarburos regula el comercio interno de derivados del petróleo, así como también da las pautas para la explotación de yacimientos petrolíferos.

En esta ley sobresale la prohibición de alterar precios del petróleo y derivados dentro de la soberanía del Ecuador, así como también la declaración de utilidad pública de la industria de los hidrocarburos en todas sus fases, enunciando a la empresa PETROCOMERCIAL, como la principal entidad de venta de derivados del petróleo en el País. (Ministerio de recursos Naturales no Renovables, 2013)

El INEN, “Instituto Ecuatoriano de Normalización” en el documento, NTE INEN 935:2010, establece los requisitos que debe cumplir la gasolina destinada al uso de motores que funcionan con ciclo Otto. Dicha norma es aplicada a gasolinas que se comercializan en el país, sean de producción nacional o importada, exceptuando la de aviación. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008)

2.3.5. Aplicación de aditivos para mejorar las características del combustible.

Los aditivos pueden añadirse para mejorar la calidad de la gasolina a fin de impedir que empeore el comportamiento durante la marcha y la composición de los gases de escape durante el funcionamiento del vehículo. La concentración de los aditivos debe estar adaptada y probada con mucha atención y los aditivos no deben tener efectos secundarios negativos. (Dietsche, 2005)

Dentro del mercado podemos encontrar una vasta lista de productos que han sido creados con la finalidad de mejorar, potenciar y limpiar partes del motor de un vehículo.

Entre los más usados encontramos limpia inyectores, tratamientos que ayudan al ahorro de combustible, anti humos que logran reducir el volumen de humo del escape y reducen el ruido del motor, etc.

Entre las ventajas del uso de aditivos para el combustible tenemos:

- Proteger el sistema de combustible.
- Incrementar el ahorro de gasolina.
- Combustión más limpia al reducir gases que contaminan el ambiente.
- Aumento del rendimiento y potencia del motor.
- Protegen contra el óxido y la corrosión.
- Amplían la vida útil del catalizador, al reducir las emisiones de CO₂

Inicialmente se usaba para aumentar la calidad antidetonante del combustible productos con derivados orgánicos de plomo, como el Tetraetilplomo " $(CH_3CH_2)_4Pb$ ", hasta que se comprobó que esta manera de elevar el número octano de las gasolinas arrojaba al medio ambiente cantidades crecientes de óxido plúmbico " PbO_2 ", procedentes de la combustión. (Weininger & Stermitz, 2009)

En la actualidad el desarrollo de aditivos que contengan cadenas oxigenadas (metanol, etanol, éter butílico terciario metílico, t butil metil éter, entre otros), debido a que la presencia del oxígeno contribuye para una mejor combustión de la gasolina y minorar la emisión de gases contaminantes, siguiendo la tendencia de evitar el uso de compuestos metálicos. (Weininger & Stermitz, 2009)

2.4. Banco de pruebas para recolección de curvas de rendimiento (Dinamómetro de rodillos)

Los bancos de rodillos o de chasis resultan ser un utilitario importante al momento de evaluar la potencia, torque y consumo de combustible del motor de un vehículo debido a que permite realizar la obtención de curvas de rendimiento del motor sin la necesidad de desmontar el motor del automóvil.

Este ensayo permite conocer el estado de un motor, para posteriormente optimizar su rendimiento, fuerza o velocidad.

El banco de pruebas consiste en un sistema de rodillos instalados en el piso sobre los que descansan las ruedas del vehículo. Los rodillos están conectados a un sensor que mide la fuerza que el motor despliega a una determinada velocidad. Las ruedas motrices impulsan el o los rodillos los cuales se encuentran acoplados a una unidad de absorción de potencia, conforme el motor a través de su sistema motriz transmite potencia a las ruedas estas movilizan los rodillos los cuales son frenados por la unidad de absorción de potencia para poder simular de esta manera una condición específica de carga sobre el motor o bien para medir la potencia del motor. (Olivera, 2013)

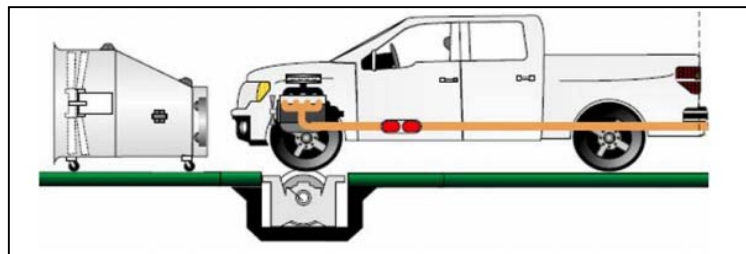


Figura 24 Esquema de un dinamómetro de chasis, donde las ruedas motrices del vehículo se colocan sobre los rodillos los cuales van a la unidad de absorción de potencia.

Fuente: (Olivera, 2013)

Los estudios en el dinamómetro de rodillos limitan la evaluación a un taller, evitando así las pruebas en la calle o en una ruta determinada, minimizando la dificultad y los riesgos que se presentan al momento de obtener curvas de desempeño de un motor.

Dicha fuerza es convertida en parámetros de potencia y torque visualizados en una pantalla a manera de datos independientes o a manera de curvas en relación a las revoluciones del motor.

Las aplicaciones del dinamómetro de rodillos o de chasis ligadas directamente a motores de combustión interna y específicamente a los automotores se pueden sectorizar en dos grupos

- Investigación y desarrollo de motores de combustión interna y vehículos.

Ese grupo engloba directamente a la investigación para el desarrollo de motores de combustión interna o alguno de sus componentes, evaluando puntualmente los procesos que se dan a cabo en un motor, simulando condiciones de operación distintas, con el fin de elaborar un vehículo bajo estándares de calidad y control de contaminación, para una posterior venta al público (Olivera, 2013)

- Mantenimiento y verificación

En este rubro se puede emplear al dinamómetro como una herramienta de diagnóstico y control del funcionamiento del vehículo, ya que se puede verificar la entrega de potencia y el comportamiento en condiciones simuladas. Para estas acciones es indispensable acompañar al dinamómetro con un sistema de lectura de emisión de gases contaminantes evaluando al vehículo bajo condiciones de carga simulada

2.4.1. Elementos del dinamómetro de chasis

El dinamómetro de chasis está compuesto por los siguientes elementos.

- Chasis

Es la parte del dinamómetro encargada de soportar todos los esfuerzos producidos por el peso de las piezas que integran el dinamómetro y el peso del vehículo y absorber las vibraciones que ocasionan los ensayos respectivos.

- Rodillos

Los rodillos en los dinamómetros de chasis depende del uso que se le vaya a dar al dinamómetro, existen configuraciones desde un sólo rodillo de gran diámetro hasta equipos con varios juegos de rodillos para comportar todas las ruedas motrices del vehículo a examinar y son estructuras cilíndricas rígidas que giran alrededor de un eje conectado a la unidad de absorción de

potencia que permite registrar la velocidad de giro (velocidad angular). (Olivera, 2013)

- Sistema de inercia

Es un sistema que permita aumentar o disminuir la inercia total rotativa del dinamómetro a fin de poder simular la resistencia al avance que tendría el vehículo ensayado durante su funcionamiento en carretera. La inercia que se requiere depende del peso del automotor del automóvil a probar. (Olivera, 2013)

- Dispositivos de adquisición de datos

Este dispositivo está compuesto de 2 tipos de mecanismos, el primero es una celda de carga la cual es un transductor que convierte una fuerza en una señal eléctrica que posteriormente es amplificada y procesada para convertirla en un dato. El segundo dispositivo de adquisición consiste en una rueda fónica con un captador magnético el cual genera un pulso para amplificarlo y procesarlo a manera de dato.

- Unidad de absorción de potencia

Este elemento está encargado de oponerse al giro de los rodillos, va montada en sus extremos sobre rodamientos y en uno de sus extremos acoplada a los rodillos. La unidad de absorción de potencia tiende a girar en el mismo sentido que los rodillos por lo que debe ser fijada al chasis mediante una celda de carga que mide la fuerza con la que el tiende a girar.

La unidad de absorción de potencia puede funcionar bajo los siguientes tipos de freno para oponerse al giro del rodillo.

- Freno de Prony
- Freno hidráulico
- Freno de corrientes parásitas
- Dinamofrenos

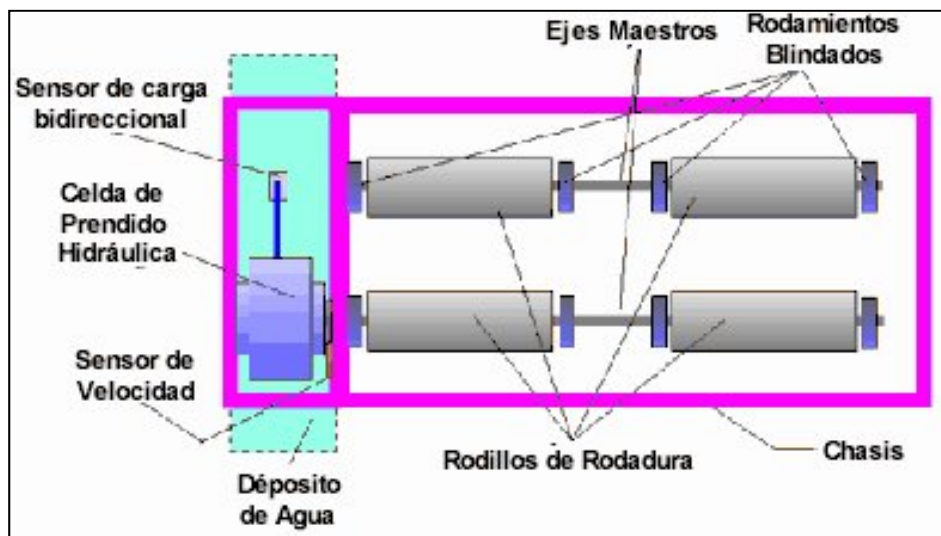


Figura 25 Disposición de rodillos de un dinamómetro de chasis

Fuente: (Olivera, 2013)

2.4.2. Características principales del dinamómetro de rodillos

Para obtener las curvas de rendimiento en un dinamómetro de chasis primordialmente se debe precautelar por la integridad de las personas que están operando el equipo, por lo tanto, el cuerpo del dinamómetro debe estar constituido por materiales de alta resistencia y soldadura de alta calidad, esto con el fin evitar algún despiste del vehículo sometido a prueba por culpa de la fatiga del material que constituye el sistema de soporte de los rodillos.

La normatividad existente para los Estados Unidos establece en su Código Federal de Regulaciones “CFR” en su título 40 protecciones al ambiente y bajo el apartado 86.108-00 algunas especificaciones de diseño que deben cumplir los dinamómetros. (Olivera, 2013)

El dinamómetro debe simular la carga del camino la cual se considera como la fuerza que se opone al avance del vehículo por un camino liso y nivelado, sin viento y con una temperatura y presión estándar. (CFR U.S.)

Debe contar con un mecanismo que le permita determinar la distancia recorrida en cada fase de la prueba. (CFR U.S.)

Existen dos configuraciones de dinamómetros aceptadas, la primera consiste en un dinamómetro con rodillos dobles con diámetro nominal de 8.65

[in] y separación entre centros de los rodillos de 17 [in], esta primera configuración permite el uso de una unidad de absorción de potencia de cualquier tipo. La segunda configuración aceptada consiste en un rodillo único de 48 [in] de diámetro en el cual la unidad de absorción de potencia deberá ser de tipo eléctrico. (CFR U.S.)

El dinamómetro debe contar con una unidad de absorción de potencia para simular las cargas del camino y volantes de inercia u otro método que le permita simular la inercia del vehículo que va a ser probado. (CFR U.S.)

2.4.3. Control del dinamómetro

Para el control y la obtención de datos se usa interfaces computarizadas. Para la visualización de los datos obtenidos mediante el dinamómetro de rodillos se procesa el giro de los mismos, los cuales al girar a una cierta velocidad y con el uso de sensores que permiten que el procesador de la computadora interprete los datos de la manera más rápida y minimizando el margen de error que se tiene en una ensayo practico.

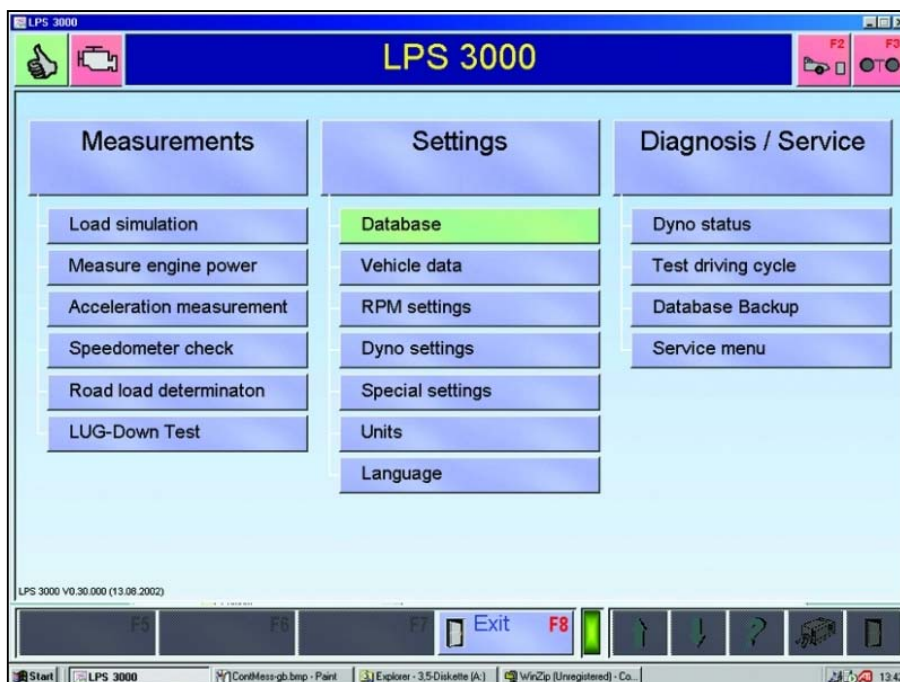


Figura 26 Pantalla de inicio del software controlador del dinamómetro MAHA LPS 3000

Fuente: Maha Maschinenbau Haldenwang

Una interface debe permitir al usuario variar parámetros de tal manera que podamos elegir el tipo de vehículo y las condiciones necesarias para evitar cualquier tipo de error en los datos que se están obteniendo

| Parameter | Value / Selection |
|---------------------|---|
| Motor Type: | <input checked="" type="radio"/> Otto <input type="radio"/> Diesel <input type="radio"/> Wankel |
| Supercharging: | <input type="radio"/> no / mech. charger <input checked="" type="radio"/> Turbo (air-cooled) <input type="radio"/> Turbo (water-cooled) |
| Transmission: | <input checked="" type="radio"/> Manual transmission <input type="radio"/> Automatic |
| Torque converter: | <input checked="" type="radio"/> Bridging <input type="radio"/> Measure slip <input type="radio"/> Input <input type="text" value="2,80"/> |
| Drive: | <input checked="" type="radio"/> Front drive <input type="radio"/> Rear drive <input type="radio"/> 4 wheel drive |
| Power class: | <input type="radio"/> 10kW <input type="radio"/> 25kW <input type="radio"/> 50kW <input type="radio"/> 100kW <input checked="" type="radio"/> 250kW <input type="radio"/> 500kW |
| Power correction: | <input type="radio"/> None <input checked="" type="radio"/> DIN <input type="radio"/> EWG <input type="radio"/> ISO <input type="radio"/> JIS <input type="radio"/> SAE |
| Additional factors: | f_m <input type="text" value="0,30"/> Q_v [%] <input type="text" value="0,00"/> P_{VA} [kW] <input type="text" value="0,00"/> |
| Limit values: | v_{max} [km/h] <input type="text" value="250"/> n_{max} [rpm] <input type="text" value="7200"/> T_{max} [°C] <input type="text" value="100"/> |
| Rotating inertia: | <input checked="" type="radio"/> Standard inertia <input type="radio"/> Determin inertia <input type="radio"/> Input <input type="text" value="0,0"/> |
| Miscellaneous: | <input type="radio"/> OBD vehicle |

Figura 27 Selección de parámetros del vehículo para ensayo en el dinamómetro MAHA LPS 3000

Fuente: Maha Maschinenbau Haldenwang

El fin de la prueba con un dinamómetro es obtener las curvas de potencia. Algunos equipos permiten obtener una sola curva de potencia hasta obtener el parámetro de potencia máxima del vehículo y otras como el dinamómetro MAHA LPS 3000 nos permite la obtención de las curvas de potencia normal, del motor, a la rueda y de arrastre, además del momento normal.

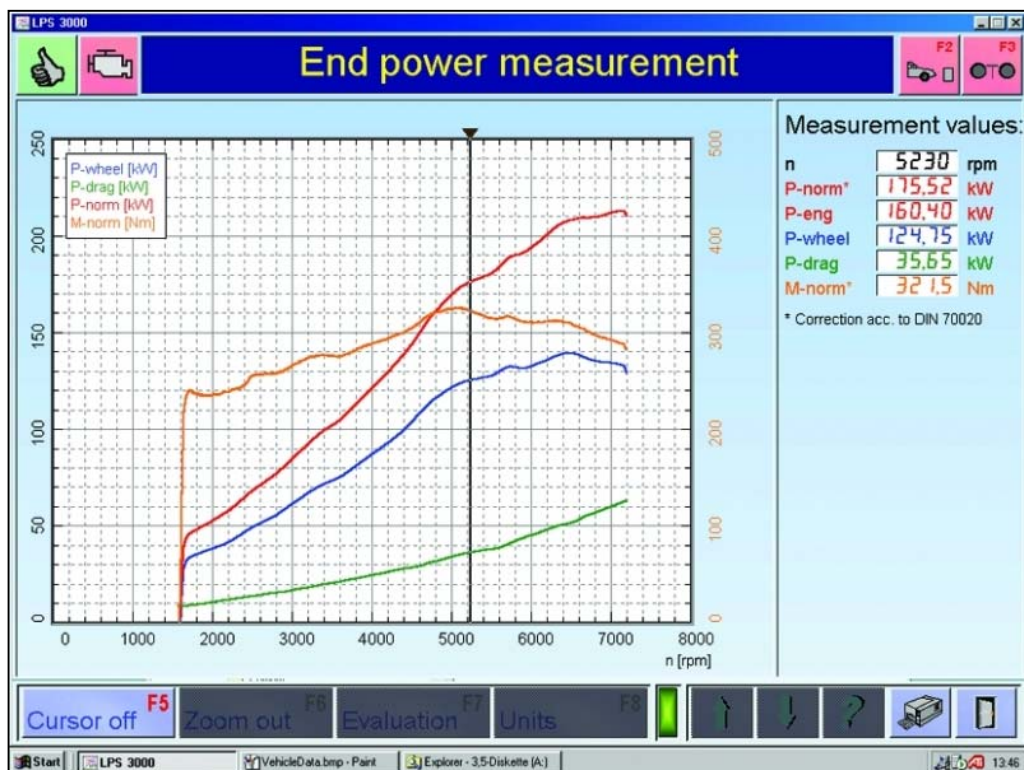


Figura 28 Curvas de potencia obtenidas en el dinamómetro MAHA LPS 3000

Fuente: Maha Maschinenbau Haldenwang

2.5. Analizador de gases de escape

El analizador de gases es un elemento que mediante su tecnología de medición de la emisión de residuos de la combustión de carburantes como la gasolina o el diésel, permitiendo al usuario tanto una aplicación como comprobador de gases, como múltiples posibilidades para el diagnóstico de gases de escape.

En nuestro país, para motores a Gasolina el monitoreo se lo realiza bajo el reglamento RTE INEN 017.y para motores a Diesel se mide la opacidad, que es el grado de oscurecimiento que tiene el gas de escape. La norma de referencia para dicha medición es la RTE INEN 2202.

Generalmente el equipamiento de medición pueden medirse simultáneamente HC , CO , CO_2 , O_2 , NO , NO_2 , NO_x , coeficiente de opacidad y concentración de masa de partículas.



Figura 29 Analizador de gases MAHA MGT 5

Fuente: Maha Maschinenbau Haldenwang



Figura 30 Analizador de gases MAHA MGT 5

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

2.5.1. Elementos del analizador de gases

El analizador de gases cuenta con los siguientes elementos:

Filtro de carbón activo y Sensores electroquímicos para medir los niveles de contaminantes.

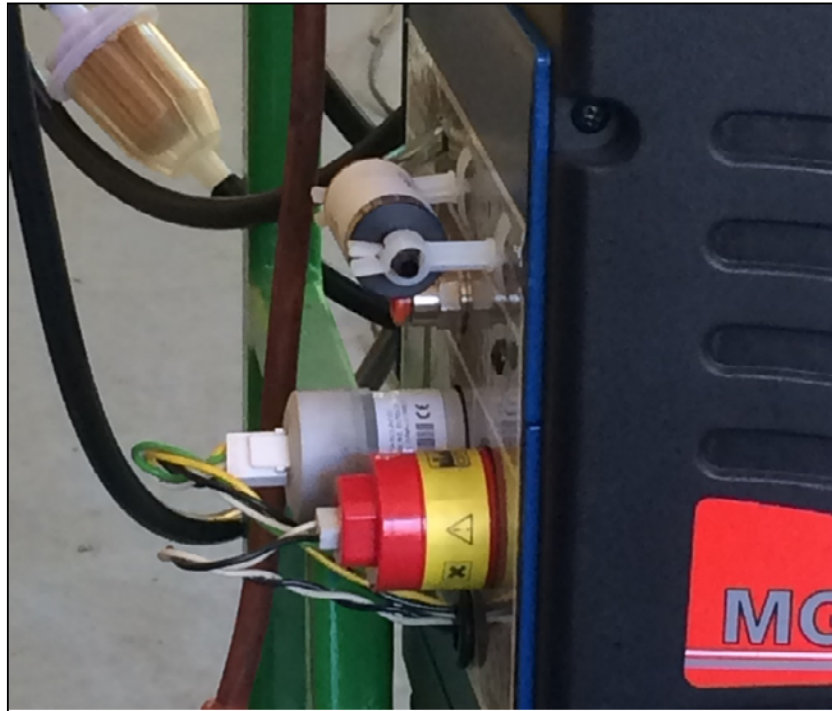


Figura 31 Elementos del analizador de gases MAHA MGT5

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

En la parte delantera posee un módulo insertable para la medición de revoluciones y un módulo para la conexión de modulo E-OBD. El sistema es controlado con una interface que nos permite realizar la medición de valores de emisiones ya sea de manera estática o dinámica con el uso conjunto del dinamómetro.

El uso de fuerzas de oposición al movimiento del vehículo es indispensables en el caso de la obtención dinámica debido a que en un lapso de tiempo se debe mantener a una cierta velocidad el vehículo, rompiendo la oposición al movimiento que ejerce el dinamómetro de rodillos y obteniendo los valores de emisiones para un posterior análisis.



Figura 32 Datos generales y de mantenimiento del analizador de gases MAHA MGT5

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

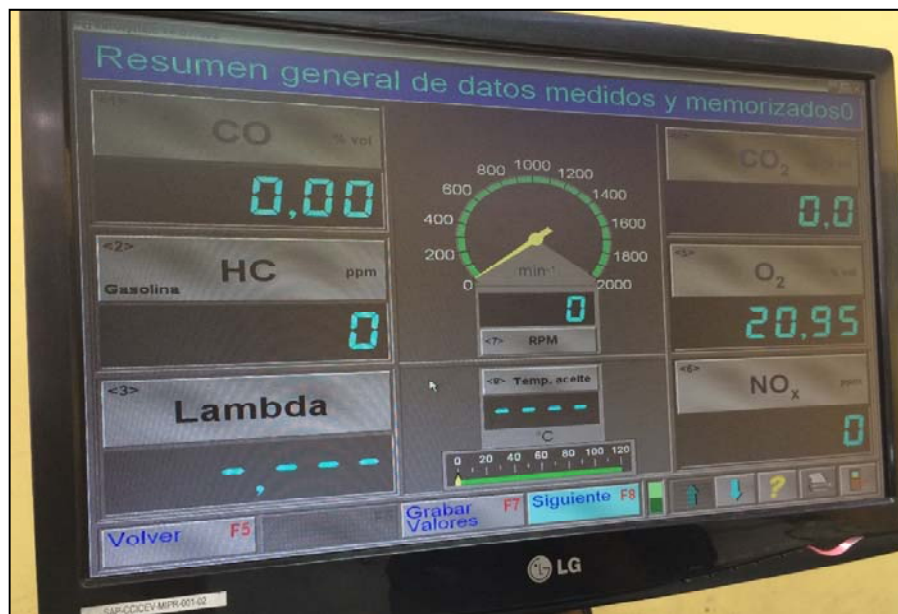


Figura 33 Interface de medición de gases MAHA MGT 5

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

2.5.2. Características del analizador de gases

Tabla 11

Características del Analizador de Gases MAHA MGT 5

| MGT 5 | | | | | |
|--|--|-----------------|---|----------------|------------------|
| Ámbito de aplicación | Medición de gases de escape móvil o fija en procedimiento de corriente parcial con carga parcial en motores Otto de gasolina o gas | | | | |
| Gases mesurables | CO | CO ₂ | HC | O ₂ | NO (opcional) |
| Rangos de medición | 0 – 15,0 Vol % | 0 – 20,0 Vol % | 0 – 2000 ppm Vol (Hexano) 0 – 4000 ppm Vol (Propano) | 0 – 25,0 Vol % | 0 – 5000 ppm Vol |
| Resolución de valores de medición (máx.) | 0,01 Vol % | 0,01 Vol % | 1 ppm Vol | 0,01 Vol % | 1 ppm Vol |
| Principio de medición | infrarrojos | infrarrojos | infrarrojos | electroquímic. | electroquímic. |
| Valor lambda | Rango de indicación: 0,500 – 9,999 • Resolución: 0,001 • Calculado según Brettschneider | | | | |
| Fase de calentamiento | mín. 30 s, máx. 10 min., promedio 2,5 min. • Termoregulado | | | | |
| Tasa de circulación total | Máx. 3,5 l/min. • Min. 1,5 l/min. | | | | |
| Caudal gas de medición | Máx. 2,5 l/min. • Bomba de membrana | | | | |
| Suministro de corriente | 85 – 280 V • 50 Hz • 65 W / 12 – 24 V DC | | | | |
| Temperatura de funcionamiento | +5 – +45 °C • Variación ±2 °C | | | | |
| Temperatura de almacenamiento | -10 – +60 °C • Variación ±2 °C | | | | |
| Prueba de estanqueidad | Guiada por menú • min. 1 vez al día | | | | |
| Prueba de residuos de HC/ajuste a cero | automático | | | | |
| Calibración | guiada por menú con PC • se requiere un gas de calibración especial (específico del país) | | | | |
| Interfaces (opción) | LON • OBD • USB | | | | |
| Dimensiones | 560 x 240 x 300 mm | | | | |
| Peso | aprox. 10 kg | | | | |
| Medidor de revoluciones (opción) | 100 – 10 000 rev/min • Resolución ww. 1, 5, 10, 50 rev/min • Diferentes sensores de captación | | | | |
| Termómetro de aceite (opción) | 0 – +150 °C • Resolución 1 °C | | | | |
| Clase de precisión | PTB: Clase 1 • OIML: Clase 0 | | | | |

Fuente: Maha Maschinenbau Haldenwang

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE METANOL.

3.1. Diseño del circuito de control del sistema de inyección de metanol.

Al ser el proyecto diseñado para funcionar mediante el uso de energía eléctrica es indispensable controlar el encendido y dotar de indicadores para que el usuario pueda manipular el sistema de acuerdo a su conveniencia.

Para efectos de diseño tomamos en cuenta las características principales de control, siendo estas el encendido del sistema de inyección de metanol y el nivel de metanol que se encuentre en depósito respectivo.

Con estos aspectos y mediante el uso de software de diseño electrónico se puede llegar a una aproximación del funcionamiento con el fin de que se pueda accionar el sistema de manera independiente al encendido del vehículo

3.1.1. Diseño del circuito eléctrico.

Para el indicativo de encendido, así como también para indicar el nivel de metanol en el depósito, se requiere de una pantalla LCD (LCM1602A).

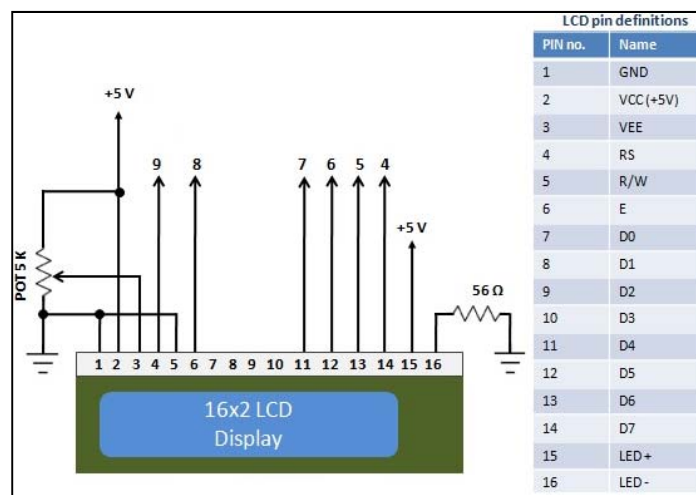


Figura 34 Pantalla LCD LCM1602A / Conexión

Fuente: LCM1602A datasheet by Microchip INC.

Para visualizar los diferentes textos en la pantalla se requiere el uso de un PIC programable de modelo 16F628a, la programación se la realiza mediante lenguaje C con el uso del programa MICROCODE STUDIO.

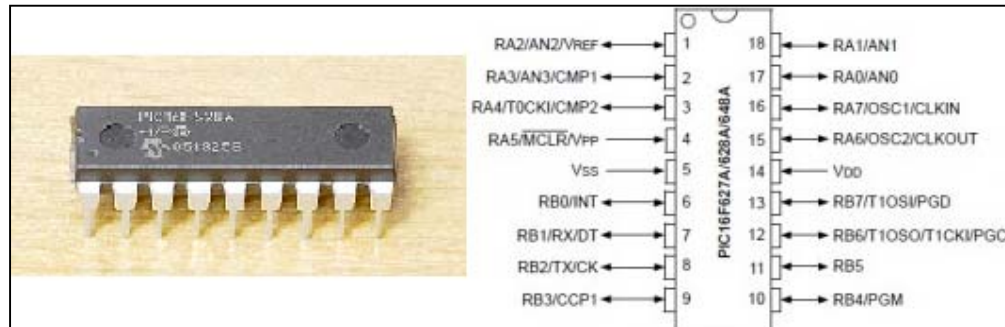


Figura 35 PIC 16F628A programable

Fuente: PIC 16F628A datasheet by Microchip INC.

Una herramienta que nos permite simular el circuito es el software ISIS PROTEUS 7.0 el cual contiene una base de datos de los componentes electrónicos usados para el diseño de circuitos eléctricos. Esto nos permite estimar los materiales que vamos a usar así como también acercarnos a una simulación virtual donde podemos evaluar el funcionamiento previo a la comprobación física del circuito en una protoboard.

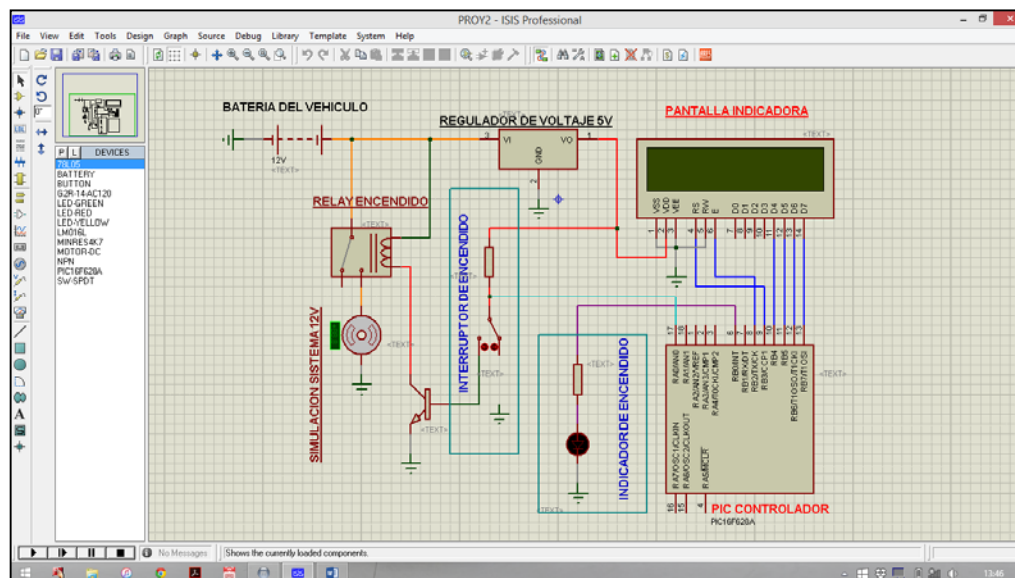


Figura 36 Simulación del circuito en ISIS PROTEUS 7

Para poder comprobar el funcionamiento del circuito es necesario programar el PIC simulado.

La interface del programa MICROCODE STUDIO permite al operador realizar la programación mediante el uso de los comandos del lenguaje C, y compilar para que la secuencia de datos creada permita al PIC visualizar la información en el LCD

```

MicroCode Studio - PICBAS
File Edit View Project Help
New Open Save Cut Copy Paste Undo Redo Print
Compile Compile Program 16F628A Read Verify Erase Information
Code Explorer DISPLAY1 PRUEBA1
Includes
Defines
LCD_DREG
LCD_DBIT
LCD_RSREG
LCD_RSBIT
LCD_EREG
LCD_EBIT
Constants
Variables
Alias and Modifiers
P1
B0
Symbols
Labels
INICIO
ENCENDIDO
APAGADO
DEFINE LCD_DREG PORTB
DEFINE LCD_DBIT 4
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 3
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 2
LCDOUT, $FE,$1, "SISTEMA METANOL"
CMCON = 7
TRISA = 255
TRISB = 0
P1 VAR PORTA.0
B0 VAR PORTB.0
PORTB= 0
INICIO:
IF P1 = 0 THEN
LCDOUT, $FE,$C0, "BOMBA ENCENDIDA"
GOSUB APAGADO
ENDIF
IF P1 = 1 THEN
LCDOUT, $FE,$C0, "BOMBA APAGADA "
GOSUB ENCENDIDO
ENDIF
GOTO INICIO
ENCENDIDO:
LOW B0
RETURN
APAGADO:
HIGH B0
RETURN
END
Ln 43 : Col 9

```

Figura 37 Programación del PIC mediante MicroCode Studio

El circuito planteado presenta algunos estados mostrados a continuación.

- Sin encender el sistema

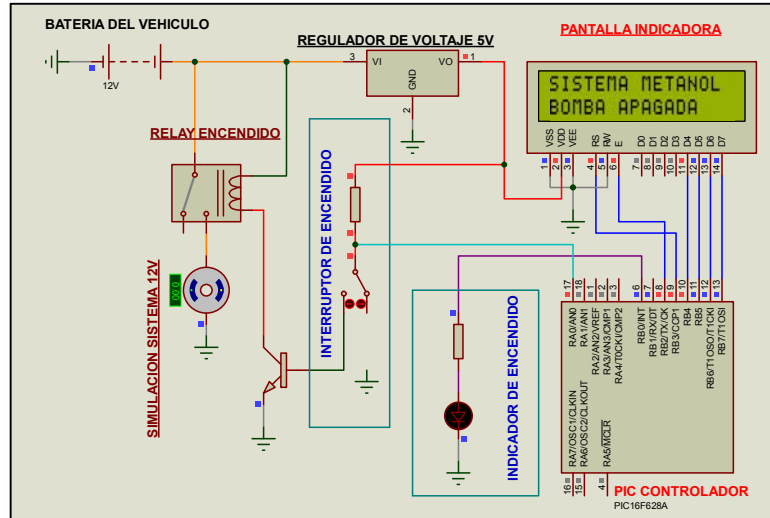


Figura 38 Circuito simulado con el sistema encendido

- Encendiendo el sistema.

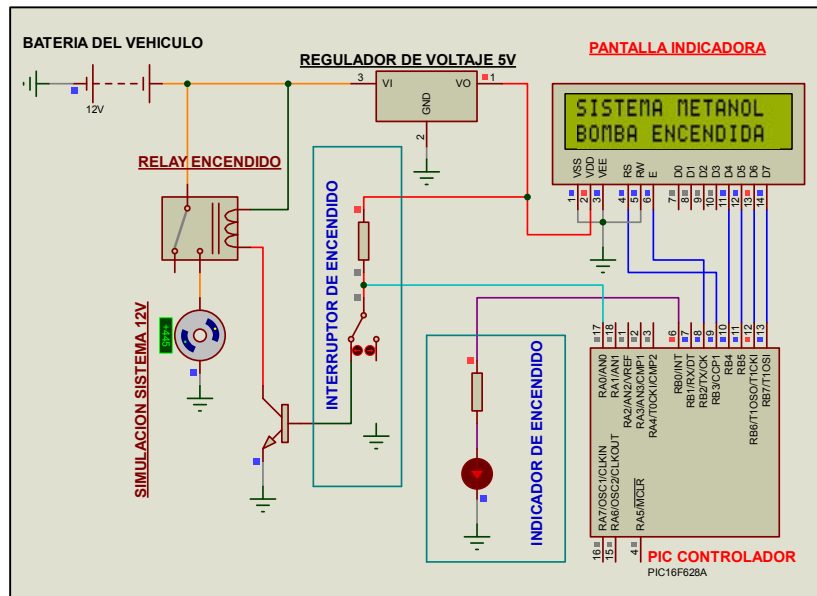


Figura 39 Circuito simulado con el sistema apagado

3.1.2. Selección de elementos de protección

Los elementos de protección son todos los dispositivos que usamos para que un circuito no se estropee debido a alzas y caídas de voltaje, así como también para protegerlo contra una sobrecarga de intensidad en el circuito.

Toda instalación eléctrica debe estar creada con una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ella conectada, como de las personas que han de trabajar con ella.

Entendemos por sobrecarga al exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de carga de la máquina conectada a un motor eléctrico.

Las sobrecargas deben evitarse y protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos de una red o de un motor conectado a ella. Una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito.

3.1.3. Construcción del circuito

Previo a construir el circuito es necesario una simulación física a más de la virtual.

La simulación virtual se cumple durante el proceso de diseño del circuito, pero en lo concerniente a la prueba física es necesario simular el circuito en un Protoboard

En este caso la simulación física nos permite comprobar los estados del circuito diseñado para el encendido y protección del módulo de control de inyección de metanol.

Estos estados incluyen tanto el encendido de la bomba como también del módulo de control de inyección de metanol. Indicándonos cuando está accionado el sistema y cuando este no está en uso.

Luego de comprobado la funcionalidad del circuito mediante el uso de la simulación física, se puede proceder a la etapa de elaboración teniendo en cuenta que la funcionalidad es la requerida para que el sistema de inyección funcione correctamente.

- Estado de apagado del sistema de inyección

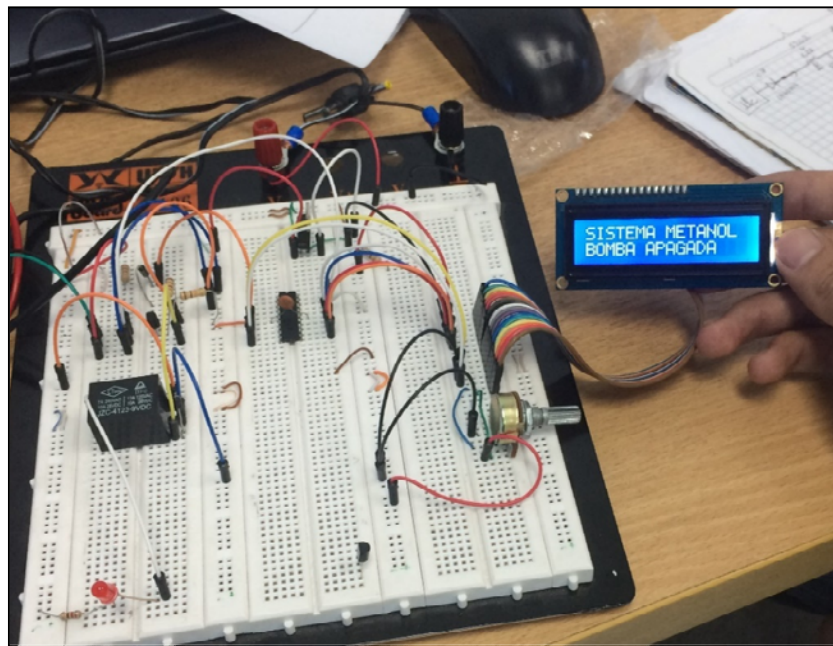


Figura 40 Comprobación de funcionamiento del circuito de encendido del sistema de inyección de metanol

- Estado de encendido del sistema de inyección de metanol

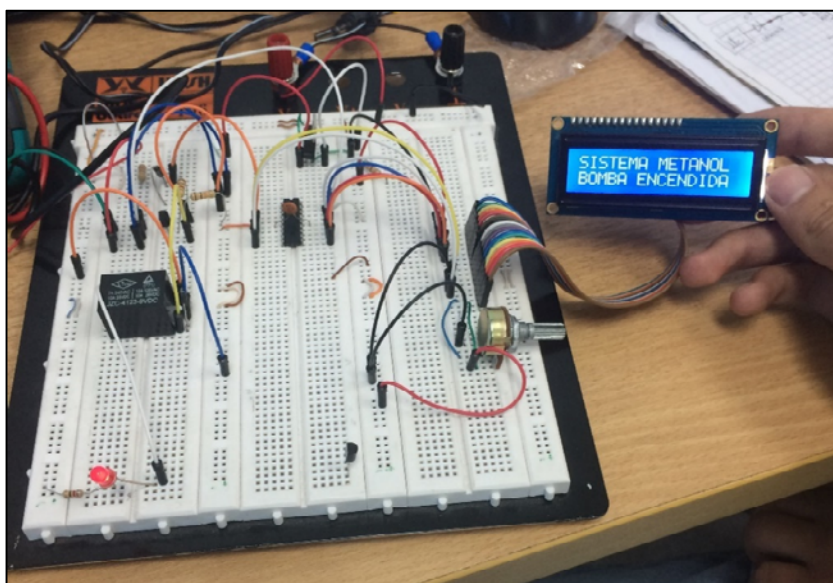


Figura 41 Comprobación de funcionamiento del circuito de encendido del sistema de inyección de metanol

Posterior a la simulación física se procede a la construcción del sistema tomando en cuenta que se necesita un circuito de buena calidad; esto se lo obtiene con el uso de la herramienta ARES del software ISIS Proteus, permitiéndonos colocar los diferentes elementos electrónicos de manera que se evite el uso de puentes sobre la placa.

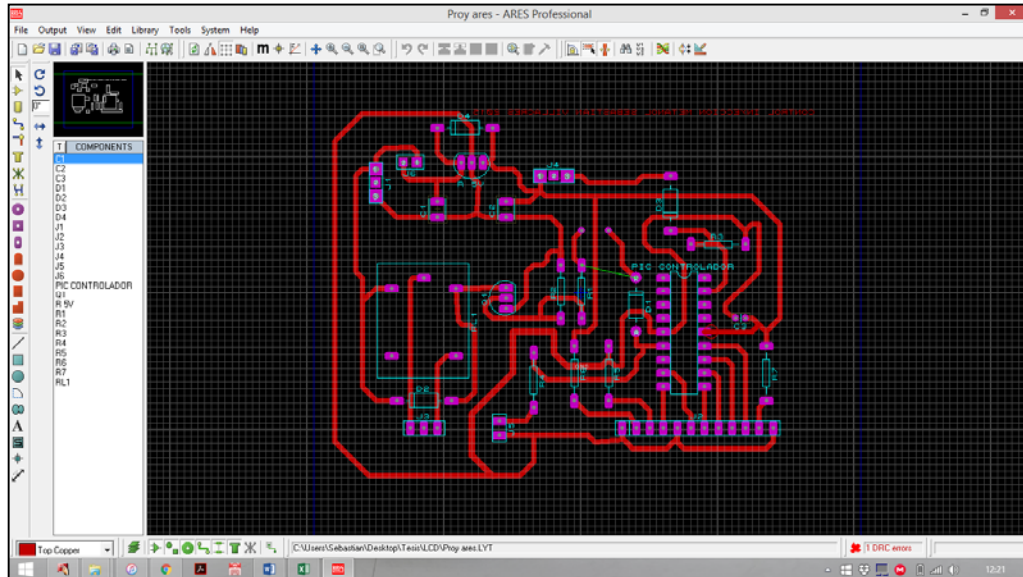


Figura 42 Interface de ARES profesional para la elaboración de circuitos

Por medio de esta herramienta podemos optar por grabar el circuito para la construcción del mismo y obteniendo una aproximación de cómo será la pista que se pondrá en la baquelita.

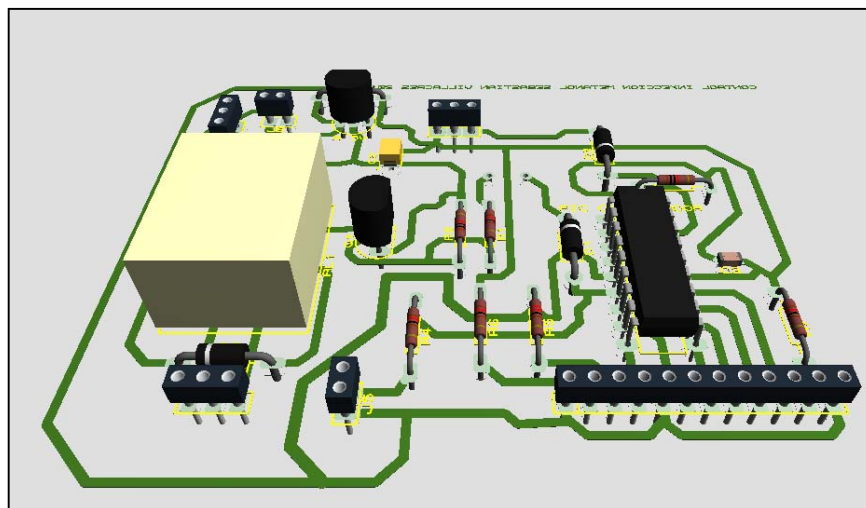


Figura 43 Aproximación visual del circuito en 3D

Para elaborar el circuito se requiere de una baquelita y acido para corroer e cobre restante que no pertenece a la pista del circuito y posteriormente se procede a soldar los elementos y probar el funcionamiento del circuito.

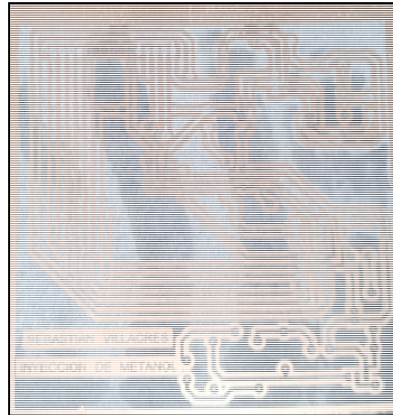


Figura 44 Proceso de elaboración del circuito de control (1 Circuito impreso en baquelita)



Figura 45 Proceso de elaboración del circuito de control (2 Corrosión del cobre restante)

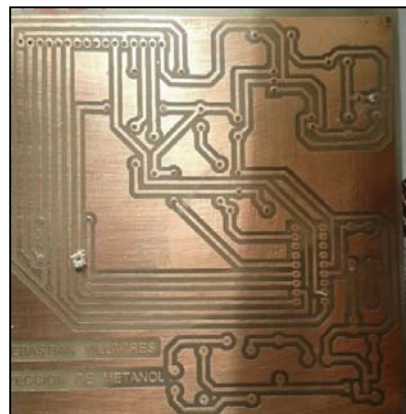


Figura 46 Proceso de elaboración del circuito de control (3 Placa terminada de corroer)

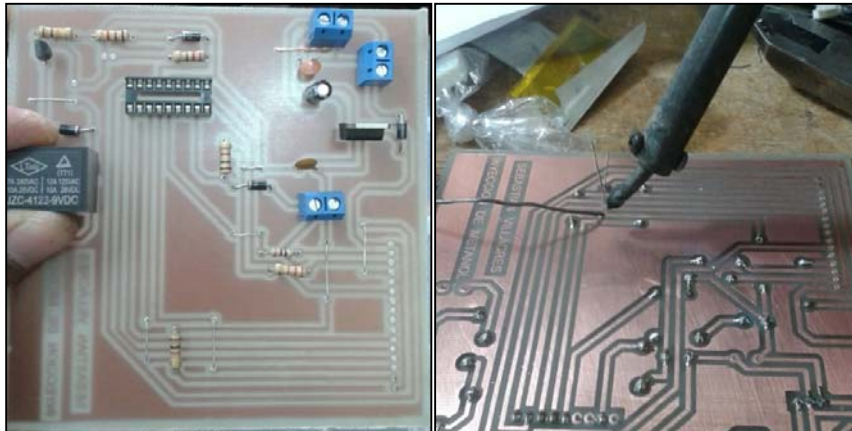


Figura 47 Proceso de elaboración del circuito de control (4 Colocación y suelda de elementos)

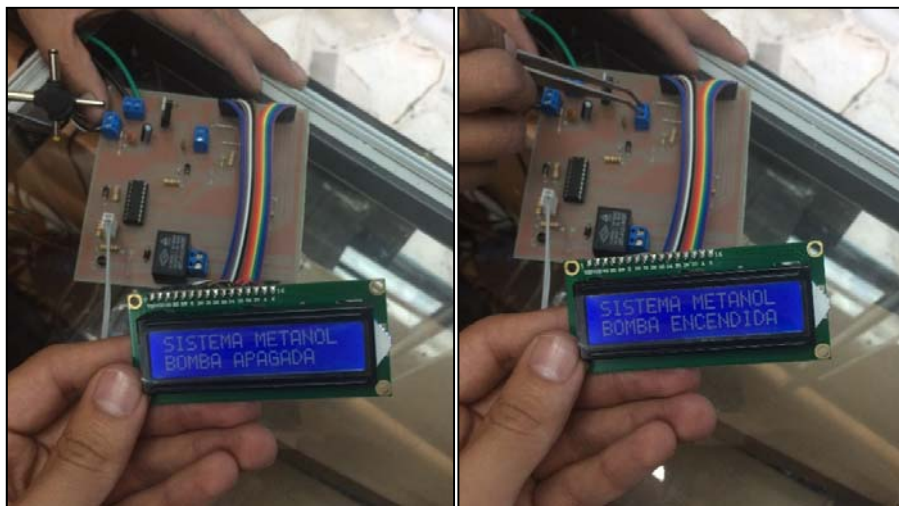


Figura 48 Proceso de elaboración del circuito de control (5 Comprobación de funcionamiento)

3.2. Diseño del colector de aire con la adaptación para el actuador usado para la inyección

El uso de software especializado para el diseño de elementos conjuntamente con sus herramientas para distintos tipos de evaluaciones nos permite modelar los componentes que intervienen en el sistema a valorar así como también, conocer más a fondo los fenómenos que ocurren en el funcionamiento de los elementos esculpidos de forma virtual, teniendo en cuenta que el estudio está basado en el conducta de diferentes fluidos que intervienen de manera importante en la combustión de un motor a gasolina.

Debido a que intervienen fluidos como el Metanol y Aire, la investigación está sujeta a una revisión previa del comportamiento de los fluidos utilizando el complemento “Flow Simulation” del programa CAD “SOLIDWORKS”, permitiéndonos observar el flujo de aire y la intervención del metanol pulverizado y estimar las presiones que intervienen en la mezcla aire/metanol que posteriormente se unirá al combustible para permitir la combustión del mismo.

3.2.1. Modelado del colector de aire

La toma de mediciones es el primer movimiento a realizar previo al modelado siendo este paso muy esencial ya que permite hacer el diseño de los elementos que intervienen en el proyecto acorde al espacio disponible en el habitáculo donde se encuentra el motor.

Los elementos que se encuentran en el sistema de depuración de aire encontramos el sensor de temperatura de aire (IAT), siendo este inamovible en el sistema.

En el Modelo original encontramos la particularidad de un sistema de depuración de aire categorizado por un filtro cuadrado, el cual será reemplazado por un filtro cónico que permita la mejor distribución del aire que ingresa al motor aumentando el aire que entra a la cámara de quemado a mayor presión, mejorando sustancialmente la combustión del motor.

a. Elementos que intervienen en el colector de aire.

Para realizar un diseño nuevo como alternativa a un sistema creado anteriormente es necesario observar que elementos intervienen en el medio a ser rediseñado, esto con la finalidad de conservar las características de las partes que no pueden ser removidas y que son indispensables para el funcionamiento del sistema.



Figura 49 Compartimiento del motor del Hyundai Santa Fé 2.7

Tomando en cuenta los parámetros establecidos anteriormente y mediante una inspección detallada del sistema a rediseñar se observa los siguientes elementos.

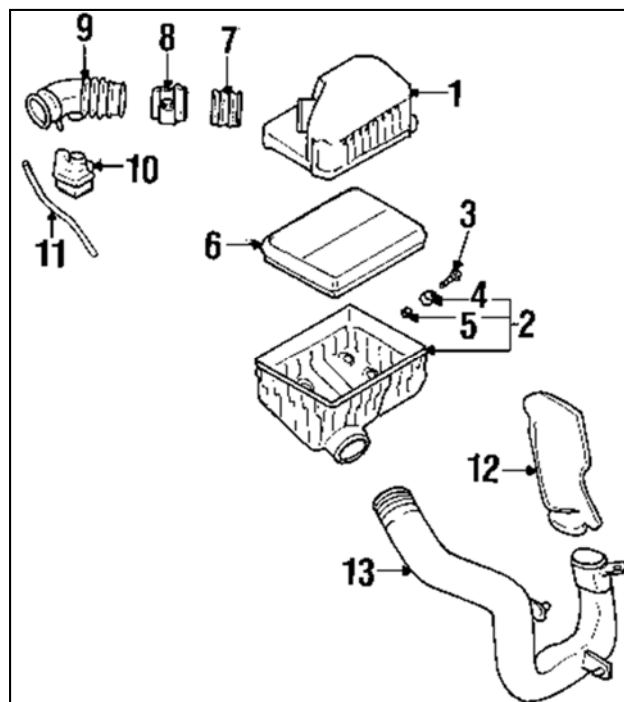


Figura 50 Elementos del colector de aire del Hyundai Santa Fé 2.7 V6

Fuente: (Parts, 2015)

1. Tapa del depurador de aire
2. Cuerpo del depurador de aire
3. Perno
4. Aislador
5. Collar aislador
6. Filtro de aire
7. Conducto de admisión de aire
8. Sensor de flujo de aire MAF
9. Conducto de admisión de aire
10. Resonador
11. Cañería de succión de aire
12. Ducto de aire
13. Ducto de aire

Para efectos de diseño se ve necesario conservar los ductos de aire (12 y 13) y la carcasa que contiene el filtro de aire (6), debido a que se dificulta la aspiración por que el espacio es limitado dentro del compartimiento del motor e inhabilita al diseñador al colocar algún aditamento diferente para depurar el aire; además se necesita conservar el sensor de Flujo de aire ya que el mismo trabaja con la computadora del automotor.



Figura 51 Espacio disponible para colocar el nuevo colector de admisión

a) Filtro de Aire



Figura 52 Filtro de aire Hyundai Santa Fé 2.7

b) Sensor MAF

El sensor piezoeléctrico de captación de flujo de aire permite captar la cantidad de aire que está entrando hacia el cuerpo de aceleración y transmitirlo a la ECU a manera de señal. Trabaja con valores de 0 a 5 V. dependiendo de la cantidad de aire que se está admitiendo para la combustión dentro del motor.



Figura 53 Sensor MAF

c) Conductos de aire

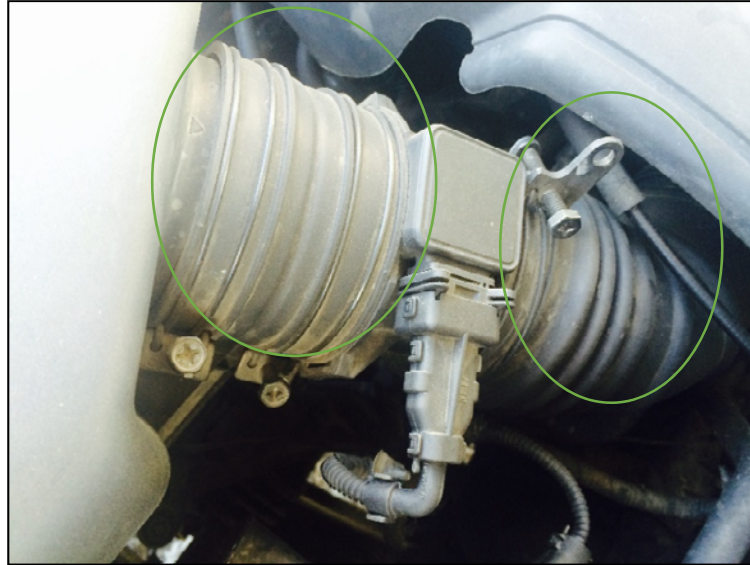


Figura 54 Conductos de admisión de aire Hyundai Santa Fé

d) Cuerpo de aceleración

El cuerpo de aceleración está encargado del control de la entrada de aire hacia el múltiple de admisión a través del uso de una mariposa que se abre y se cierra al pisar el acelerador.



Figura 55 Cuerpo de aceleración Hyundai Santa Fé 2.7

3.2.2. Evaluación virtual del flujo de aire con la aplicación de metanol dentro del colector de aire mediante software CAD

a. Diseño de elementos

El aire aspirado para el funcionamiento del motor debe pasar por una serie de conductos y evaluado por sensores antes de que llegue a mezclarse con el carburante en la cámara de combustión.

La razón para evaluar el paso del aire radica en la existencia de pérdidas en el transcurso en el que el fluido está viajando por los conductos, para lo cual antes de construir un sistema es necesario observar su comportamiento y comprobar que no existan fallas que puedan afectar el cumplimiento al que el sistema está destinado.

En el caso de realizar rediseños o implementaciones a sistemas previamente construidos, resulta indispensable realizar una evaluación del cambio que se quiere hacer, precautelando que el funcionamiento no se vea afectado y en el caso de que se realice una mejora, indicar el grado que interviene en la eficiencia del sistema evaluado.

a.1. Reconocimiento de la necesidad

Para efectos de experimentación del proyecto de investigación, se requiere rediseñar un conducto del sistema de admisión de aire, de tal manera que se pueda adaptar un inyector/pulverizador antes del cuerpo de aceleración, esto con la finalidad de mezclar y transportar aire y metanol.

a.2. Cumplimiento de fases de Diseño

- **Definición estratégica**

En el vehículo Hyundai Santa Fé inicialmente no existe manera de adaptar a los conductos de admisión de aire otro aditamento debido a que están hechos de un material plástico que si lo perforamos puede influir en la circulación del aire necesario para la combustión de la gasolina, ocasionando

pérdidas por alguna fuga, o deterioro del material con el constituido los elementos que intervienen en el sistema.

- **Diseño de concepto**

Principalmente en esta etapa debemos observar las características de los elementos que se van a sufrir una reingeniería, así como también, las condiciones a las que el nuevo componente estará sometido, ya sea ambientales o por algún agente externo.

Inicialmente al no poder modificar mayormente el colector de admisión se eligió someter a un rediseño al canal más cercano al cuerpo de aceleración.

El conducto está compuesto por un polímero resistente a temperatura y humedad con la finalidad de mantener lo más hermético posible un sistema por donde circula aire.

Con las características anteriores se ve necesario usar materiales altamente resistentes a razón de que el nuevo colector estará sometido a temperaturas mayores a las habituales debido a que la finalidad de proyecto es producir mayor energía en el motor, así como también a humedad al momento de la inyección de metanol pulverizado para el aumento de potencia.

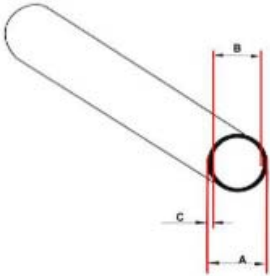


Figura 56 Conducto de aire del sistema de admisión Hyundai Santa fé

Por la facilidad de maquinado y aprovechando la coincidencia en el valor del diámetro se usara tubo de acero inoxidable de 3 pulgadas permitiéndonos crear un componente que resista a la temperatura y a las condiciones de humedad.

TUBOS CON COSTURA

- Acero inoxidable AISI 304
- Con costura
- Normas ASTM A-269 / A-312
- ANSI-B 36.19
- Acabamiento mate



| DN (Inch.) | SCHEDULE 5S | | | | SCHEDULE 10S | | | |
|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | Ø Ext. A (mm.) | Ø Int. B (mm.) | Espesor Pared C (mm.) | Kg. / Metro | Ø Ext. A (mm.) | Ø Int. B (mm.) | Espesor Pared C (mm.) | Peso Kg. / Metro |
| 1/2" | 21.30 | 18.03 | 1.65 | 0.80 | 21.30 | 17.12 | 2.11 | 1.00 |
| 3/4" | 26.70 | 23.37 | 1.65 | 1.03 | 26.70 | 22.45 | 2.11 | 1.28 |
| 1" | 33.40 | 30.10 | 1.65 | 1.30 | 33.40 | 27.86 | 2.77 | 2.08 |
| 1,1/2" | 48.30 | 44.96 | 1.65 | 1.91 | 48.30 | 42.72 | 2.77 | 3.11 |
| 2" | 60.30 | 57.02 | 1.65 | 2.40 | 60.30 | 54.78 | 2.77 | 3.93 |
| 3" | 88.90 | 84.68 | 2.11 | 4.51 | 88.90 | 82.80 | 3.05 | 6.44 |
| 4" | 114.30 | 110.08 | 2.11 | 5.83 | 114.30 | 108.20 | 3.05 | 8.32 |

Figura 57 Tubería de acero inoxidable

Fuente: Ambatol, productos de serie industrial

| | |
|-------------------------------|---|
| Normas involucradas: | ASTM A 276 |
| Propiedades mecánicas: | Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI) |
| Propiedades físicas: | Densidad 7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³) |
| Propiedades químicas: | 0.08 % C min 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S |

Figura 58 Propiedades mecánicas del acero AISI 304

Fuente: Ambatol, productos de serie industrial

- Diseño en detalle

Previo al diseño computarizado es necesario tomar las medidas exactas para que los resultados de la evaluación sean precisos, para esto se usa un calibrador o pie de rey.

Al ser elementos cilíndricos en su mayoría, conocer el diámetro y el espesor de pared de los mismos son los parámetros que nos ayudarán para diseñarlos en el software CAD a usar.

Para el diseño computarizado resulta necesario simular tres elementos indispensables para la evaluación del sistema; estos elementos corresponden a dos conductos de aire y al sensor MAF.



Figura 59 Sensor MAF junto a un conducto de admisión de aire.

- Elementos diseñados

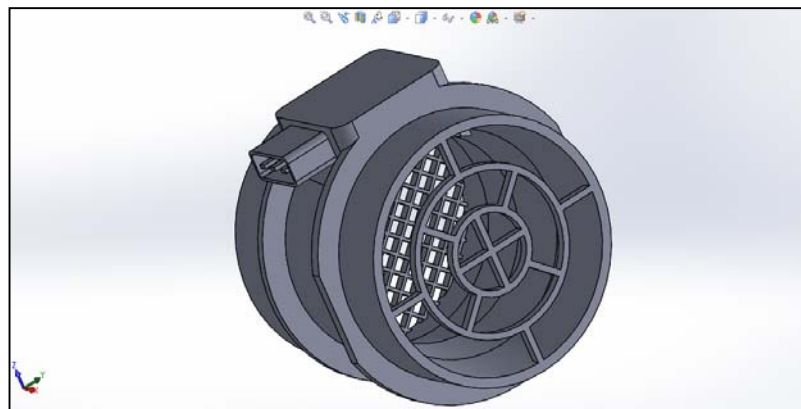


Figura 60 Sensor MAF en software CAD

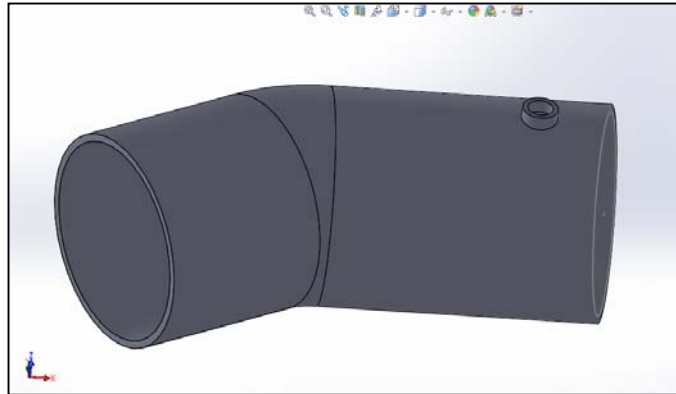


Figura 61 Conducto de admisión hacia el cuerpo de aceleración

Es indispensable para efectos de visualización dibujar un inyector simulado para saber la disposición del mismo en el nuevo componente.

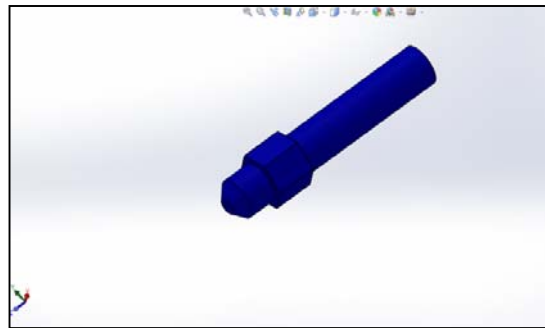


Figura 62 Inyector de metanol simulado

- Ensamble de elementos diseñados

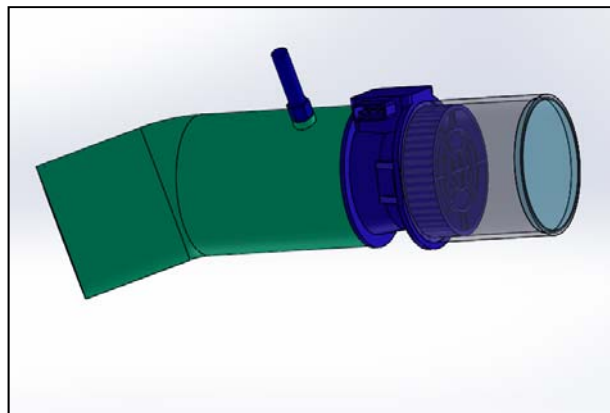


Figura 63 Ensamble de elementos del colector de aire

- Evaluación del diseño

Para evaluar la efectividad del diseño se realiza un análisis de flujo en el cual tomamos en cuenta la depresión del aire al entrar en el sensor lo cual influye en la velocidad de entrada y tomando una velocidad constante del vehículo tendremos una aspiración de aire igualmente a velocidad constante provocando una entrada de flujo laminar de aire al cuerpo de aceleración.

La primera evaluación consiste en analizar únicamente la entrada de aire sin la inyección de metanol para verificar que no se creen obstrucciones en los conductos ni con el choque del aire en el sensor MAF.

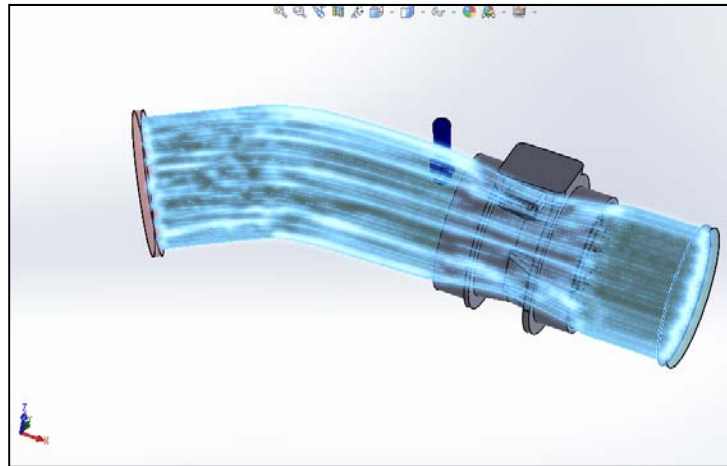


Figura 64 Flujo de aire sin la inyección de metanol

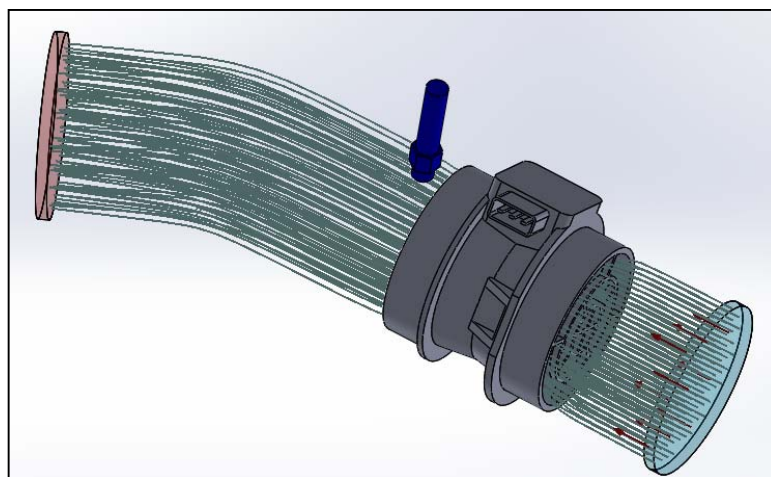


Figura 65 Trayectoria de aire que pasa por el sensor MAF

La evaluación previa muestra que no existe mayor variación de velocidad al momento del impacto del fluido con el sensor y que el flujo de aire se mantiene constante.

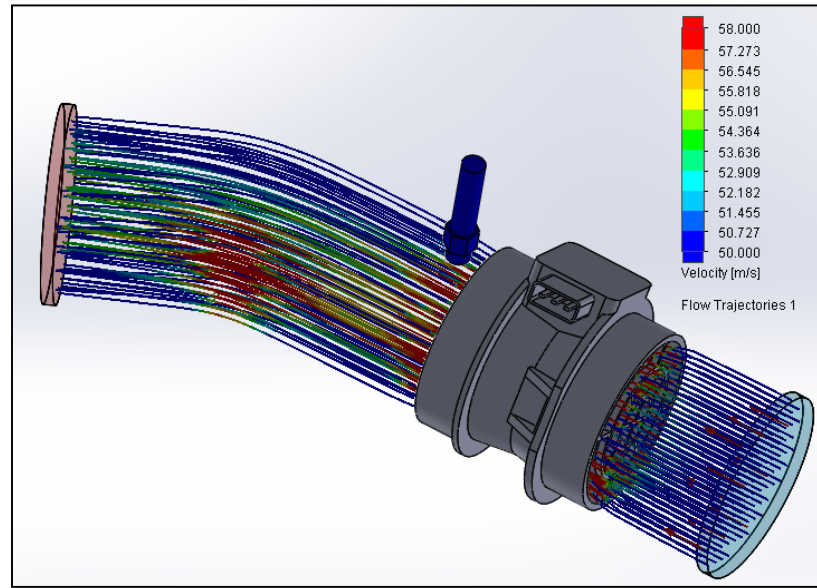


Figura 66 Variación de velocidad del Aire

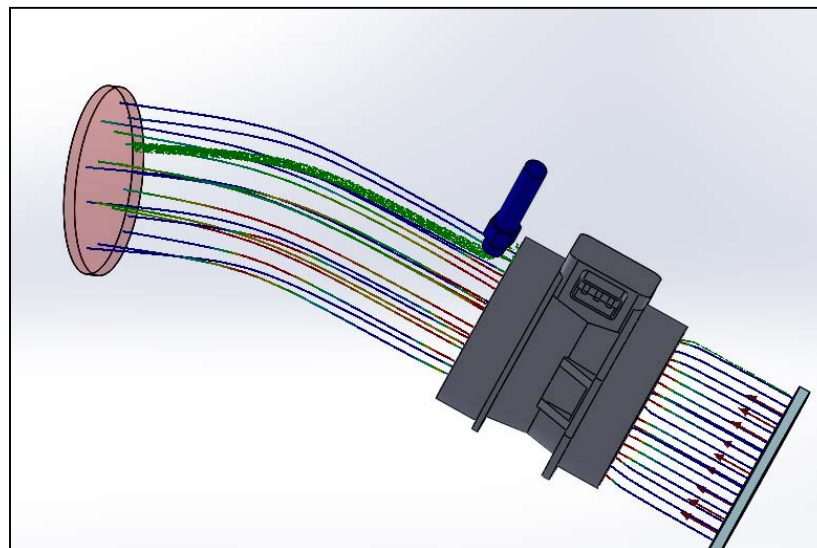


Figura 67 Flujo de aire y metanol

En la ilustración se puede observar la entrada de metanol (fluido de color verde). Para la visualización y debido a la limitación del software no se crea la

trayectoria del fluido en forma de abanico pero se puede observar que el aire que entra arrastra con su velocidad hasta la succión generada al momento de acelerar (hasta el final del conducto que va hacia la mariposa de aceleración), lo que nos lleva a concluir que el diseño previo a la construcción no presenta anomalías al principio de funcionamiento del sistema de colector de aire estándar.

3.2.3. Construcción y mecanizado del colector de aire.

Para la construcción del elemento que se fusionará al sistema de admisión se debe tomar muy en cuenta los parámetros descritos en la fase de diseño, los cuales limitan a esta parte del proyecto a usar materiales que resistan la temperatura y la humedad y en el caso de usar soldadura, eligiendo el cordón del tipo que nos permita hermetizar el componente.



Figura 68 Tubería usada para la fabricación del colector de admisión

Analizando las características que tiene el elemento a construir se crea la necesidad de usar herramientas especiales para hacer dobleces cortos y orificios que no pueden hacerse fácilmente con herramienta convencional.

Para hacer la curvatura del conducto de admisión y al ser un elemento que se acoplará a la medida, es necesario tener en cuenta las medidas exactas para que no se tenga que forzar el acoplamiento del conducto.

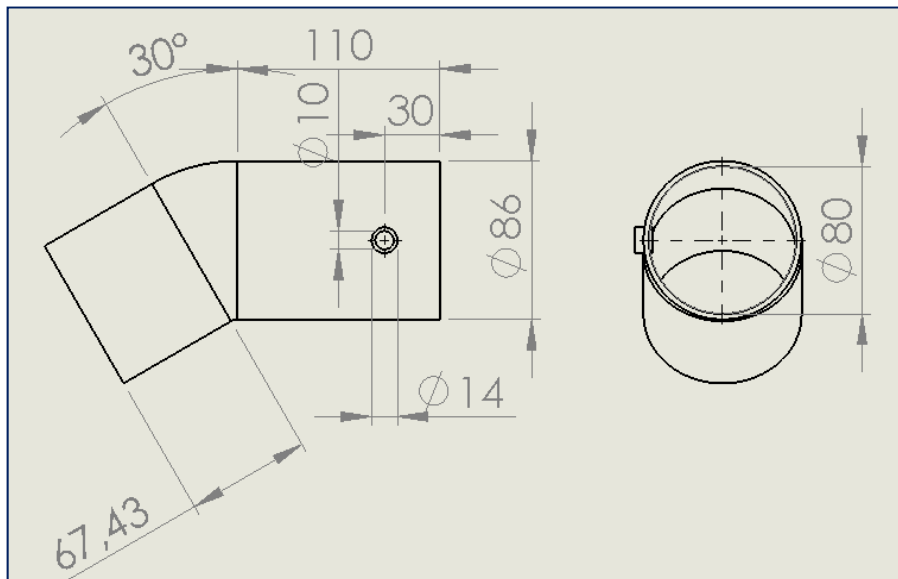


Figura 69 Dimensiones del nuevo conducto de admisión de aire

Para lograr la curvatura en una tubería de tres pulgadas es necesario usar una dobladora para tubos ya sea mecánica o hidráulica, esto con el fin de llegar a tener una curva precisa en el canal de admisión de aire.



Figura 70 Dobladora de tubos



Figura 71 Curvatura del conducto de admisión

El siguiente paso en la fabricación es realizar los cortes y los orificios por donde entrará el metanol y saldrá el aire para una succión del motor. Cada una tiene una fijación para evitar fugas, hecha con cordón de soldadura

El orificio de entrada de metanol tiene que ser roscado internamente para que el inyector se acople perfectamente, esto requiere un machuelo con el paso de la rosca del inyector.



Figura 72 Cortes realizados en la tubería



Figura 73 Suelda del acople para la cañería de succión

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACION DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE METANOL

4.1. Características de fábrica del vehículo Hyundai Santa Fé 2.7L



Figura 74 Vehículo Hyundai Santa Fé 2.7L

Tabla 12

Características de fábrica del vehículo Hyundai Santa Fé

| | |
|--------------------------------|--|
| Marca | Hyundai |
| Modelo | Santa FE |
| Generación | Santa Fe I |
| Motor | 2.7 i V6 24V 4WD (173 Hp) |
| Numero de puertas | 5 |
| Potencia máxima | 173 Hp @ 6000 rpm |
| Velocidad máxima | 182 km/h |
| Aceleración 0-100 km/h | 11.6 s |
| Capacidad depósito | 65 l |
| Año de la puesta en producción | 2000 años |
| tipo Coupe | Jeep |
| Número de plazas | 5 |
| Longitud | 4500 mm. |
| Anchura | 1820 mm. |
| | CONTINUA  |

| | |
|---|-------------------------------------|
| Altura | 1675 mm. |
| Distancia entre ejes | 2620 mm. |
| Vía delantera | 1540 mm. |
| Vía trasera | 1540 mm. |
| Capacidad maletero min. | 469 l |
| Capacidad maletero Max. | 1473 l |
| Posición del motor | Frente, transversalmente |
| Cilindrada -real- | 2667 cm ³ |
| Par máximo | 250/4000 Nm. |
| Sistema de combustible | inyección multipunto |
| Distribución | DOHC |
| Construcción de los cilindros | V motor |
| Número Cilindros | 6 |
| Diámetro del cilindro | 86.7 mm. |
| Recorrido del cilindro | 75 mm. |
| Ratio de compresión | 10 |
| Número de válvulas por cilindro | 4 |
| Combustible | Gasolina |
| Drive | Tracción en las cuatro ruedas (4x4) |
| Número de engranaje (transmisión automática) | 4 |
| Suspensión delantera | Wishbone |
| Suspensión trasera | resorte helicoidal |
| Frenos delanteros | Discos ventilados |
| Frenos traseros | Tambor |
| ABS | sí |
| Dirección, tipo | Cremallera de dirección |
| Dirección asistida | Dirección hidráulica |
| consumo de combustible urbano | 14.9 l/100 km. |
| consumo de combustible extraurbano | 9.4 l/100 km. |
| consumo de combustible combinado | 11.4 l/100 km. |
| Peso en orden de marcha | 1814 kg. |
| Peso máximo admisible | 2380 kg. |
| Tamaño de neumáticos | 225/70 R16 H |

Fuente: www.auto-data.com

4.2. Implementación de elementos y sistemas.

4.2.1. Implementación del colector de aire.

La alimentación de aire estándar del vehículo muestra eliminación de fugas en las conexiones de los conductos con el sensor, depurador y cuerpo de aceleración con el uso abrazaderas, lo cual solicita hermetizar las juntas que se están creando con la reingeniería del sistema de la mejor manera posible para certificar el funcionamiento correcto tanto del motor, así como también el funcionamiento del sistema de inyección de metanol.

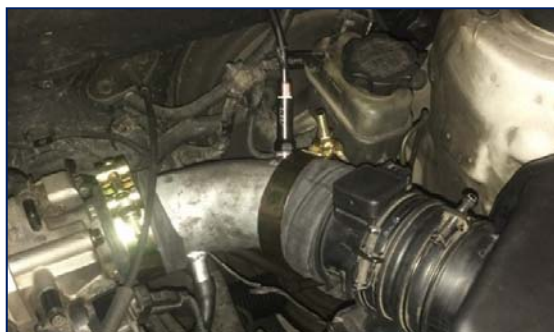


Figura 75 Implementación del conducto de admisión de aire

4.2.2. Implementación del sistema electrónico.

Para implementar el circuito de control es necesario tener una entrada de 12 V, esto con el fin de permitirle el accionamiento del módulo.

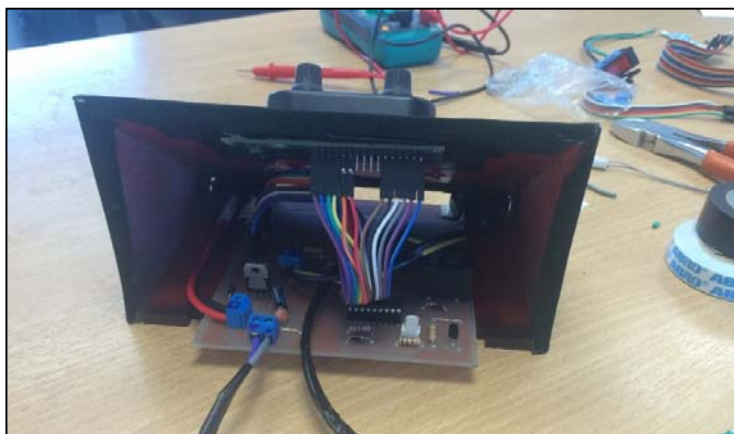


Figura 76 Preparación del circuito del control

Teniendo el circuito preparado se procede a la conexión y comprobación de funcionamiento revisando todos los estados programados.



Figura 77 Implementación del sistema de control de inyección de metanol en el vehículo Hyundai Santa Fé 2.7 L



Figura 78 Comprobación de estados del circuito de control.

Tabla 13**Distribución de cables del sistema de inyección de metanol**

| Pin# | Descripción | Color | Conexión |
|------|-------------------------------|--------------|---|
| 1 | Masa de la bomba | Naranja | Conectar al cable negativo (negro) de la bomba |
| 2 | LED- | Gris | Conectar al cable negativo (negro) del led externo |
| 3 | LED + | Violeta | Conectar al cable positivo (rojo) del led externo |
| 4 | Solenoid (-) | Café/ blanco | No usado |
| 5 | Boost Safe LS | Verde | No usado |
| 6 | Alimentación de la bomba | Rosa | Conectar al cable positivo (rojo) de la bomba |
| 7 | Tierra del sistema | Negro | Conexión a tierra principal, conecte directamente a tierra de la batería. |
| 8 | Sensor de nivel de metanol(+) | Blanco | Conecte al cable blanco del sensor de nivel del depósito de líquidos |
| 9 | Sensor de nivel de metanol(-) | Café | Conectar con el alambre negro del sensor de nivel del depósito de líquidos |
| 10 | Encendido + | Amarillo | Encendido del sistema de inyección. Conectarse a una fuente de 12 V conmutada |
| 11 | Señal de inyección | Azul | Conectarse a la señal externa. (0-5V) , + sensor MAF |
| 12 | Power 12V | Rojo | Conexión de la alimentación principal , conecte directamente al terminal positivo de la batería |

Fuente: AEM electronics Inc.

Para la conexión del cable azul con la señal del sensor es importante identificar cuál de los cables envía la señal hacia la ECM, en este caso el voltaje de este cable estará oscilando entre 0 y 5 Voltios.

El fin de esta conexión es dar inicio a la inyección cuando el sensor MAF empiece a detectar mayor flujo de aire enviando una señal con un voltaje mayor al de ralentí, para este caso es necesario usar un multímetro o un osciloscopio con el fin de registrar el ascenso de voltaje debido a que la

mariposa de aceleración se abre más a medida que pisamos el pedal del acelerador.



Figura 80 Cable de señal (blanco) proveniente del sensor MAF

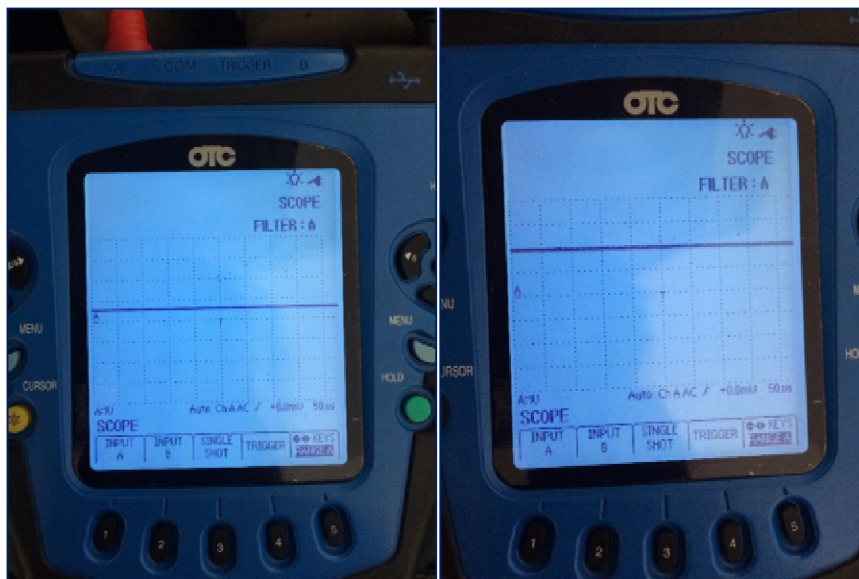


Figura 81 Aumento de voltaje de la señal del sensor MAF en ralentí al aumentar a 3000 rpm

Luego de conocer donde debemos conectar los cables debemos pasar los mismos a través del habitáculo de tal manera que no los podamos ver para no dañar la estética interior del vehículo, teniendo cuidado de no dañar las molduras y no perder los tornillos que aseguran las mismas

Es importante comprobar que las conexiones no topen en algún lugar de la carrocería debido a que está conectada al negativo de la batería, esto puede causar algún cortocircuito y dañar componentes electrónicos del

vehículo, el sistema de inyección de metanol o inclusive ocasionar el apareamiento de fuego dentro del habitáculo.



Figura 82 Paso de cables del sistema de inyección por el tablero de instrumentos del vehículo.

La conexión del módulo es el último paso para completar la implementación del sistema de inyección de metanol y así proceder a las pruebas de funcionamiento y calibración de la inyección.

Previamente a la prueba se debe conectar la bomba y el sensor del depósito de metanol para verificar el funcionamiento tanto de la bomba o como para verificar con el tanque vacío el funcionamiento del sensor de nivel.



Figura 83 Bomba y depósito de metanol

Para la calibración de la inyección resulta indispensable el conocimiento del funcionamiento de las perillas del módulo del sistema de inyección de metanol.

La perilla de la izquierda permite al sistema inyectar a un porcentaje requerido de señal del sensor MAF, es decir 0 V corresponde al 0 por ciento y 5 V al 100 por ciento, para lo cual hay que girar en sentido horario la perilla tomando en cuenta que es mejor tener un retardo para que el sistema no se encuentre inyectando de forma constante, ya que esto puede ocasionar una acumulación en el conducto de admisión y terminar por ahogar el motor y en un caso más extremo dañarlo.

Lo mismo ocurre con la perilla de la derecha, la bomba puede arrojar un fluido a una presión de 200 Psi, pero en este caso va el accionamiento en sentido anti horario, el 100 por ciento corresponde 0 Psi lo que provocara que no se inyecte metanol, y el 0 por ciento equivale a una inyección de 200 Psi.



Figura 84 Boquillas para inyección de del metanol

Fuente: AEM Electronics

Tabla 14

Regulación según la boquilla a usar para la inyección de metanol

| Regulación según la boquilla | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| HP | 5-10 psi Boost | 10-25 psi Boost | 25-+ psi Boost |
| 100 | 80 | 85 | 95 |
| 150 | 75 | 80 | 90 |
| 200 | 70 | 75 | 85 |
| 250 | 65 | 70 | 80 |
| 300 | 60 | 65 | 75 |
| 350 | 55 | 60 | 70 |

Fuente: AEM Electronics

Las boquillas son usadas a manera de difusor, creando un abanico de metanol pulverizado ya que al variar la presión se puede variar la forma del abanico. La intención de boquillas con varios diámetros es la de mantener la perfil de dicho abanico con diferentes valores de presión.



Figura 85 Abanico de metanol

Para un motor de una potencia máxima entre 150 y 200 HP se requiere inyectar una presión equivalente al 20 por ciento de la capacidad de la bomba usando una boquilla para un flujo de metanol de 5-10 psi Boost, quiere decir aprovecha 40 psi de la bomba.



Figura 86 Modulo del sistema de inyección de metanol.

Luego de la verificación de funcionamiento respectiva, hay que colocar el inyector en el sistema de admisión de aire del vehículo ya previamente modificado y evaluar el automotor de tal manera que no exista ningún síntoma de ahogamiento, de ocurrir esto, disminuir la presión de metanol con la que se está inyectando hasta que se sienta un funcionamiento estable del motor.

4.3. Evaluación del sistema de inyección de metanol.

4.3.1. Análisis de consumo y rendimiento de metanol mediante el sistema implementado.

Antes de empezar a evaluar los parámetros de potencia, consumo de combustible y gases de escape, es de fundamental importancia saber la duración del metanol pulverizado de manera constante en el motor con la finalidad de tener un estimado de consumo en kilómetros recorridos por el vehículo.

Este valor de consumo nos permite estimar a futuro cuanto es el ahorro del combustible y evaluar la efectividad del sistema.

Para efectos investigativos es necesario plantearse ciertas limitaciones con la finalidad de encontrar los valores de consumo de metanol requeridos en relación a un cierto número de Kilómetros que se han recorrido con el vehículo y la capacidad del tanque de almacenamiento de metanol alojado en el automotor.

Teniendo en cuenta que la capacidad del tanque de almacenamiento de metanol es un galón (1Gal), y que la inyección del mismo es continua siempre y cuando sensor MAF entregue al módulo de inyección del sistema valores de voltaje que estén entre los 2 y 5 V, descartando la entrega de metanol en la posición de ralentí; podemos obtener un estimado de consumo al conducir el vehículo hasta que el indicador de nivel acoplado al módulo de control de inyección, indique que ya no existe metanol en el depósito tomando en cuenta que la irrigación de metanol está controlada al veinte por ciento de la capacidad de la bomba.



Figura 87 Kilómetros recorridos con un galón de metanol

Como resultado se obtiene que un galón de fluido en el tanque de almacenamiento de metanol inyectado continuamente se consume al recorrer 541,1 Km bajo un trayecto mixto (carretera/ciudad)

Tabla 15

Datos de consumo de metanol

| Consumo de metanol | |
|---------------------------|----------|
| USD/galón | \$ 1,35 |
| Galones | 1 |
| Km recorridos | 544,1 |
| km/gal | 544,1 |
| km/L | 143,73 |
| USD/Km | \$ 0,002 |

4.3.2. Obtención de parámetros de rendimiento

a. Requisitos para la evaluación de rendimiento.

Mediante el uso de un dinamómetro de rodillos se procede a la obtención de las curvas de potencia normal, a la rueda, motor, y m y evaluar la potencia obtenida con la implementación del sistema de inyección de metanol.

Principalmente para la prueba es necesario tomar las medidas de seguridad adecuadas para evitar cualquier percance y asegurarse que el vehículo esté sujeto y anclado correctamente con el fin de eliminar cualquier salida del vehículo fuera del dinamómetro.

A continuación se presentan las medidas preventivas de seguridad que se consideran para realizar y que deben ser adoptadas tanto por las personas que realizan la prueba, así como también por aquellas personas que se encuentren de observadores dentro de las inmediaciones donde se realice el ensayo:

Antes de la prueba

- Usar equipo de protección (casco, gafas)
- Colocar el medidor de temperatura del motor
- Colocar eliminadores de gases en el escape del vehículo
- Anclar el vehículo a los soportes inferiores colocados en la fosa.
- Colocar el freno de mano antes de empezar el freno de mano.
- Permanecer en la zona de seguridad asignada en el caso de asistir al ensayo, sin acercarse al banco de rodillos, y peor aún ingresar a la fosa
- Encerar el vehículo según las condiciones de carga del sistema de medición

Después de la prueba

- No frenar en ninguna ocasión ya que el banco de medición posee un sistema para detener el giro de los rodillos y de los neumáticos progresivamente.
- Observar la temperatura del vehículo en el caso de requerir otra prueba.

b. Limitaciones

Al poseer el vehículo transmisión automática, la medición se limita a partir de las 3000 RPM, debido a que el módulo electrónico de la transmisión detecta que no existe movimiento de las ruedas traseras, activando la protección programada por el fabricante, por lo que no se puede incrementar las revoluciones, protegiendo así al motor y a la transmisión.

Esta barrera nos permite encontrar una potencia que no se acerca a la máxima otorgada por el vehículo, pero se puede establecer la diferencia de potencia probando al automotor y obteniendo los datos correspondientes a este parámetro de rendimiento al usar la admisión de aire estándar y con el uso del sistema de inyección de metanol.

- c. Curvas de rendimiento sin el uso del sistema de inyección de metanol.

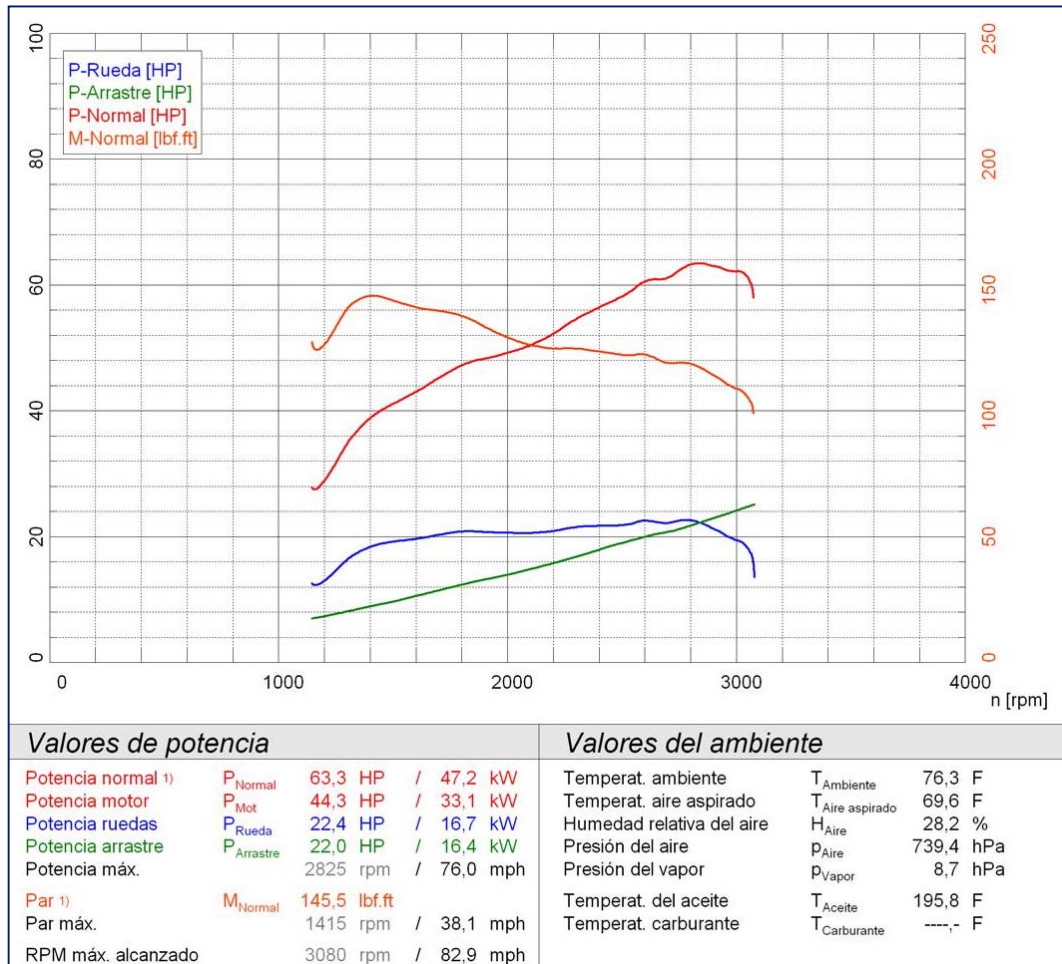


Figura 88 Curvas obtenidas mediante la prueba de potencia sin la aplicación de metanol

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

Tabla 16

Valores mediante obtenidas mediante la prueba de potencia sin la aplicación de metanol

| Revoluciones | Velocidad | Potencia Rueda | Potencia Motor | Potencia normal | Momento Normal |
|--------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| [rpm] | [mph] | [HP] | [HP] | [HP] | [lbf.ft] |
| 1200 | 32,30 | 12,90 | 20,20 | 28,80 | 126,10 |
| 1300 | 35,00 | 16,30 | 24,30 | 34,70 | 140,40 |
| 1400 | 37,70 | 18,30 | 27,10 | 38,80 | 145,40 |
| 1500 | 40,30 | 19,10 | 28,70 | 41,00 | 143,70 |
| 1600 | 43,00 | 19,60 | 30,10 | 42,90 | 141,00 |
| 1700 | 45,70 | 20,20 | 31,60 | 45,10 | 139,50 |
| 1800 | 48,40 | 20,70 | 33,00 | 47,10 | 137,50 |
| 1900 | 51,10 | 20,60 | 33,70 | 48,20 | 133,20 |
| 2000 | 53,80 | 20,50 | 34,40 | 49,10 | 129,00 |
| 2100 | 56,50 | 20,50 | 35,30 | 50,30 | 125,90 |
| 2200 | 59,20 | 20,80 | 36,50 | 52,10 | 124,50 |
| 2300 | 61,90 | 21,40 | 38,20 | 54,50 | 124,50 |
| 2400 | 64,60 | 21,60 | 39,50 | 56,40 | 123,40 |
| 2500 | 67,20 | 21,70 | 40,70 | 58,00 | 121,90 |
| 2600 | 69,90 | 22,40 | 42,40 | 60,50 | 122,10 |
| 2700 | 72,60 | 22,10 | 42,80 | 61,10 | 118,80 |
| 2800 | 75,30 | 22,50 | 44,20 | 63,10 | 118,40 |
| 2900 | 78,00 | 21,20 | 44,10 | 62,90 | 114,00 |
| 3000 | 80,70 | 19,40 | 43,50 | 62,10 | 108,70 |
| Valor Máximo | 80,7 | 22,5 | 44,2 | 63,1 | 145,4 |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

- d. Curvas de rendimiento con el uso del sistema de inyección de metanol.

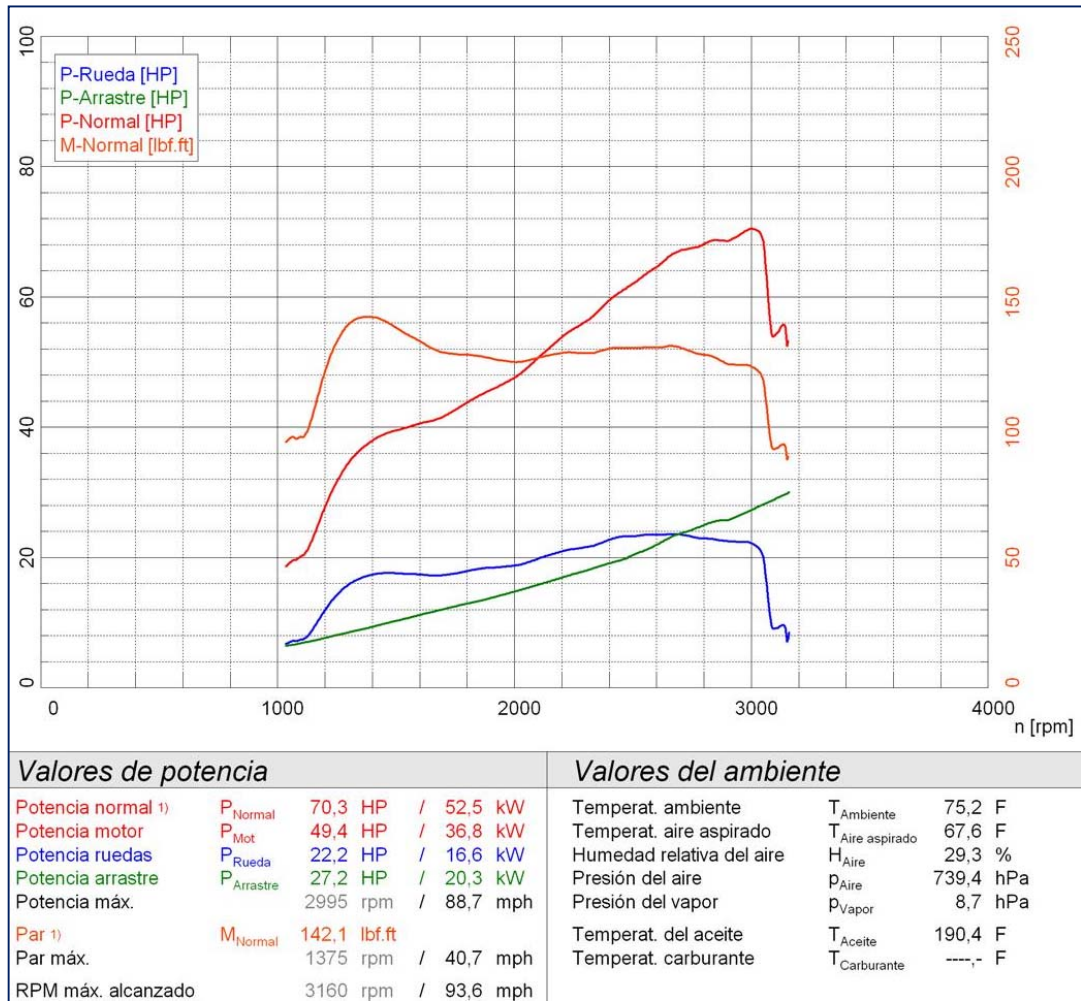


Figura 89 Curvas obtenidas mediante la prueba de potencia con la aplicación de metanol

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

Tabla 17

Valores mediante obtenidas mediante la prueba de potencia sin la aplicación de metanol

| Revoluciones | Velocidad | Potencia Rueda | Potencia Motor | Potencia normal | Momento Normal |
|--------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| [rpm] | [mph] | [HP] | [HP] | [HP] | [lbf.ft] |
| 1200 | 35,50 | 11,80 | 19,40 | 27,70 | 121,10 |
| 1300 | 38,50 | 15,80 | 24,20 | 34,50 | 139,30 |
| 1400 | 41,40 | 17,30 | 26,60 | 37,80 | 141,90 |
| 1500 | 44,40 | 17,50 | 27,70 | 39,40 | 138,00 |
| 1600 | 47,40 | 17,30 | 28,40 | 40,50 | 132,90 |
| 1700 | 50,30 | 17,20 | 29,20 | 41,60 | 128,40 |
| 1800 | 53,30 | 17,80 | 30,70 | 43,70 | 127,50 |
| 1900 | 56,20 | 18,40 | 32,10 | 45,70 | 126,20 |
| 2000 | 59,20 | 18,70 | 33,30 | 47,50 | 124,70 |
| 2100 | 62,20 | 19,70 | 35,50 | 50,50 | 126,40 |
| 2200 | 65,10 | 20,90 | 37,70 | 53,70 | 128,20 |
| 2300 | 68,10 | 21,50 | 39,40 | 56,10 | 128,10 |
| 2400 | 71,10 | 22,70 | 41,70 | 59,40 | 130,00 |
| 2500 | 74,00 | 23,20 | 43,50 | 61,90 | 130,10 |
| 2600 | 77,00 | 23,40 | 45,30 | 64,50 | 130,30 |
| 2700 | 79,90 | 23,40 | 47,10 | 67,00 | 130,40 |
| 2800 | 82,90 | 22,90 | 47,80 | 68,00 | 127,60 |
| 2900 | 85,90 | 22,40 | 48,10 | 68,50 | 124,00 |
| 3000 | 88,80 | 22,10 | 49,40 | 70,30 | 123,10 |
| Valor Máximo | 88,80 | 23,40 | 49,4 | 70,3 | 141,9 |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

4.3.3. Obtención de concentraciones de gases de combustión.

La estimación de gases está sujeta a las normas de gestión ambiental contempladas en el Instituto Ecuatoriano de Normalización “INEN” en la siguiente norma:

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.

Al no existir una normativa para el proceso de una prueba dinámica se toma los parámetros de seguridad de la norma NTE INEN 2203:2000 con la finalidad de precautelar la integridad de los ensayistas y para que los parámetros de medición sean precisos; la prueba dinámica consiste en analizar cinco factores simultáneamente HC , CO , CO_2 , O_2 , NO , NO_2 , NOx .

Estos valores obtienen mediante la aplicación de una carga que debe ser superada por el vehículo, dicha carga es simulada por el dinamómetro de rodillos.

El fin de simular una carga es evaluar la emisión de gases con el motor en marcha bajo un régimen de revoluciones mayor al de marcha mínima asemejando a una condición de manejo real en ciudad y esto se lo hace hasta 20 millas o 40 millas según el ensayo 2525 y 5015 respectivamente.

a. Equipos

El equipo para el ensayo debe tener las siguientes características según la norma NTE INEN 2203:2000

- Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de auto calibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

- Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido
- Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor
- El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

b. Procedimiento de medición

Se adopta el procedimiento de medición de gases según la norma NTE INEN 2203:2000 y la norma de ensayos ASM 2525 y ASM

b.1. Condiciones anteriores a la prueba

Condiciones de la norma NTE INEN 2203:2000

- Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.
- Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.
- Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).
- Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.
- Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

- Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral anterior la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas.
- Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.
- Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

b.2. Condiciones ASM 2525 y ASM 5015

- Caracterizar el vehículo dependiendo de su tipo y según el número de cilindros que tiene el motor.
- Establecer las condiciones ambientales del lugar de la prueba
- Encerar el sistema para que pueda realizar la prueba con el mínimo margen de error
- Los frenos no tienen que ser aplicados para la prueba
- Respetar el tiempo establecido y de medición de datos obtenidos para la prueba

b.3. Medición

- Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o “ralentí”. En el caso de la prueba dinámica las revoluciones son registradas con la medición del giro de los rodillos del dinamómetro.
- Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o “ralentí”, introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.
- Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.
- Registrar la carga a romper con el movimiento de las ruedas del vehículo en el sistema.

- Proceder calibrar el sistema análisis con el vehículo para comprobar que la carga generada por el dinamómetro es la correcta y mantener bajo condiciones de velocidad de 25 millas por hora y 15 millas por hora establecidas para los ensayos ASM 2525 y 5015 respectivamente por un tiempo mínimo de 5 segundos de continuidad de velocidad constante.
- Luego de encerar, por el tiempo de 90 segundos registrar los valores de emisiones a la velocidad de 25 millas por hora para el ensayo ASM 2525 y de 15 millas por hora para el ensayo ASM 5015.
- Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.
- Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

c. Limitaciones.

Al ser el vehículo de transmisión automática se encuentra la limitación de no controlar manualmente las marchas y las revoluciones del motor; para vencer la carga y mantener una velocidad requerida, es necesario estar en una marcha baja, y mediante la ayuda de la opción presentada por la transmisión para simular un cambio manual mediante el sistema Triptronic, se puede mantener dichas condiciones por unos instantes, tomando en cuenta que, al igual que lo ocurrido con la lectura de los parámetros de potencia, está restringido por el módulo de control de la transmisión aumentar las revoluciones cuando están bloqueada las ruedas traseras por motivos de seguridad.

d. Lectura de gases residuales dinámica sin el uso del sistema de inyección de metanol.

d.1. Ensayo ASM 2525 sin metanol

Tabla 18

Condiciones de ensayo ASM 2525 sin el uso de metanol

| | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------|
| Fecha | 20150925 | |
| Hora | 11:18 | |
| Tipo de vehículo | HYUNDAI SANTA FE XBU0635 | |
| Matrícula | KMHSB81DP4U566117 | |
| Probador | D.LINCANGO | |
| Comentario | 2525 | 25 MPH |
| Comentario | 2DA MARCHA | CARGA :1630 N |
| Comentario | Solo gasolina | |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

Tabla 19

**Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM
2525 sin el uso de metanol**

| t [s] | CO | CO2 | HC | O2 | NOx | Lambda |
|----------|----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| [s] | [% vol] | [% vol] | [ppm vol] | [% vol] | [ppm vol] | [] |
| 0 | 0,13 | 12,7 | 56 | 0,09 | 28 | 0,997 |
| 0,859 | 0,12 | 12,7 | 56 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 1,859 | 0,12 | 12,7 | 56 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 2,859 | 0,12 | 12,7 | 55 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 3,859 | 0,12 | 12,7 | 55 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 4,859 | 0,12 | 12,7 | 54 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 5,859 | 0,12 | 12,7 | 53 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 6,859 | 0,13 | 12,7 | 53 | 0,09 | 29 | 0,998 |
| 7,859 | 0,13 | 12,7 | 53 | 0,09 | 28 | 0,998 |
| 8,859 | 0,18 | 12,7 | 53 | 0,09 | 27 | 0,996 |
| 9,859 | 0,27 | 12,7 | 53 | 0,09 | 27 | 0,993 |
| 10,859 | 0,41 | 12,7 | 53 | 0,09 | 46 | 0,988 |
| 11,859 | 0,41 | 12,5 | 52 | 0,09 | 52 | 0,988 |
| 12,859 | 0,53 | 12,5 | 52 | 0,09 | 53 | 0,984 |
| 13,859 | 0,51 | 12,5 | 52 | 0,09 | 45 | 0,985 |
| 14,859 | 0,48 | 12,5 | 52 | 0,09 | 34 | 0,986 |
| 15,859 | 0,39 | 12,5 | 50 | 0,09 | 31 | 0,989 |
| 16,859 | 0,31 | 12,5 | 50 | 0,09 | 27 | 0,992 |
| 17,859 | 0,31 | 12,5 | 50 | 0,09 | 27 | 0,992 |
| 18,859 | 0,24 | 12,5 | 50 | 0,09 | 36 | 0,994 |
| 19,859 | 0,19 | 12,5 | 50 | 0,09 | 50 | 0,996 |
| 20,846 | 0,15 | 12,5 | 50 | 0,09 | 52 | 0,997 |
| 21,846 | 0,14 | 12,5 | 50 | 0,09 | 52 | 0,997 |
| 22,846 | 0,14 | 12,5 | 49 | 0,09 | 45 | 0,997 |
| 23,846 | 0,14 | 12,5 | 50 | 0,09 | 43 | 0,997 |
| 24,846 | 0,13 | 12,5 | 50 | 0,09 | 42 | 0,998 |
| 25,846 | 0,13 | 12,5 | 50 | 0,09 | 41 | 0,998 |
| 26,846 | 0,15 | 12,5 | 49 | 0,09 | 41 | 0,997 |
| 27,846 | 0,15 | 12,5 | 49 | 0,09 | 43 | 0,997 |
| 28,846 | 0,13 | 12,5 | 49 | 0,09 | 65 | 0,998 |
| 29,846 | 0,13 | 12,5 | 49 | 0,09 | 68 | 0,998 |
| 30,846 | 0,13 | 12,5 | 48 | 0,09 | 68 | 0,998 |
| PROMEDIO | 0,214375 | 12,575 | 51,59375 | 0,09 | 39,8125 | 33 |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

d.2. Ensayo ASM 5015 sin metanol

Tabla 20**Condiciones de ensayo ASM 5015 sin el uso de metanol**

| | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------|
| Fecha | 20150925 | |
| Hora | 11:14 | |
| Tipo de vehículo | HYUNDAI SANTA FE XBU0635 | |
| Matrícula | KMHSB81DP4U566117 | |
| Probador | D.LINCANGO | |
| Comentario | 5015 | 15 MPH |
| Comentario | 2DA MARCHA | CARGA :1630 N |
| Comentario | Solo gasolina | |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

Tabla 21

**Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM
5015 sin el uso de metanol**

| t [s] | CO | CO2 | HC | O2 | NOx | Lambda |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| [s] | [% vol] | [% vol] | [ppm vol] | [% vol] | [ppm vol] | [] |
| 0 | 2,75 | 11 | 214 | 0,07 | 109 | 0,904 |
| 0,813 | 2,75 | 11 | 214 | 0,07 | 109 | 0,904 |
| 1,813 | 2,75 | 11 | 214 | 0,07 | 108 | 0,905 |
| 2,813 | 2,75 | 11 | 214 | 0,07 | 108 | 0,905 |
| 3,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 108 | 0,903 |
| 4,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 107 | 0,903 |
| 5,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 105 | 0,903 |
| 6,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 105 | 0,903 |
| 7,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 105 | 0,903 |
| 8,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 105 | 0,903 |
| 9,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,07 | 105 | 0,903 |
| 10,813 | 2,8 | 11 | 214 | 0,06 | 105 | 0,902 |
| 11,813 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 105 | 0,902 |
| 12,813 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 105 | 0,902 |
| 13,813 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 104 | 0,902 |
| 14,813 | 2,81 | 11 | 213 | 0,06 | 104 | 0,902 |
| 15,813 | 2,81 | 10,9 | 213 | 0,06 | 104 | 0,902 |
| 16,813 | 2,81 | 10,9 | 214 | 0,06 | 104 | 0,902 |
| 17,813 | 2,81 | 10,9 | 214 | 0,06 | 104 | 0,902 |
| 18,813 | 2,81 | 10,9 | 214 | 0,06 | 103 | 0,901 |
| 19,813 | 2,81 | 10,9 | 214 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 20,813 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 21,813 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 22,815 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 23,815 | 2,81 | 11 | 214 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 24,815 | 2,81 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 25,815 | 2,81 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 26,815 | 2,83 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,902 |
| 27,815 | 2,83 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,901 |
| 28,815 | 2,83 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,901 |
| 29,815 | 2,84 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,901 |
| 30,815 | 2,84 | 11 | 213 | 0,06 | 103 | 0,901 |
| Promedio | 2,80375 | 10,984375 | 213,71875 | 0,0634375 | 104,625 | 0,902375 |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

e. Lectura de gases residuales dinámica con el uso del sistema de inyección de metanol.

e.1. Ensayo ASM 2525 con metanol

Tabla 22

Condiciones de ensayo ASM 2525 con el uso de metanol

| | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------|
| Fecha | 20150925 | |
| Hora | 10:51 | |
| Tipo de vehículo | HYUNDAI SANTA FE XBU0635 | |
| Matrícula | KMHSB81DP4U566117 | |
| Probador | D.LINCANGO | |
| Comentario | 2525 | 25 MPH |
| Comentario | 2DA MARCHA | CARGA :1630 N |
| Comentario | INYECCION DE METANOL | |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

Tabla 23

**Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM
2525 con el uso de metanol**

| t [s] | CO | CO2 | HC | O2 | NOx | Lambda |
|----------|-----------|---------|------------|---------|-----------|------------|
| [s] | [% vol] | [% vol] | [ppm vol] | [% vol] | [ppm vol] | [] |
| 0 | 3,71 | 10,2 | 2850 | 0,33 | 13 | 0,796 |
| 0,859 | 3,77 | 10,2 | 2660 | 0,33 | 13 | 0,801 |
| 1,86 | 3,79 | 10,2 | 2220 | 0,27 | 13 | 0,811 |
| 2,86 | 3,78 | 10,4 | 1813 | 0,22 | 13 | 0,825 |
| 3,86 | 3,71 | 10,4 | 1813 | 0,18 | 17 | 0,835 |
| 4,86 | 3,64 | 10,4 | 1348 | 0,14 | 20 | 0,84 |
| 5,86 | 3,9 | 10,4 | 1348 | 0,13 | 21 | 0,834 |
| 6,86 | 4,06 | 10,2 | 1461 | 0,13 | 21 | 0,824 |
| 7,86 | 4,12 | 10,2 | 1779 | 0,13 | 21 | 0,813 |
| 8,86 | 4,12 | 10,2 | 2045 | 0,13 | 17 | 0,804 |
| 9,86 | 4,12 | 10,2 | 2109 | 0,13 | 16 | 0,802 |
| 10,86 | 4,34 | 10,1 | 2049 | 0,13 | 13 | 0,799 |
| 11,86 | 4,38 | 10,1 | 2049 | 0,13 | 12 | 0,798 |
| 12,86 | 4,24 | 10 | 2107 | 0,13 | 12 | 0,798 |
| 13,86 | 4,12 | 10 | 2221 | 0,13 | 12 | 0,796 |
| 14,86 | 4,12 | 10 | 2234 | 0,13 | 11 | 0,796 |
| 15,86 | 4,12 | 10 | 2215 | 0,13 | 11 | 0,796 |
| 16,86 | 4,11 | 10,1 | 2214 | 0,13 | 10 | 0,797 |
| 17,86 | 4,08 | 10 | 2214 | 0,13 | 10 | 0,798 |
| 18,86 | 4,07 | 10 | 2253 | 0,13 | 10 | 0,797 |
| 19,86 | 4,27 | 10 | 2208 | 0,13 | 10 | 0,795 |
| 20,86 | 4,44 | 10 | 2048 | 0,13 | 10 | 0,796 |
| 21,86 | 4,44 | 10 | 1873 | 0,13 | 10 | 0,802 |
| 22,86 | 4,72 | 9,9 | 1693 | 0,13 | 10 | 0,8 |
| 23,86 | 4,91 | 9,8 | 1693 | 0,12 | 10 | 0,796 |
| 24,86 | 4,91 | 9,8 | 1640 | 0,12 | 10 | 0,797 |
| 25,86 | 4,91 | 9,8 | 1641 | 0,12 | 10 | 0,797 |
| 26,86 | 4,97 | 9,6 | 1747 | 0,12 | 10 | 0,79 |
| 27,86 | 4,97 | 9,6 | 1948 | 0,15 | 10 | 0,785 |
| 28,86 | 4,84 | 9,6 | 2244 | 0,2 | 10 | 0,78 |
| 29,86 | 4,51 | 9,6 | 2244 | 0,2 | 10 | 0,786 |
| 30,86 | 4,34 | 9,8 | 2382 | 0,2 | 10 | 0,787 |
| Promedio | 4,2665625 | 10,025 | 2011,34375 | 0,1575 | 12,6875 | 0,80221875 |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

e.2. Ensayo ASM 5015 con metanol

Tabla 24

Condiciones de ensayo ASM 5015 con el uso de metanol

| | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------|
| Fecha | 20150925 | |
| Hora | 10:39 | |
| Tipo de vehículo | HYUNDAI SANTA FE XBU0635 | |
| Matrícula | KMHSB81DP4U566117 | |
| Probador | D.LINCANGO | |
| Comentario | 5015 | 15 MPH |
| Comentario | 2DA MARCHA | CARGA :1630 N |
| Comentario | INYECCION DE METANOL | |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

Tabla 25

Resultados obtenidos del ensayo dinámico de emisión de gases ASM 5015 con el uso de metanol

| t [s] | CO | CO2 | HC | O2 | NOx | Lambda |
|-----------------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|------------|
| [s] | [% vol] | [% vol] | [ppm vol] | [% vol] | [ppm vol] | [] |
| 0 | 4 | 10,4 | 826 | 0,19 | 73 | 0,852 |
| 0,875 | 4 | 10,4 | 818 | 0,19 | 77 | 0,852 |
| 1,875 | 4,31 | 10 | 935 | 0,19 | 78 | 0,837 |
| 2,875 | 4,61 | 9,9 | 935 | 0,19 | 78 | 0,83 |
| 3,875 | 4,53 | 9,9 | 1041 | 0,25 | 76 | 0,831 |
| 4,875 | 4,12 | 9,9 | 995 | 0,26 | 71 | 0,842 |
| 5,875 | 3,7 | 10,3 | 897 | 0,26 | 70 | 0,859 |
| 6,875 | 3,69 | 10,4 | 814 | 0,24 | 69 | 0,862 |
| 7,875 | 3,7 | 10,4 | 828 | 0,2 | 69 | 0,859 |
| 8,875 | 4,13 | 10 | 828 | 0,19 | 69 | 0,845 |
| 9,875 | 4,32 | 10 | 1138 | 0,22 | 69 | 0,831 |
| 10,875 | 4,33 | 10 | 1463 | 0,3 | 61 | 0,824 |
| 11,875 | 4,06 | 10 | 1456 | 0,34 | 53 | 0,831 |
| 12,875 | 4,05 | 10,3 | 1238 | 0,34 | 51 | 0,843 |
| 13,876 | 3,52 | 10,6 | 1045 | 0,28 | 50 | 0,861 |
| 14,876 | 3,24 | 10,7 | 1045 | 0,22 | 50 | 0,866 |
| 15,878 | 3,57 | 10,7 | 958 | 0,18 | 52 | 0,859 |
| 16,878 | 3,75 | 10,7 | 1344 | 0,18 | 53 | 0,842 |
| 17,878 | 3,87 | 10,3 | 2134 | 0,22 | 49 | 0,812 |
| 18,878 | 3,87 | 10,3 | 2392 | 0,28 | 43 | 0,806 |
| 19,878 | 3,81 | 10,3 | 2043 | 0,3 | 39 | 0,819 |
| 20,878 | 3,42 | 10,6 | 2043 | 0,3 | 37 | 0,831 |
| 21,878 | 3,02 | 10,9 | 1612 | 0,23 | 37 | 0,853 |
| 22,878 | 2,75 | 10,9 | 1298 | 0,19 | 37 | 0,869 |
| 23,878 | 3,03 | 11,1 | 1090 | 0,15 | 42 | 0,869 |
| 24,878 | 3,03 | 10,9 | 1075 | 0,13 | 47 | 0,867 |
| 25,878 | 3,81 | 10,4 | 1513 | 0,12 | 51 | 0,83 |
| 26,878 | 4,17 | 10 | 1513 | 0,12 | 50 | 0,817 |
| 27,878 | 4,3 | 9,9 | 2118 | 0,17 | 44 | 0,797 |
| 28,878 | 4,02 | 9,9 | 2164 | 0,19 | 40 | 0,802 |
| 29,878 | 3,52 | 10,2 | 1801 | 0,19 | 40 | 0,826 |
| 30,878 | 3,51 | 10,6 | 1450 | 0,19 | 40 | 0,843 |
| Promedio | 3,805 | 10,340625 | 1339,0625 | 0,21875 | 55,15625 | 0,83959375 |

Fuente: Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)

- f. Cálculo de emisión de gases residuales por kilómetro recorrido
- f.1. Cálculo de concentración de CO_2/km para el vehículo Hyundai Santa fé 2.7L V6

Para empezar consideramos el factor de CO_2 para el consumo de combustible

$$FCO_2 = 2380 \frac{grCO_2}{l \text{ combustible}}$$

Determinamos los gramos de CO_2 por kilómetro recorrido del automotor

$$\frac{grCO_2}{km} = FCO_2 * consumo \text{ de combustible}(cc)$$

Tomamos en cuenta los valores obtenidos mediante la prueba de ruta.

Tabla 26

Datos de consumo de combustible del vehículo Hyundai Santa Fé 2.7 L 2004

| CONSUMO DE COMBUSTIBLE | | | | | | |
|------------------------|-------|---------|--------|------------|-------|------------|
| | KM | GALONES | LITROS | m3 | L/KM | m3/km |
| SIN METANOL(A) | 201,6 | 12,384 | 46,879 | 0,04687852 | 0,233 | 0,00023253 |
| CON METANOL(B) | 201,6 | 11,597 | 43,899 | 0,0438994 | 0,218 | 0,00021775 |

Gramos de CO_2 por kilómetro recorrido con metanol.

$$\frac{grCO_{2(A)}}{km} = 2380 \frac{grCO_2}{l \text{ combustible}} * 0.23253 \frac{\text{litros}}{km} = 553.43 \frac{gr}{km}$$

Gramos de CO_2 por kilómetro recorrido sin metanol.

$$\frac{grCO_{2(B)}}{km} = 2380 \frac{grCO_2}{l \text{ combustible}} * 0.21775 \frac{\text{litros}}{km} = 518.26 \frac{gr}{km}$$

El vehículo en promedio genera $553.43 \frac{gr}{km}$ de CO_2 con el uso de metanol y $518.26 \frac{gr}{km}$ sin la aplicación de metanol

f.2. Cálculo de concentración de CO_2 , HC y NOx

Obtenemos las concentraciones de gramo por kilómetro de CO_2 , HC y NOx para los valores de emisiones obtenidos durante la prueba ASM 5015, que se detallan a continuación:

Tabla 27

Resultados de gases residuales obtenidos con la prueba ASM 5015

| ASM 5015 | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| | Con metanol (A) | Sin metanol (B) | Unidad |
| CO | 3,805 | 2,804 | [% vol] |
| CO2 | 10,341 | 10,984 | [% vol] |
| HC | 1339,063 | 213,719 | [ppm vol] |
| O2 | 0,219 | 0,063 | [% vol] |
| NOx | 55,156 | 104,625 | [ppm vol] |
| Lambda | 0,840 | 0,902 | valor adimensional |

Concentración de CO con metanol (A)

$$RCO_{(A)} = \frac{\%CO_{(A)}}{\%CO_{2(A)}} = \frac{3.805}{10.341} = 0.368$$

Concentración de CO sin metanol (B)

$$RCO_{(B)} = \frac{\%CO_{(B)}}{\%CO_{2(B)}} = \frac{2.804}{10.984} = 0.255$$

Concentración de *HC* con metanol (A)

$$RHC_{(A)} = \frac{\%HC_{(A)}}{\%CO_{2(A)}} = \frac{1339.063}{10.341} = 129.495$$

Concentración de *HC* sin metanol (B)

$$RHC_{(B)} = \frac{\%HC_{(B)}}{\%CO_{2(B)}} = \frac{213.794}{10.984} = 19.457$$

Concentración de *NOx* con metanol (A)

$$RNO_{X(A)} = \frac{\%NO_{X(A)}}{\%CO_{2(A)}} = \frac{55.156}{10.341} = 5.334$$

Concentración de *NOx* sin metanol (B)

$$RNO_{X(B)} = \frac{\%NO_{X(B)}}{\%CO_{2(B)}} = \frac{104.625}{10.984} = 9.525$$

De donde sabemos que:

$$a = R_{CO} * d$$

$$c = R_{HC} * d$$

$$f = R_{NOx} * d$$

Siendo *d*:

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1}$$

“*d*” Para el uso con metanol (A)

$$d_{(A)} = \frac{1}{R_{CO(A)} + 3R_{HC(A)} + 1} = \frac{1}{0.368 + 3(129.495) + 1} = 0.00256$$

“*d*” Para el uso sin metanol (B)

$$d_{(B)} = \frac{1}{R_{CO(B)} + 3R_{HC(B)} + 1} = \frac{1}{0.255 + 3(19.457) + 1} = 0.01677$$

Por lo tanto:

Para el uso de con metanol (A)

$$a_{(A)} = R_{CO(A)} * d_{(A)} = 0.368(0.00256) = 0.00094$$

$$c_{(A)} = R_{HC(A)} * d_{(A)} = 129.495(0.00256) = 0.33216$$

$$f_{(A)} = R_{NOx(A)} * d_{(A)} = 5.334(0.00256) = 0.01368$$

Para el uso sin metanol (B)

$$a_{(B)} = R_{CO(B)} * d_{(B)} = 0.255(0.01677) = 0.00428$$

$$c_{(B)} = R_{HC(B)} * d_{(B)} = 0.01677(0.01677) = 0.32632$$

$$f_{(B)} = R_{NOx(B)} * d_{(B)} = 9.525(0.01677) = 0.15975$$

Masas moleculares de los compuestos que intervienen en la combustión

$$mCO = 12 * 1 + 16 * 1 = 28 \frac{gr}{mol}$$

$$mHC = 1 * 1 + 12 * 1 = 13 \frac{gr}{mol}$$

$$mNOx = 14 * 1 + 16 * 1 = 30 \frac{gr}{mol}$$

$$mC_8H_{18} = 12 * 8 + 1 * 18 = 114 \frac{gr}{mol}$$

Relación de masa de gases con respecto al combustible

$$\frac{mCO}{mC_8H_{18}} = \frac{28 \frac{gr}{mol}}{114 \frac{gr}{mol}} = 0.24561$$

$$\frac{mHC}{mC_8H_{18}} = \frac{13 \frac{gr}{mol}}{114 \frac{gr}{mol}} = 0.11404$$

$$\frac{m_{HC}}{m_{C_8H_{18}}} = \frac{30 \frac{gr}{mol}}{114 \frac{gr}{mol}} = 0.26316$$

Por lo tanto se obtienen los siguientes factores

Con el uso de metanol

$$FCO_{(A)} = a_{(A)} * \frac{m_{CO}}{m_{C_8H_{18}}} = 0.00094(0.24561) = 0.000232$$

$$FHC_{(A)} = c_{(A)} * \frac{m_{HC}}{m_{C_8H_{18}}} = 0.33216(0.11404) = 0.037878$$

$$FNOx_{(A)} = f_{(A)} * \frac{m_{NOx}}{m_{C_8H_{18}}} = 0.01368(0.26316) = 0.0036$$

Sin el uso de metanol

$$FCO_{(B)} = a_{(B)} * \frac{m_{CO}}{m_{C_8H_{18}}} = 0.00428(0.24561) = 0.001051$$

$$FHC_{(B)} = c_{(B)} * \frac{m_{HC}}{m_{C_8H_{18}}} = 0.32632(0.11404) = 0.037211$$

$$FNOx_{(B)} = f_{(B)} * \frac{m_{NOx}}{m_{C_8H_{18}}} = 0.15975(0.26316) = 0.042038$$

Para encontrar los gramos de HC , CO y NOx se usa los siguientes consumos de combustible promedio en $\frac{m^3}{km}$

$$SIN METANOL (B) = 0,00023253 \frac{m^3}{km}$$

$$CON METANOL (A) = 0,00021775 \frac{m^3}{km}$$

Hay que tener en cuenta la densidad del combustible, la cual corresponde al siguiente valor

$$\delta comb = 760000 \frac{gr}{m^3}$$

Gramos de CO por kilómetro recorrido

Gramos con el consumo de metanol

$$\begin{aligned} \frac{grCO_{(A)}}{km} &= (FCO_{(A)}) * (\delta comb)(c.c) \\ &= 0.000232 \left(760000 \frac{gr}{m^3} \right) \left(0,00021775 \frac{m^3}{km} \right) = 0.038365 \frac{gr}{km} \end{aligned}$$

Gramos sin el consumo de metanol

$$\begin{aligned} \frac{grCO_{(B)}}{km} &= (FCO_{(B)}) * (\delta comb)(c.c) \\ &= 0.001051 \left(760000 \frac{gr}{m^3} \right) \left(0,00023253 \frac{m^3}{km} \right) = 0.185816 \frac{gr}{km} \end{aligned}$$

Gramos de HC por kilómetro recorrido

Gramos con el consumo de metanol

$$\begin{aligned} \frac{grHC_{(A)}}{km} &= (FHC_{(A)}) * (\delta comb)(c.c) \\ &= 0.037878 \left(760000 \frac{gr}{m^3} \right) \left(0,00021775 \frac{m^3}{km} \right) = 6.2686 \frac{gr}{km} \end{aligned}$$

Gramos sin el consumo de metanol

$$\begin{aligned} \frac{grHC_{(B)}}{km} &= (FHC_{(B)}) * (\delta comb)(c.c) \\ &= 0.037211 \left(760000 \frac{gr}{m^3} \right) \left(0,00023253 \frac{m^3}{km} \right) = 6.1582 \frac{gr}{km} \end{aligned}$$

Gramos de NOx por kilómetro recorrido

Gramos con el consumo de metanol

$$\begin{aligned}\frac{grNOx_{(A)}}{km} &= (FNOx_{(A)}) * (\delta comb)(c.c) \\ &= 0.0036 \left(760000 \frac{gr}{m^3}\right) \left(0,00021775 \frac{m^3}{km}\right) = 0.5986 \frac{gr}{km}\end{aligned}$$

Gramos sin el consumo de metanol

$$\begin{aligned}\frac{grNOx_{(B)}}{km} &= (FNOx_{(B)}) * (\delta comb)(c.c) \\ &= 0.042038 \left(760000 \frac{gr}{m^3}\right) \left(0,00023253 \frac{m^3}{km}\right) = 6.9571 \frac{gr}{km}\end{aligned}$$

4.3.4. Prueba de ruta para análisis de rendimiento de combustible en carretera.

El análisis de un vehículo bajo una prueba de ruta en carretera, es un análisis de campo que consiste en conducir a velocidad moderada y condiciones normales de conducción dentro de un circuito establecido con el fin de recorrer la misma distancia varias veces recolectando datos de consumo de combustible y tiempos de cumplimiento de la trayecto determinada

a. Requisitos previos a la prueba.

Como primer parámetro evaluador se tiene al circuito donde se va a realizar la prueba; dicho circuito debe alojar distintas condiciones de manejo agrupando un tramo en carretera y otro en ciudad.

El conocimiento de los eventos a evaluar implica la revisión previa del funcionamiento del vehículo debido a que existe una implementación destinada para aumento de potencia mediante el ingreso de un fluido, este particular implica la revisión de la hermeticidad en el colector de admisión y depuración de aire con la finalidad de evitar cualquier tipo de fugas tanto de aire como de metanol garantizando la seguridad del ocupante del vehículo.

La conducción debe ser realizada por el mismo piloto durante la duración de la prueba para evaluar bajo las mismas condiciones de manejo, coartando a la persona que conduce el automotor a regirse a los límites de velocidad vigentes en el país, siendo estos: 50 Km/h para ciudad y 90 km/h en carretera.

La evaluación comprende la conducción bajo tres condiciones de tráfico con el fin de diferenciar el consumo de combustible mientras el motor funciona bajo condiciones estándar de aspiración de aire y con la aplicación del sistema de inyección de metanol, esto durante el manejo del vehículo sometido a tráfico alto, medio y liviano.

b. Ruta establecida para la prueba.

El circuito de evaluación está establecido bajo los siguientes parámetros

- Inicio y final del circuito en una estación surtidora de gasolina
- Existencia de un tramo para conducción en ciudad
- Existencia de un tramo para conducción en carretera
- Presencia de tramos de Asfalto/pavimento rígido
- Tramos cortos bajo presencia de empedrado.

La ruta se muestra en el Anexo 5

Adicional, para el desarrollo de la prueba es necesario establecer ciertas limitaciones que permitan obtener datos lo más exactos posibles

El manejo de promedios nos permite tener valores intermedios entre una serie de resultados obtenidos, arrojándonos valores que se encuentran prestos para una comparación estadística.

Con el concepto anterior y estableciendo distintas condiciones de tráfico, se requiere evaluar el consumo de combustible bajo el siguiente itinerario, tomando en cuenta el flujo vehicular de tres días de la semana.

Tabla 28

Itinerario de pruebas de ruta

| Día | Tráfico ligero 20:00 | Tráfico Moderado 14:00 | Tráfico Pesado 18:00 | Fecha |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Semana de evaluación sin el sistema de metanol | | | | |
| Lunes | x | x | x | 06-oct-15 |
| Martes | x | x | x | 07-oct-15 |
| Miércoles | x | x | x | 08-oct-15 |
| Semana de evaluación con el sistema de metanol | | | | |
| Lunes | x | x | x | 13-oct-15 |
| Martes | x | x | x | 14-oct-15 |
| Miércoles | x | x | x | 15-oct-15 |

Para los distintos días evaluados (lunes, martes y miércoles) se obtuvieron los siguientes resultados de consumo

b.1. Prueba de ruta sin el uso del sistema de metanol

Tabla 29

Resultados obtenidos mediante la prueba de ruta en el circuito urbano/carretera bajo distintas condiciones de tráfico en días diferentes de la semana sin el uso del sistema de inyección de metanol.

| PRUEBA DE RUTA SIN EL USO DEL SISTEMA DE INYECCION DE METANOL | | | | | | | |
|---|-----------|----------|----------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Tráfico ligero | Tiempo | | | | Recorrido (Km) | Consumo | |
| | Día | Inicio | Final | Recorrido (t) | | Consumo (Gal) | Consumo (USD) |
| | 1 | Lunes | 20:00:00 | 20:31:10 | 0:31:10 | 22,4 | 1,196 \$ 2,38 |
| | 2 | Martes | 20:00:00 | 20:37:51 | 0:37:51 | 22,4 | 1,251 \$ 2,49 |
| 3 | Miércoles | 20:00:00 | 20:34:43 | 0:34:43 | 22,4 | 1,243 \$ 2,47 | |
| Tráfico Moderado | Tiempo | | | | Recorrido (Km) | Consumo | |
| | Día | Inicio | Final | Recorrido (t) | | Consumo (Gal) | Consumo (USD) |
| | 1 | Lunes | 16:00:00 | 16:39:11 | 0:39:11 | 22,4 | 1,389 \$ 2,76 |
| | 2 | Martes | 16:00:00 | 16:37:21 | 0:37:21 | 22,4 | 1,296 \$ 2,58 |
| 3 | Miércoles | 16:00:00 | 16:37:58 | 0:37:58 | 22,4 | 1,332 \$ 2,65 | |
| Tráfico Pesado | Tiempo | | | | Recorrido (Km) | Consumo | |
| | Día | Inicio | Final | Recorrido (t) | | Consumo (Gal) | Consumo (USD) |
| | 1 | Lunes | 18:00:00 | 18:45:37 | 0:45:37 | 22,4 | 1,474 \$ 2,93 |
| | 2 | Martes | 18:00:00 | 18:55:42 | 0:55:42 | 22,4 | 1,634 \$ 3,25 |
| 3 | Miércoles | 18:00:00 | 18:46:29 | 0:46:29 | 22,4 | 1,569 \$ 3,12 | |

b.2. Prueba de ruta con el uso del sistema de metanol

Tabla 30

Resultados obtenidos mediante la prueba de ruta en el circuito urbano/carretera bajo distintas condiciones de tráfico en días diferentes de la semana con el uso del sistema de inyección de metanol.

| PRUEBA DE RUTA BAJO EL USO DEL SISTEMA DE INYECCION DE METANOL | | | | | | | | |
|--|---|-----------|----------|----------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| | | Tiempo | | | | Recorrido (Km) | Consumo | |
| | | Día | Inicio | Final | Recorrido (t) | | Consumo (Gal) | Consumo (USD) |
| Tráfico ligero | 1 | Lunes | 20:00:00 | 20:33:56 | 0:33:56 | 22,4 | 1,223 | \$ 2,43 |
| | 2 | Martes | 20:00:00 | 20:31:44 | 0:31:44 | 22,4 | 1,131 | \$ 2,25 |
| | 3 | Miércoles | 20:00:00 | 20:35:26 | 0:35:26 | 22,4 | 1,268 | \$ 2,52 |
| | | Tiempo | | | | Recorrido (Km) | Consumo | |
| | | Día | Inicio | Final | Recorrido (t) | | Consumo (Gal) | Consumo (USD) |
| Tráfico Moderado | 1 | Lunes | 16:00:00 | 16:38:23 | 0:38:23 | 22,4 | 1,232 | \$ 2,45 |
| | 2 | Martes | 16:00:00 | 16:37:54 | 0:37:54 | 22,4 | 1,268 | \$ 2,52 |
| | 3 | Miércoles | 16:00:00 | 16:39:25 | 0:39:25 | 22,4 | 1,397 | \$ 2,78 |
| | | Tiempo | | | | Recorrido (Km) | Consumo | |
| | | Día | Inicio | Final | Recorrido (t) | | Consumo (Gal) | Consumo (USD) |
| Tráfico Pesado | 1 | Lunes | 18:00:00 | 18:57:33 | 0:57:33 | 22,4 | 1,439 | \$ 2,86 |
| | 2 | Martes | 18:00:00 | 18:51:51 | 0:51:51 | 22,4 | 1,359 | \$ 2,70 |
| | 3 | Miércoles | 18:00:00 | 18:45:25 | 0:45:25 | 22,4 | 1,28 | \$ 2,55 |

4.3.5. Influencia del metanol en la inyección de combustible

El análisis de la incidencia del metanol en el sistema electrónico del vehículo y particularmente en el sistema de inyección, radica en que, al momento de introducir un sistema ajeno al estándar con el fin de mejorar el rendimiento del motor puede existir desfases o mal funcionamiento del mismo en el caso de que este esté mal calibrado.

La inyección en los motores modernos juega un papel muy importante ya que esto permite dotar del combustible necesario para que exista la explosión dentro de la cámara de combustión de cada cilindro dependiendo del orden de encendido, revoluciones del motor, posición de la mariposa de aceleración, sensor de oxígeno, entre otros.

En el caso de estudio, la inyección de es un indicador de todos los parámetros anteriores, ya que una diferencia entre curvas de inyección es un indicador preponderante para conocer el estado del sistema electrónico.

Tabla 31
Inyectores a ralentí (750 rpm)

| Ralentí 750 rpm | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------------------|
| | Frecuencia [ms] | Periodo [Hz] | tiempo de inyección [ms] |
| Sin metanol | 170 | 5,88 | 10 |
| Con metanol | 170 | 5,88 | 10 |


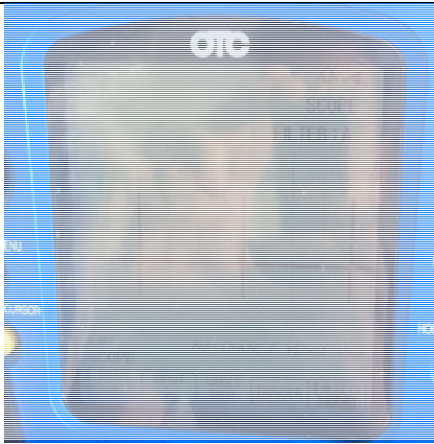
| Inyeccion sin metanol | Inyeccion con metanol |
|---|--|
|  |  |

Tabla 32

Inyectores a 2000 rpm

| 2000 rpm | | | |
|--------------------|-----------------|--------------|--------------------------|
| | Frecuencia [ms] | Periodo [Hz] | tiempo de inyección [ms] |
| Sin metanol | 56 | 17,86 | 4 |
| Con metanol | 56 | 17,86 | 4 |

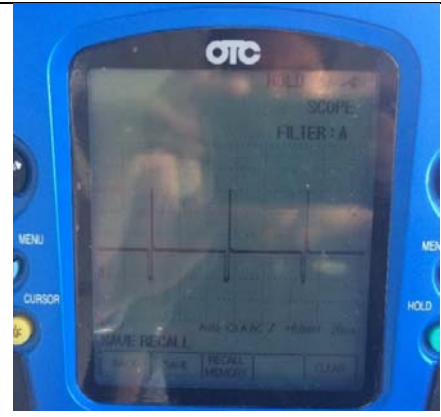
| Inyección sin metanol | Inyección con metanol |
|--|---|
|  |  |

Tabla 33

Inyectores a 3000 rpm

| 3000 rpm | | | |
|--------------------|-----------------|--------------|--------------------------|
| | Frecuencia [ms] | Periodo [Hz] | tiempo de inyección [ms] |
| Sin metanol | 38 | 26,32 | 3 |
| Con metanol | 38 | 26,32 | 3 |



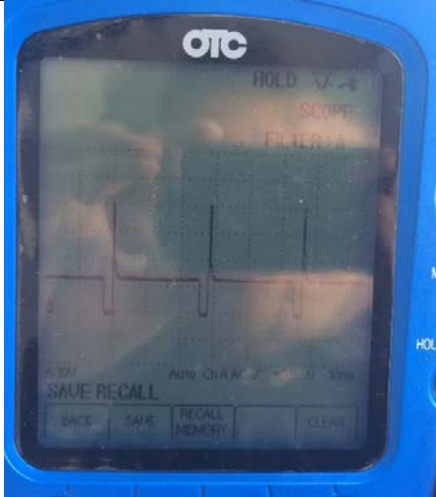
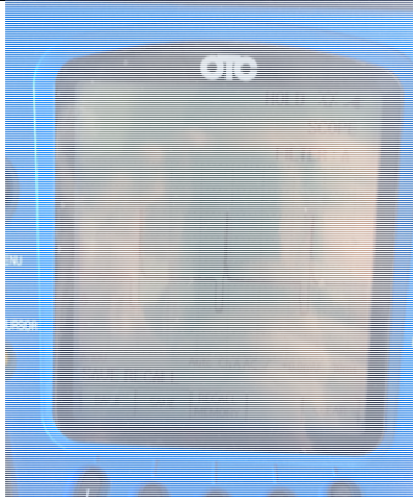
| Inyección sin metanol | Inyección con metanol |
|---|--|
|  |  |

Tabla 34

Inyectores a 4000 rpm

| 4000 rpm | | | |
|-------------|-----------------|--------------|--------------------------|
| | Frecuencia [ms] | Periodo [Hz] | tiempo de inyección [ms] |
| Sin metanol | 28 | 35,71 | 2 |
| Con metanol | 28 | 35,71 | 2 |

| Inyección sin metanol | Inyección con metanol |
|--|---|
|  |  |

4.4. Interpretación de resultados

4.4.1. Análisis de curvas de rendimiento.

Otra cuantificación para tomar en cuenta, es la evaluación del sensor MAF en relación a las rpm del motor, esto antes del análisis de resultados, con la finalidad de establecer una relación del comportamiento del sensor con los resultados de potencia y torque obtenidos mediante el dinamómetro.

Tabla 35

Relación de RPM del motor con el voltaje registrado en el sensor MAF

| RPM | MAF [V]Con metanol | RPM | MAF [V]Sin metanol |
|------|--------------------|------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 697 | 0,5 | 711 | 0,5 |
| 1121 | 1,2 | 789 | 0,6 |
| 1799 | 1,5 | 1276 | 1,1 |
| 2169 | 1,5 | 1716 | 1,3 |
| 2397 | 1,6 | 2145 | 1,5 |
| 2539 | 1,7 | 2830 | 1,9 |
| 2798 | 1,9 | 3397 | 2,2 |
| 3257 | 2,1 | 3915 | 2,4 |
| 3709 | 2,3 | 4608 | 2,4 |
| 4119 | 2,4 | 5464 | 3,1 |
| 4562 | 2,6 | | |
| 5010 | 2,8 | | |
| 5464 | 2,9 | | |
| 5465 | 3 | | |

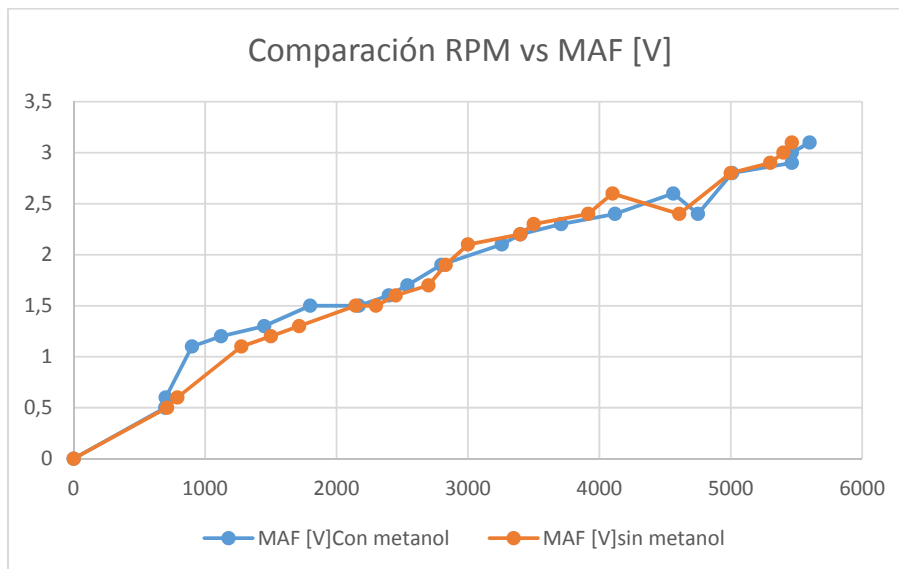


Figura 90 Comparación RPM vs MAF [V] con y sin la aplicación de metanol

a. Potencia a la rueda

Tabla 36

Valores de Potencia a la rueda con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico

| Revoluciones [rpm] | Potencia a la rueda | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | Con metanol [HP] | Sin metanol [HP] |
| 1200 | 11,80 | 12,90 |
| 1300 | 15,80 | 16,30 |
| 1400 | 17,30 | 18,30 |
| 1500 | 17,50 | 19,10 |
| 1600 | 17,30 | 19,60 |
| 1700 | 17,20 | 20,20 |
| 1800 | 17,80 | 20,70 |
| 1900 | 18,40 | 20,60 |
| 2000 | 18,70 | 20,50 |
| 2100 | 19,70 | 20,50 |
| 2200 | 20,90 | 20,80 |
| 2300 | 21,50 | 21,40 |
| 2400 | 22,70 | 21,60 |
| 2500 | 23,20 | 21,70 |
| 2600 | 23,40 | 22,40 |
| 2700 | 23,40 | 22,10 |
| 2800 | 22,90 | 22,50 |
| 2900 | 22,40 | 21,20 |
| 3000 | 22,10 | 19,40 |

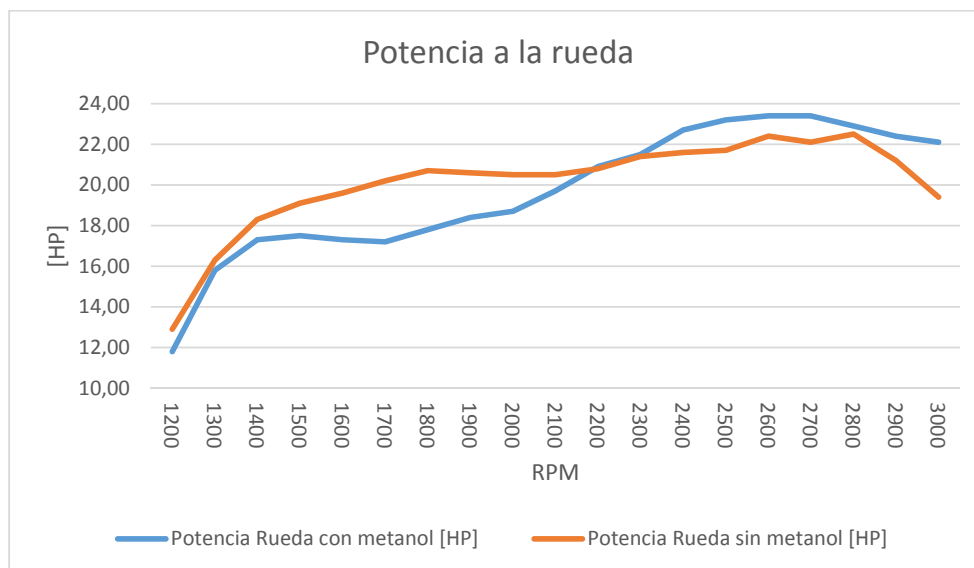


Figura 91 Comparación de curvas de potencia a la rueda

El parámetro de potencia a la rueda inicialmente al usar la inyección de metanol (rango entre 1200 y 2000 RPM) muestra una caída en sus valores en relación a la curva obtenida al tener una aspiración de aire estándar, sin embargo se evidencia que la aplicación de metanol influye a partir de las 2100 RPM registrando una ligera elevación en la potencia decreciendo luego de llegar a su valor máximo (23.4 HP@2300RPM).

b. Potencia Motor

Tabla 37

Valores de Potencia Motor con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico

| Revoluciones [rpm] | Potencia Motor | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | Con metanol [HP] | Sin metanol [HP] |
| 1200 | 19,40 | 20,20 |
| 1300 | 24,20 | 24,30 |
| 1400 | 26,60 | 27,10 |
| 1500 | 27,70 | 28,70 |
| 1600 | 28,40 | 30,10 |
| 1700 | 29,20 | 31,60 |
| 1800 | 30,70 | 33,00 |
| 1900 | 32,10 | 33,70 |
| 2000 | 33,30 | 34,40 |
| 2100 | 35,50 | 35,30 |
| 2200 | 37,70 | 36,50 |
| 2300 | 39,40 | 38,20 |
| 2400 | 41,70 | 39,50 |
| 2500 | 43,50 | 40,70 |
| 2600 | 45,30 | 42,40 |
| 2700 | 47,10 | 42,80 |
| 2800 | 47,80 | 44,20 |
| 2900 | 48,10 | 44,10 |
| 3000 | 49,40 | 43,50 |
| Valor Máximo | 49,40 | 44,20 |

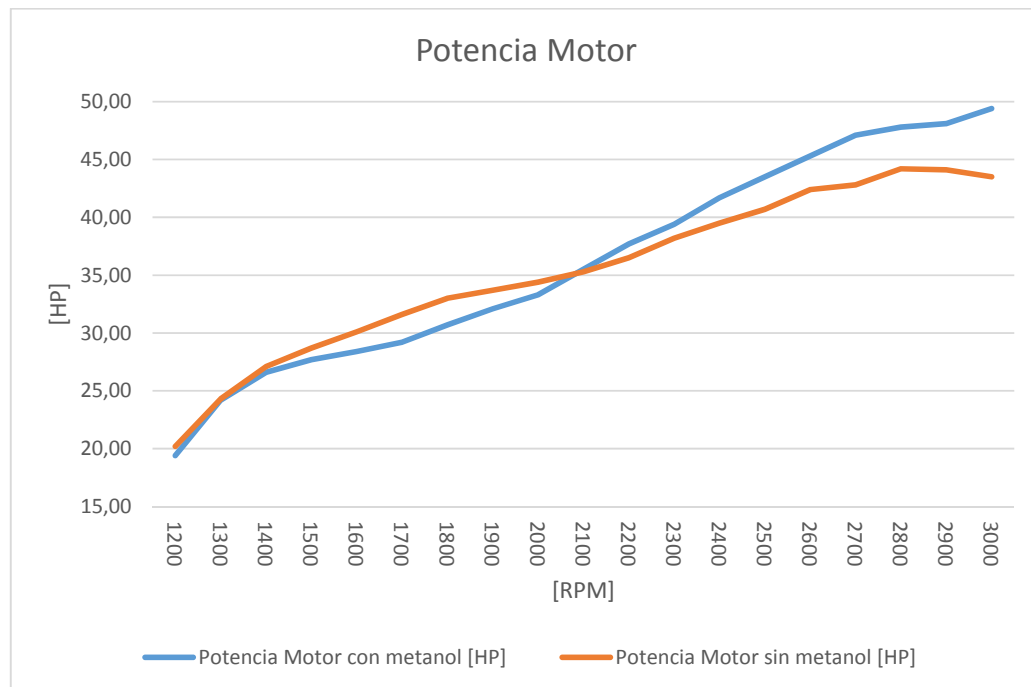


Figura 92 Comparación de curvas de potencia motor

Al igual que ocurre con la potencia a la rueda, el uso de metanol no registra un incremento de la potencia a revoluciones bajas (1200 a 2000 RPM), pero a partir de las 2100 RPM se evidencia una tendencia de aumento de potencia mediante la aplicación de metanol en la admisión de aire, llegando a su valor máximo de 49.4 HP@3000 RPM.

c. Potencia normal

Tabla 38

Valores de Potencia normal con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico

| Revoluciones [rpm] | Potencia normal | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | Con metanol [HP] | Sin metanol [HP] |
| 1200 | 27,70 | 28,80 |
| 1300 | 34,50 | 34,70 |
| 1400 | 37,80 | 38,80 |
| 1500 | 39,40 | 41,00 |
| 1600 | 40,50 | 42,90 |
| 1700 | 41,60 | 45,10 |
| 1800 | 43,70 | 47,10 |
| 1900 | 45,70 | 48,20 |
| 2000 | 47,50 | 49,10 |
| 2100 | 50,50 | 50,30 |
| 2200 | 53,70 | 52,10 |
| 2300 | 56,10 | 54,50 |
| 2400 | 59,40 | 56,40 |
| 2500 | 61,90 | 58,00 |
| 2600 | 64,50 | 60,50 |
| 2700 | 67,00 | 61,10 |
| 2800 | 68,00 | 63,10 |
| 2900 | 68,50 | 62,90 |
| 3000 | 70,30 | 62,10 |
| Valor Máximo | 70,30 | 63,10 |

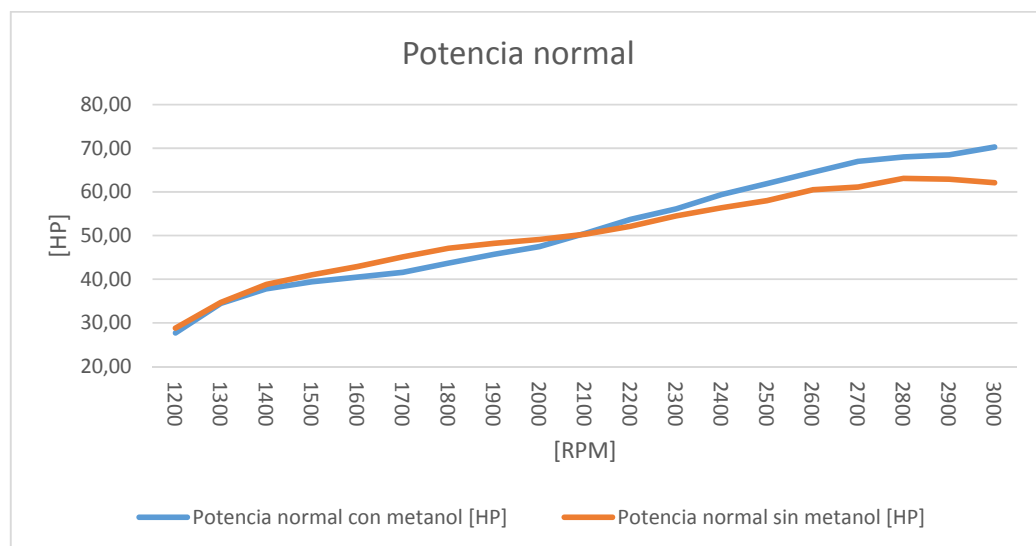


Figura 93 Comparación de curvas de potencia normal

En lo que corresponde al parámetro de potencia normal, al igual que lo que sucede con los parámetros de potencia a la rueda y motor, la tendencia de crecimiento al aplicar metanol empieza a partir de las 2100 RPM, manteniendo potencias menores en el rango de 1200 a 2000 RPM, llegando a una potencia máxima de 70,3 HP

d. Momento Normal

Tabla 39

Valores de Momento normal con y sin la aplicación de metanol a un número de revoluciones específico

| Momento Normal | | |
|----------------|-------------|-------------|
| Revoluciones | Con metanol | Sin metanol |
| [rpm] | [lb.ft] | [lb.ft] |
| 1200 | 121,10 | 126,10 |
| 1300 | 139,30 | 140,40 |
| 1400 | 141,90 | 145,40 |
| 1500 | 138,00 | 143,70 |
| 1600 | 132,90 | 141,00 |
| 1700 | 128,40 | 139,50 |
| 1800 | 127,50 | 137,50 |
| 1900 | 126,20 | 133,20 |
| 2000 | 124,70 | 129,00 |
| 2100 | 126,40 | 125,90 |
| 2200 | 128,20 | 124,50 |
| 2300 | 128,10 | 124,50 |
| 2400 | 130,00 | 123,40 |
| 2500 | 130,10 | 121,90 |
| 2600 | 130,30 | 122,10 |
| 2700 | 130,40 | 118,80 |
| 2800 | 127,60 | 118,40 |
| 2900 | 124,00 | 114,00 |
| 3000 | 123,10 | 108,70 |
| Valor Máximo | 141,90 | 145,40 |

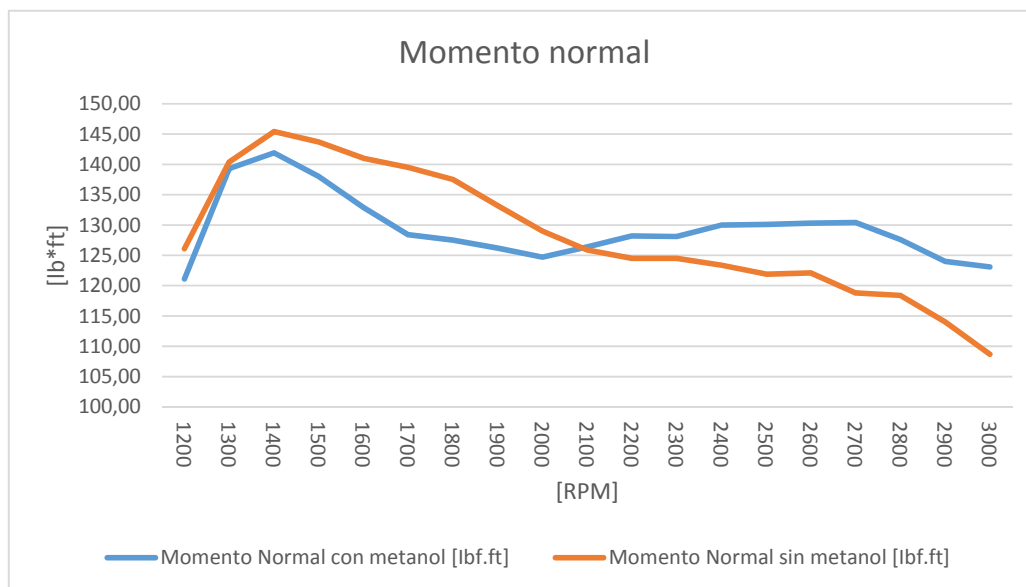


Figura 94 Comparación de curvas de momento normal

El torque inicialmente es menor al aplicar metanol, pero al pasar la barrera de las 2100 RPM se muestra una tendencia de conservar el torque a medida de que aumentan las RPM, mientras que al usar la aspiración de aire estándar se evidencia una caída en los valores registrados del momento.

Tabla 40

Análisis de mejora de potencia

| Análisis de mejora de potencia | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| | Con Metanol [HP] | Sin metanol [HP] | Diferencia [HP] | Mejora [%] |
| Potencia Rueda | 23,4 | 22,5 | 0,9 | 4% |
| Potencia Motor | 49,4 | 44,2 | 5,2 | 11% |
| Potencia normal | 70,3 | 63,1 | 7,2 | 10% |

La potencia como parámetro de rendimiento nos permite analizar la influencia del metanol en la combustión y su eficacia como aditivo para el combustible, pero más que eso, al ser el indicativo primordial para la comparación del

desempeño de un vehículo, nos permite establecer si el sistema tiene o no la efectividad requerida.

Mediante las mediciones efectuadas con el dinamómetro de rodillos se puede evidenciar el aumento de potencia tanto a la rueda, como la ejercida por el motor y en la potencia normal respondiendo a una mejora del 4% en lo correspondiente a la potencia a la rueda, 11% en la potencia ejercida por el motor y 10% de mejora en la potencia normal.

4.4.2. Análisis de resultados obtenidos del estudio de gases de escape resultantes de la combustión.

La evaluación de gases dinámico nos da la facilidad de comparar los resultados obtenidos tanto con el uso del sistema de inyección de metanol, como también sin emplear la pulverización del metanol.

Los gases evaluados están sometidos a un rango permitido específico que se encuentra postulado en la norma NTE INEN 2204:2002 conjugada con los procesos de ensayo ASM 2525 y 5015, requiriendo carga inercial a vencer en un dinamómetro para desarrollar la prueba.

El estatuto postulado en el Instituto Ecuatoriano de Normalización "INEN", se establece rangos máximos de emisiones de 5 resultantes de la combustión en el motor de ciclo Otto restringiendo a los siguientes valores para vehículos menores.

Tabla 41

Tolerancias de emisiones según la Norma NTE INEN 2204:2002

Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

| Categoría | Peso bruto del vehículo kg | Peso del vehículo cargado kg | CO g/km | HC g/km | NOx g/km | CICLOS DE PRUEBA | Evaporativas g/ensayo SHED |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|---------|---------|----------|-------------------|----------------------------|
| Vehículos Livianos | | | 2,10 | 0,25 | 0,62 | FTP - 75 | 2 |
| Vehículos Medianos | ≤ 3 860 | ≤ 1 700 | 6,2 | 0,5 | 0,75 | | 2 |
| | | 1 700 - 3 860 | 6,2 | 0,5 | 1,1 | | 2 |
| Vehículos Pesados** | > 3 860 = < 6 350 | | 14,4 | 1,1 | 5,0 | Transiente pesado | 3 |
| | > 6 350 | | 37,1 | 1,9 | 5,0 | | 4 |

* prueba realizada a nivel del mar
 ** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

Fuente: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002

Para efectos de comparación es importante indicar que en los siguientes gráficos de diferenciación existen dos curvas, la primera corresponde al ensayo con el uso de metanol (Azul), y la segunda indica las emisiones sin el uso de metanol (Naranja).

Hay que tener en cuenta que el factor Lambda y su relación directa con la emisión de gases contaminantes derivan los siguientes efectos.

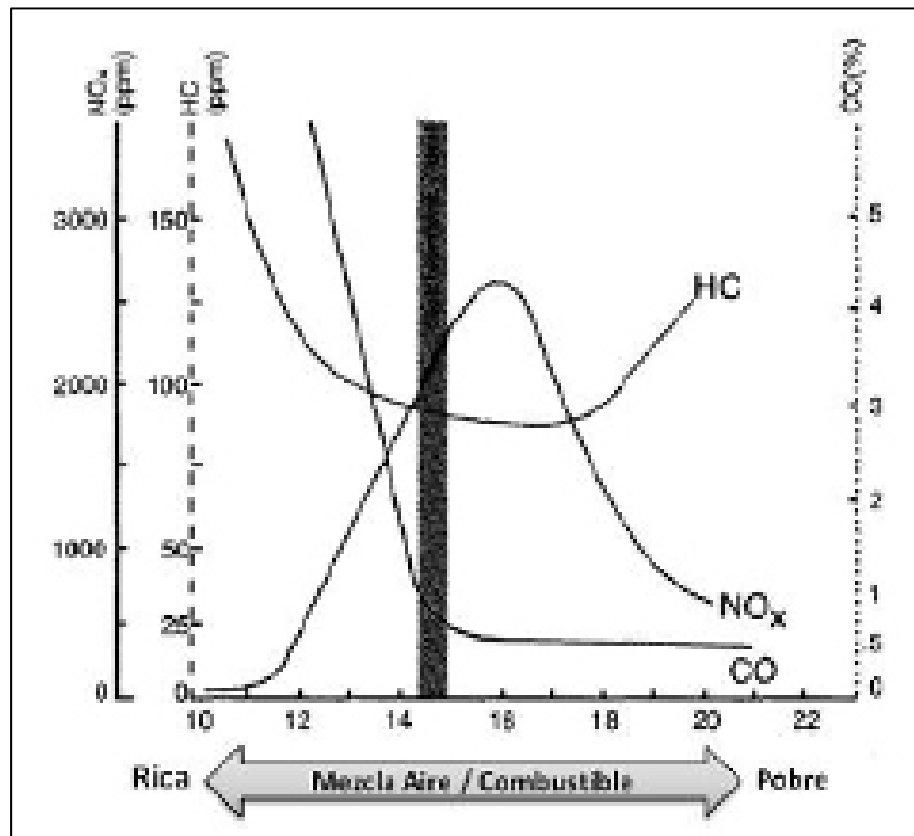


Figura 95 Impacto de la mezcla aire/combustible en las emisiones de escape.

Fuente: Recuperado de: Combustión – Emisiones contaminantes; página web: http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=244

- Efectos de la Mezcla Aire / Combustible en las emisiones de HC:

Como se muestra en la gráfico 4-19, la producción de HC es menor con una mezcla ligeramente pobre (menor proporción de combustible en la mezcla), sin embargo los HC incrementan dramáticamente con una mezcla muy rica o muy pobre, inclusive puede llegar al punto de pre ignición.

- Efectos de la Mezcla Aire / Combustible en el CO:

El monóxido de carbono (CO) es menor cuando la mezcla aire / combustible es más pobre que el ideal (menor proporción de gasolina), sin embargo crece dramáticamente con mezclas ricas. (Gráfico 4-19)

Durante la combustión, con mezclas ricas de aire / combustible, el carbono de los HC reacciona con el oxígeno de manera parcial, resultando en monóxido de carbono (CO) en lugar de dióxido de carbono (CO₂).

- Efectos de la mezcla Aire / Combustible en emisiones de NO_x:

La alta temperatura de combustión (típica en condiciones de alta carga) provoca que el oxígeno se combine con el nitrógeno para formar óxidos de nitrógeno (NO_x). (Gráfico 4-19)

La producción de óxidos nitrosos (NO_x) alcanza su punto máximo cuando la mezcla es ligeramente pobre. Esto es lo inverso a lo que ocurre con la producción de CO y C, por lo tanto es complicado poder reducir las emisiones de los tres al mismo tiempo.

Con estos conceptos, se puede proceder al análisis tomando en cuenta la variación en los factores contaminantes en estudio y su influencia en la temperatura de la combustión y en la emisión de gases residuales.

a. Resultados de la prueba ASM 2525

a.1. Estudio de emisión de monóxido de carbono CO (ASM 2525)

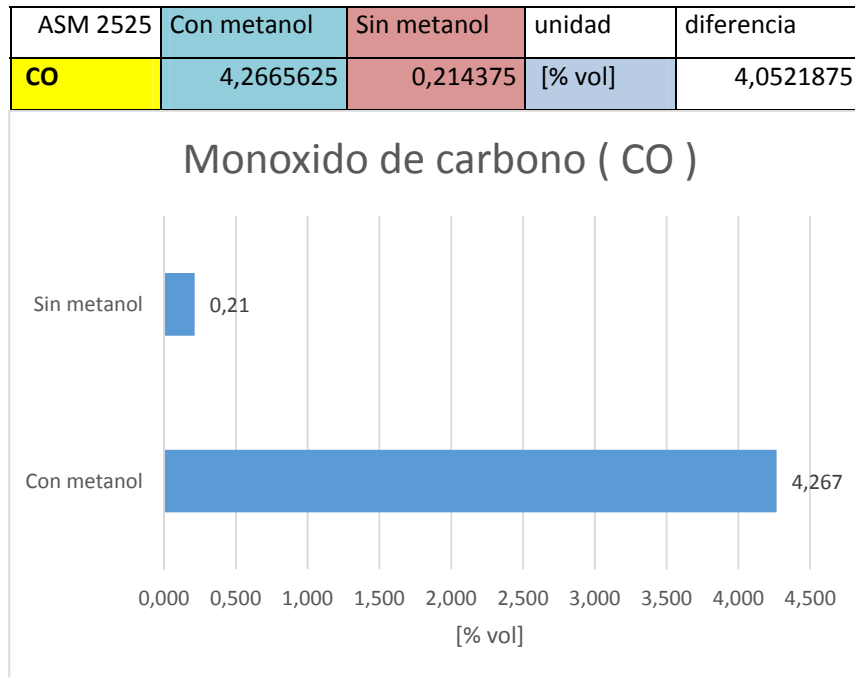


Figura 96 Comparación de emisiones de monóxido de carbono (CO) en la prueba ASM 2525

El nivel de emisiones de Monóxido de carbono con el uso de metanol aumenta y se debe básicamente a la falta de oxígeno debido a una aire/combustible con menor cantidad de oxígeno (mezcla rica), haciendo que la combustión sea incompleta.

Cuando la combustión se da a cabo en un entorno sin la suficiente cantidad de oxígeno, entonces no se puede oxidar completamente los átomos de carbono y por lo tanto no se genera dióxido de carbono (CO₂), sino monóxido de carbono (CO). Cuando los átomos de carbono se unen con un solo átomo de oxígeno se forma monóxido de carbono (CO).

El aumento de emisiones de monóxido de carbono es otro indicativo de la disminución de la temperatura de la combustión.

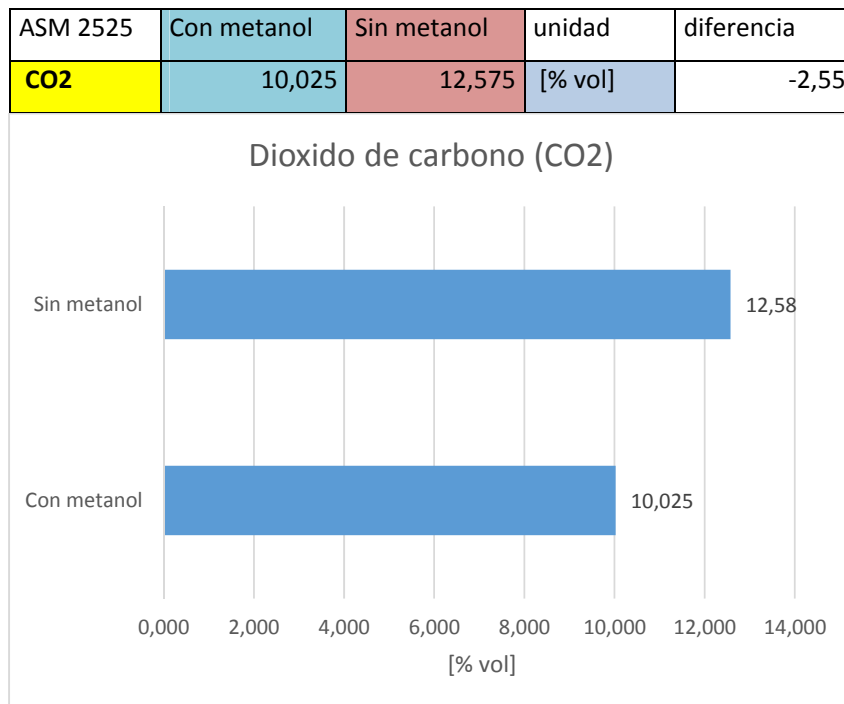
a.2. Estudio de emisión de Dióxido de carbono (CO₂) (ASM 2525)

Figura 97 Comparación de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en la prueba ASM 2525

En lo correspondiente al análisis de Dióxido de carbono con el uso de la inyección pulverizada de metanol disminuye la emisión de este contaminante.

La disminución de la emisión de dióxido de carbono se debe a la utilización de una mezcla estequiométrica de aire/combustible “Rica” en la que falta oxígeno para aliarse con el carbono libre, formando mayor cantidad de monóxido de carbono.

a.3. Estudio de emisión de hidrocarburos (HC) (ASM 2525)

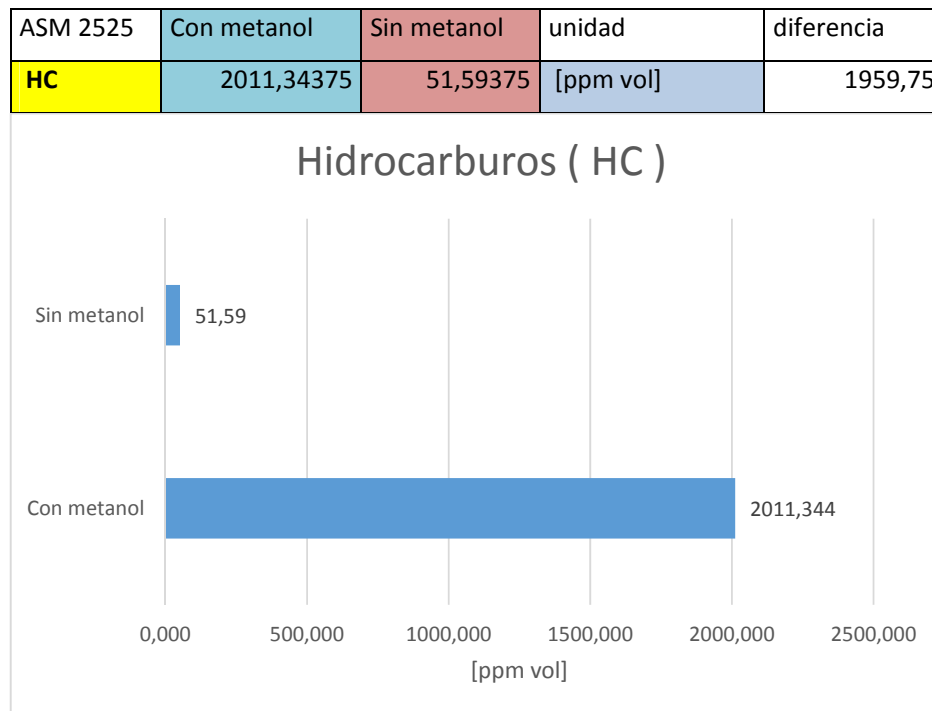


Figura 98 Comparación de emisiones de hidrocarburos (HC) en la prueba ASM 2525

Al contrario de la emisión de CO₂, la producción de Hidrocarburos aumenta sustancialmente, lo cual indica un índice alto de contaminación por este contaminante.

Sin la inyección de metanol la producción de hidrocarburos se mantiene bajo los niveles máximos permitidos en lo que se refiere a emisiones, esta diferencia se debe a que los elementos Hidrogeno (H) y Carbono (C) presentes en la cadena química del metanol son característicos del combustible que no alcanzo a quemarse debido a la falta de aire.

Este fenómeno es característico de una mezcla rica (relación aire combustible menor a 1),

Un nivel alto de hidrocarburos determina que se está produciendo el fenómeno de “enfriamiento de pared” presentado cuando se ha iniciado la llama de combustión, si esta alcanza las paredes de la cámara, que se

encuentra a menor temperatura, se provoca que la llama se apague antes de que todo el combustible se quemara por completo, dejando una pequeña cantidad de hidrocarburos que se empujan fuera a través de la válvula de escape.

a.4. Estudio de emisión de oxígeno libre (O₂) (ASM 2525)

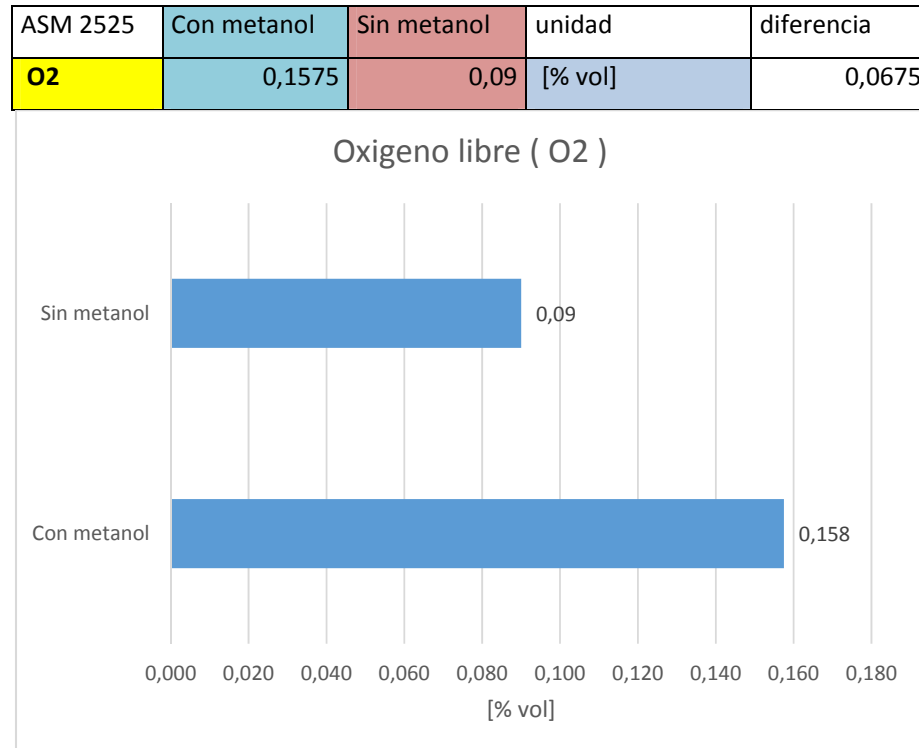


Figura 99 Comparación de emisiones de oxígeno libre (O₂) en la prueba ASM 2525

El oxígeno diatómico arrojado debido a la combustión aumenta en una poca cantidad en relación al funcionamiento del motor sin la inyección de metanol.

El caso actual es un indicativo de una combustión incompleta debido a una relación aire/combustible correspondiente a una mezcla pobre.

a.5. Estudio de emisión de radicales nitrogenados (NOx) (ASM 2525)

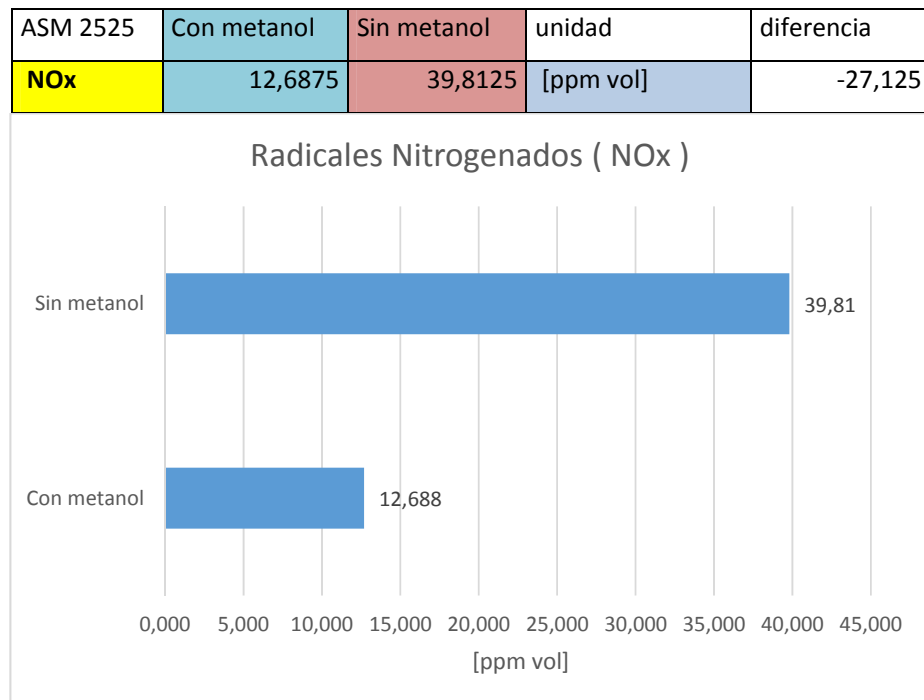


Figura 100 Comparación de emisiones radicales nitrogenados (NOx) en la prueba ASM 2525

El análisis muestra una disminución considerable en la producción de radicales nitrogenados sin el uso del sistema de inyección de metanol manteniéndose casi constante con la mezcla a la que se añade el aditivo en estudio.

La disminución de la emisión de radicales nitrogenados es un índice de rebaja de la temperatura de la combustión aseverando una refrigeración en la cámara.

Otra de las consecuencias de la producción de más radicales nitrogenados por parte de la combustión sin la inyección de metanol es el aumento en el valor de la relación aire combustible acercándose a una proporción correspondiente a una relación con mas aire que combustible (mezcla pobre).

Al tener una relación aire/combustible menor se produce un aumento de potencia, determinando la influencia positiva del metanol en lo que concierne al aumento de potencia.

a.6. Estudio de variación del factor Lambda (ASM 2525)

| ASM 2525 | Con metanol | Sin metanol | unidad | diferencia |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| Lambda | 0,80221875 | 0,994875 | Valor adimensional | -0,19265625 |

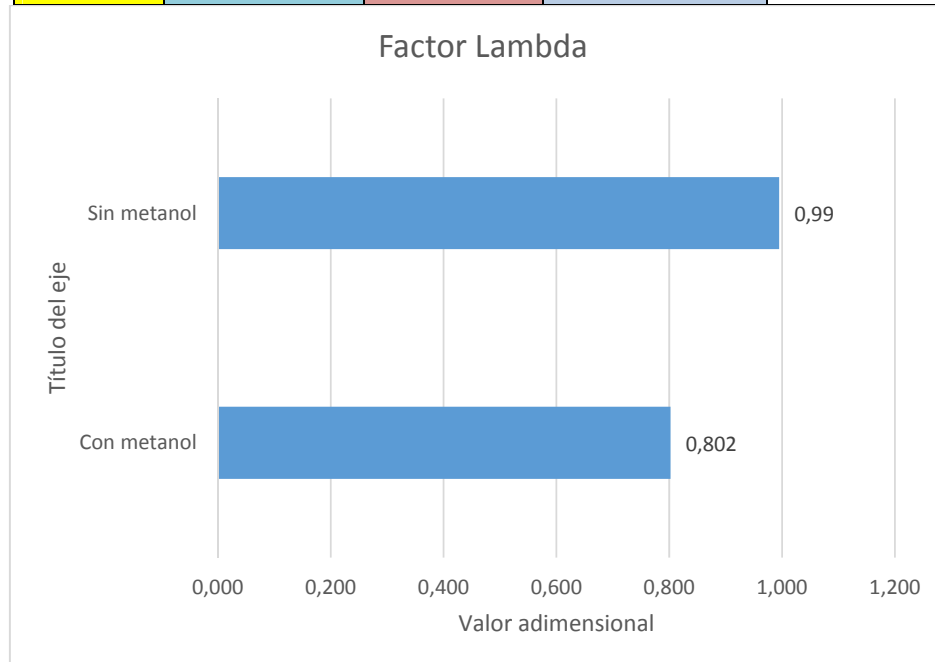


Figura 101 Comparación de factor Lambda en la prueba ASM 2525

El factor Lambda indica que la tenemos una mezcla rica al usar el sistema de inyección de metanol. Este índice se relaciona con una mayor potencia producida por el motor siendo también un indicativo del aumento de las propiedades de octanaje, minorando el consumo del mismo.

El tener una mezcla “más rica” al momento del ensayo con el metanol nos genera la explicación del porqué existe mayor potencia y resulta más fácil vencer la carga aplicada por el dinamómetro al momento de la prueba.

b. Resultados de la prueba ASM 5015

b.1. Estudio de emisión de monóxido de carbono CO (ASM 5015)

| ASM 5015 | Con metanol | Sin metanol | unidad | diferencia |
|-----------|-------------|-------------|---------|------------|
| CO | 3,805 | 2,80375 | [% vol] | 1,00125 |

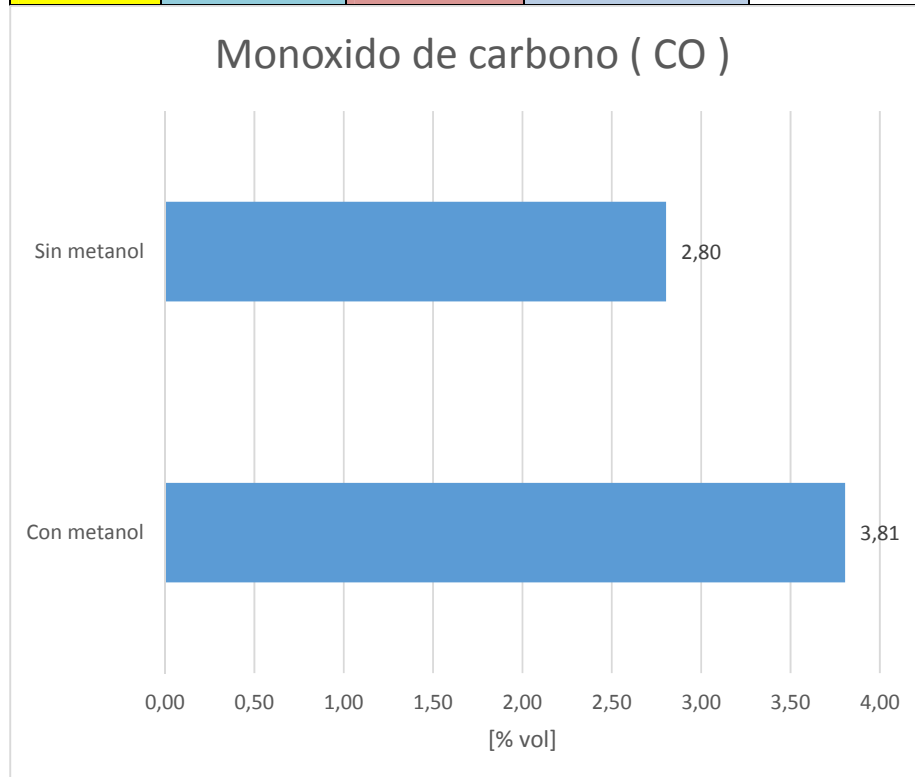


Figura 102 Comparación de emisiones de monóxido de carbono (CO) en la prueba ASM 5015

Así como sucede en la prueba ASM 2525, el aumento de la producción de monóxido de carbono es un indicativo de la falta de oxígeno para la combustión debido a una mezcla rica.

b.2. Estudio de emisión de Dióxido de carbono (CO₂) (ASM 5015)

| ASM 5015 | Con metanol | Sin metanol | unidad | diferencia |
|-----------------------|-------------|-------------|---------|------------|
| CO₂ | 10,340625 | 10,984375 | [% vol] | -0,64375 |

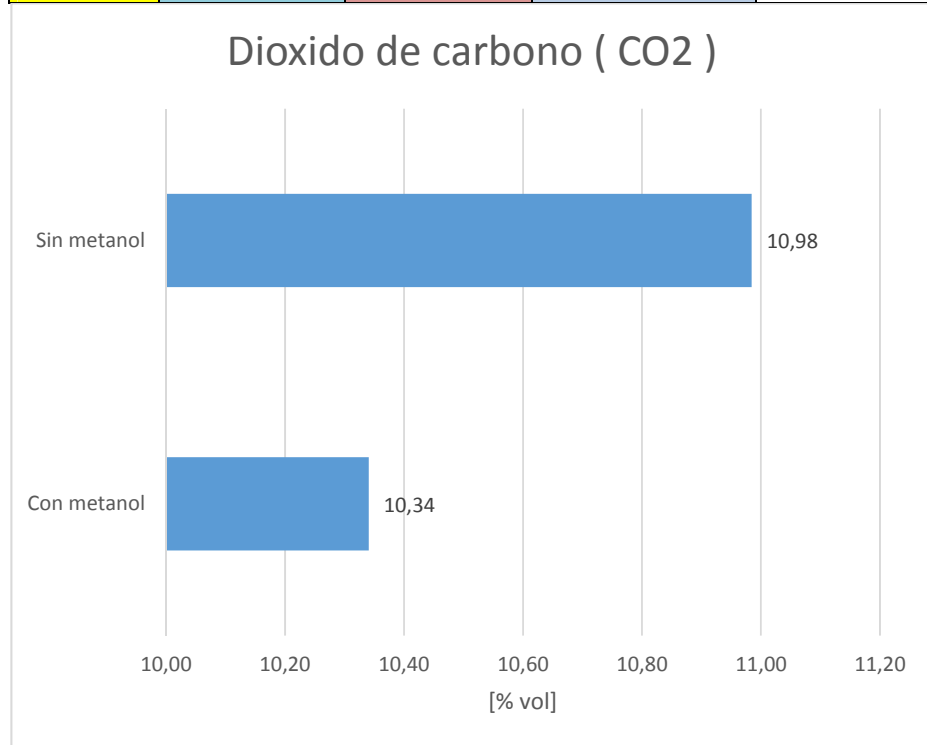


Figura 103 Comparación de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en la prueba ASM 5015

Al igual que con la prueba ASM 2525 se evidencia el aumento de emisión de Dióxido de Carbono

La diferencia con el caso mostrado en el análisis de emisión de monóxido de carbono es que debido a la presencia del metanol se muestra una disminución a los niveles de producción de dióxido de carbono.

b.3. Estudio de emisión de Hidrocarburos (HC) (ASM 5015)

| ASM 5015 | Con metanol | Sin metanol | unidad | diferencia |
|-----------|-------------|-------------|-----------|------------|
| HC | 1339,0625 | 213,71875 | [ppm vol] | 1125,34375 |

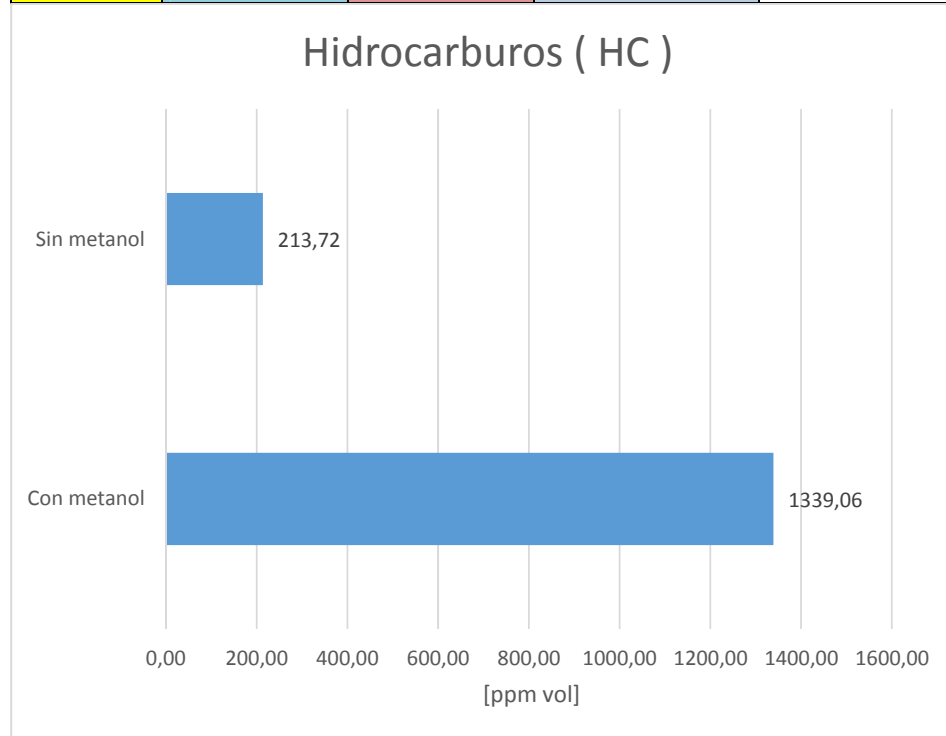


Figura 104 Comparación de emisiones de hidrocarburos (HC) en la prueba ASM 5015

Al igual que con la prueba ASM 2525 el crecimiento en la emisión de hidrocarburos se debe a la participación del metanol en la combustión, indicando la existencia de una combustión incompleta, así como también la existencia nuevamente del fenómeno “enfriamiento de pared” debido a una notable participación del metanol para disminuir la temperatura de la combustión.

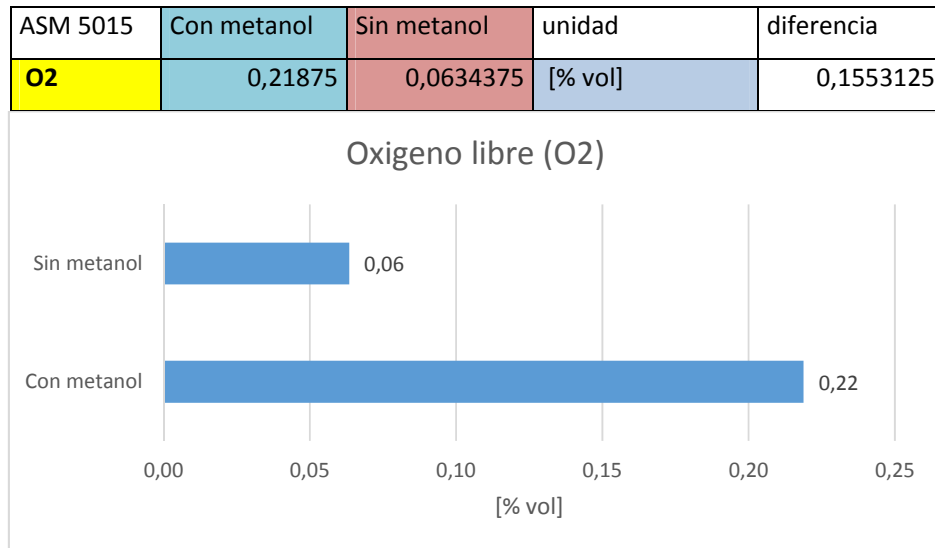
b.4. Estudio de emisión de Oxígeno libre (O₂) (ASM 5015)

Figura 105 Comparación de emisiones de oxígeno libre (O₂) en la prueba ASM 5015

Al igual que en el caso mostrado en el ensayo ASM 2525, aumenta la cantidad de producción de oxígeno libre al usar metanol debido a la combustión incompleta dentro del cilindro.

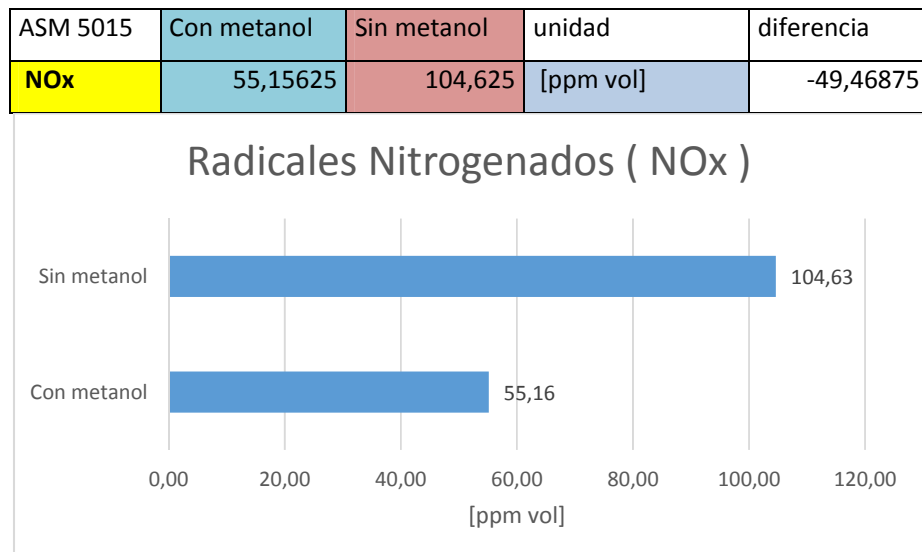
b.5. Estudio de emisión de radicales nitrogenados (NO_x) (ASM 5015)

Figura 106 Comparación de emisiones radicales nitrogenados (NO_x) en la prueba ASM 5015

En relación a la prueba ASM 2525, la producción de radicales nitrogenados es mayor debido a que el motor necesita más potencia para vencer la carga aplicada, pero se evidencia la disminución de la producción de este contaminante con el uso de la inyección de metanol aseverando nuevamente que existe una refrigeración en la combustión producida en el motor.

b.6. Estudio de variación del factor Lambda (ASM 5015)

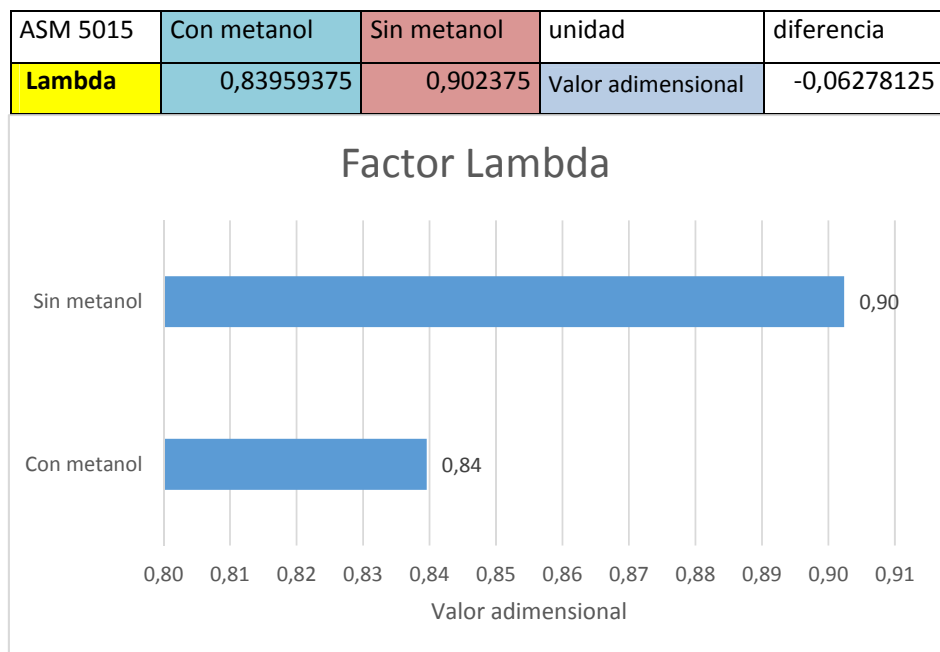


Figura 107 Comparación de factor Lambda en la prueba ASM 5015

Tomando en cuenta la reducción del factor Lambda al igual con la prueba ASM 2525, el uso del metanol disminuye la cantidad de oxígeno para la combustión, demostrando la intervención del metanol en la disminución de la relación aire/combustible.

- c. Resultados del cálculo de emisión de gases contaminantes por kilómetro recorrido.

El estudio de la influencia del metano implica un análisis de la cantidad de gases residuales que se están eliminando al medio ambiente, y un indicativo de la proporción de contaminantes que se están soltando luego de la combustión es la concentración del factor contaminante, que puede ser CO, HC o NOx, en relación a la emisión de CO₂ y al consumo de combustible específico que ha sido documentado mediante la prueba de ruta realizada para la obtención del rango de consumo de gasolina con la aplicación del sistema de inyección de metanol.

Como resultado se obtiene las siguientes concentraciones (Tabla 4-29) tomando en cuenta los límites máximos registrados en la norma NTE INEN 2204:2002 indicada en el Anexo 6

Tabla 42

Concentración de contaminante en gramos por kilómetro recorrido

| Concentración de gramos por kilómetro recorrido | | | |
|--|--------------------|--------------------|----------------------|
| gr/m³ | CON METANOL | SIN METANOL | LÍMITE MÁXIMO |
| CO₂ | 518,26 | 553,43 | - |
| CO | 0,03836549 | 0,185816803 | 6.2 |
| HC | 6,26862526 | 6,576179255 | 0.5 |
| NOx | 0,59585981 | 6,957113756 | 1.1 |

Como se observa en la tabla 4.30, no existe un límite máximo para el CO₂ debido a que es el factor en el que se basa la medición para el análisis de resultados de una prueba dinámica.

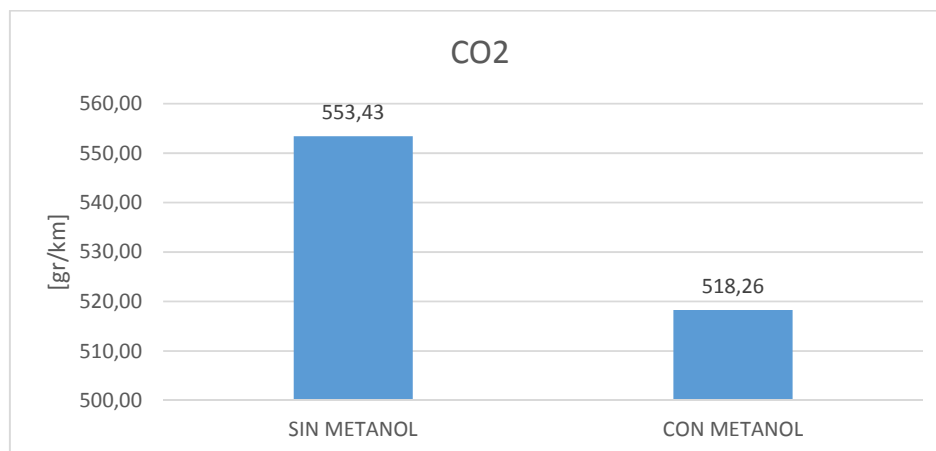


Figura 108 Análisis de emisión de CO₂ mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural

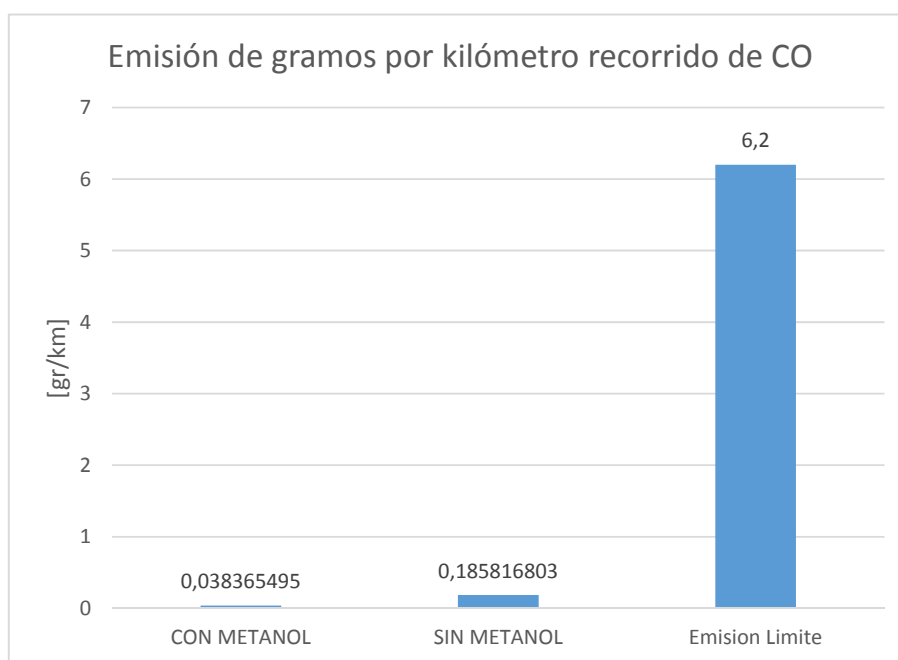


Figura 109 Análisis de emisión de CO mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural

El resultado de emisiones demuestra que la concentración de CO arrojada al ambiente disminuye cuando se está usando metanol y según la normativa ecuatoriana, no se está sobrepasando el límite de emisiones respectivo para este contaminante.

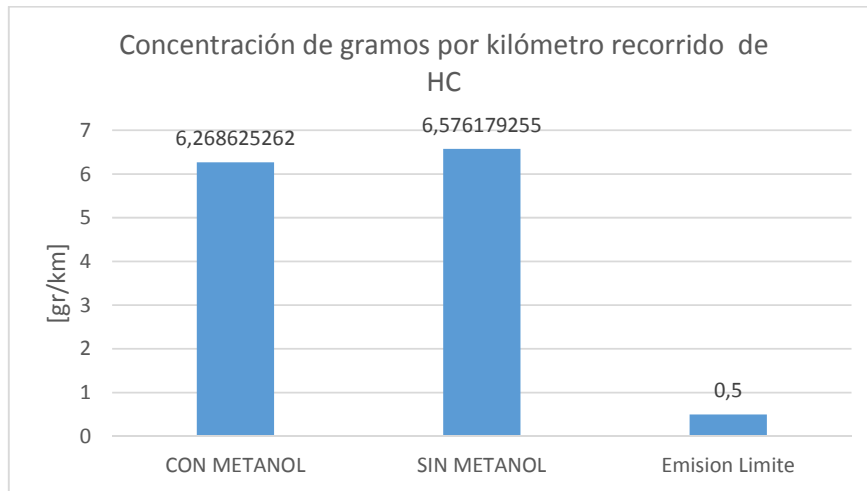


Figura 110 Análisis de emisión de HC mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural

El valor de emisiones de hidrocarburos es menor con la aplicación de metanol, esto debido a que el consumo de combustible es menor para este caso. Al observar los resultados del ciclo de prueba ASM 5015 se evidencia el aumento de emisión de HC al usar metanol, pero se equilibra en el resultado se debe a la relación directa con el consumo de combustible, parámetro que es mayor cuando el motor funciona bajo condiciones estándar. Se sobrepasa en ambos casos el límite de emisiones permitido según la norma NTE INEN 2204:2002.

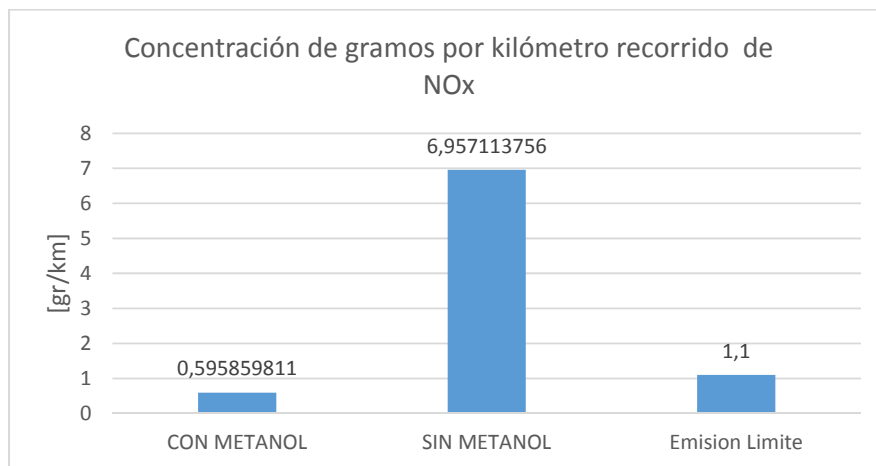


Figura 111 Análisis de emisión de NOx mediante el uso del sistema de inyección de metanol y con aspiración natural

En lo que corresponde a la concentración de radicales Nitrogenados emitidos debido a la combustión, el uso del metanol interviene en la disminución de este contaminante notando que al tener una aspiración estándar de aire, la producción de NOx se encuentra por sobre el rango permitido por la legislación ecuatoriana, mientras que si usamos metanol, la disminución de emisiones de este contaminante disminuye considerablemente.

4.4.3. Análisis de consumo de combustible.

a. Prueba de ruta sin el uso del sistema de inyección de metanol

Tabla 43

Resultados prueba de ruta sin el uso de metanol

| Prueba de ruta sin el consumo de Metanol | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|------------------------|------------|----------|
| Tráfico ligero | Tiempo total recorrido | 1:43:44 | Consumo total (Gal) | 3,69 | |
| | Tiempo promedio | 0:34:35 | Consumo promedio (Gal) | 1,23 | |
| | Km recorridos (total) | 67,2 | Consumo total (USD) | \$ 7,34 | |
| | Km promedio | 22,4 | Consumo promedio (USD) | \$ 2,45 | |
| Tráfico Moderado | Tiempo total recorrido | 1:54:30 | Consumo total (Gal) | 4,017 | |
| | Tiempo promedio | 0:38:10 | Consumo promedio (Gal) | 1,339 | |
| | Km recorridos (total) | 67,2 | Consumo total (USD) | \$ 7,99 | |
| | Km promedio | 22,4 | Consumo promedio (USD) | \$ 2,66 | |
| Tráfico Pesado | Tiempo total recorrido | 2:27:48 | Consumo total (Gal) | 4,677 | |
| | Tiempo promedio | 0:49:16 | Consumo promedio (Gal) | 1,559 | |
| | Km recorridos (total) | 67,2 | Consumo total (USD) | \$ 9,31 | |
| | Km promedio | 22,4 | Consumo promedio (USD) | \$ 3,10 | |
| Prueba de ruta sin el consumo de Metanol | | | | | |
| Total recorrido Km | 201,6 | Consumo Gal sin metanol | Km/gal | Gal/100 Km | L/100 Km |
| Total consumido Gal | 12,384 | Ligero | 3,69 | 18,211 | 5,491 |
| | | Moderado | 4,017 | 16,729 | 5,978 |
| USD | \$ 24,64 | Pesado | 4,677 | 14,368 | 6,960 |
| Duración | 6:06:02 | General | 12,384 | 16,279 | 6,143 |
| | | | | | 23,253 |

b. Prueba de ruta sin el uso del sistema de inyección de metanol

Tabla 44**Resultados prueba de ruta sin el uso de metanol**

| Prueba de ruta con el consumo de Metanol | | | | | |
|--|------------------------|-----------------|------------------------|------------|----------|
| Tráfico ligero | Tiempo total recorrido | 1:41:06 | Consumo total (Gal) | 3,622 | |
| | Tiempo promedio | 0:33:42 | Consumo promedio (Gal) | 1,207 | |
| | Km recorridos (total) | 67,20 | Consumo total (USD) | \$ 7,21 | |
| | Km promedio | 22,4 | Consumo promedio (USD) | \$ 2,40 | |
| Tráfico Moderado | Tiempo total recorrido | 1:55:42 | Consumo total (Gal) | 3,90 | |
| | Tiempo promedio | 0:38:34 | Consumo promedio (Gal) | 1,30 | |
| | Km recorridos (total) | 67,2 | Consumo total (USD) | \$ 7,76 | |
| | Km promedio | 22,4 | Consumo promedio (USD) | \$ 2,59 | |
| Tráfico Pesado | Tiempo total recorrido | 2:34:49 | Consumo total (Gal) | 4,08 | |
| | Tiempo promedio | 0:51:36 | Consumo promedio (Gal) | 1,36 | |
| | Km recorridos (total) | 67,2 | Consumo total (USD) | \$ 8,12 | |
| | Km promedio | 22,4 | Consumo promedio (USD) | \$ 2,71 | |
| Prueba de ruta con el consumo de Metanol | | | | | |
| Total recorrido | Consumo | Gal con metanol | Km/gal | Gal/100 Km | L/100 Km |
| Km | 201,6 | | | | |
| Total consumido | Ligero | 3,622 | 18,553 | 5,390 | 20,403 |
| Gal | 11,597 | Moderado | 3,90 | 17,244 | 5,799 |
| USD | \$ 23,08 | Pesado | 4,08 | 16,479 | 6,068 |
| Duración | 6:11:37 | General | 11,597 | 17,384 | 5,752 |
| | | | | | 21,775 |

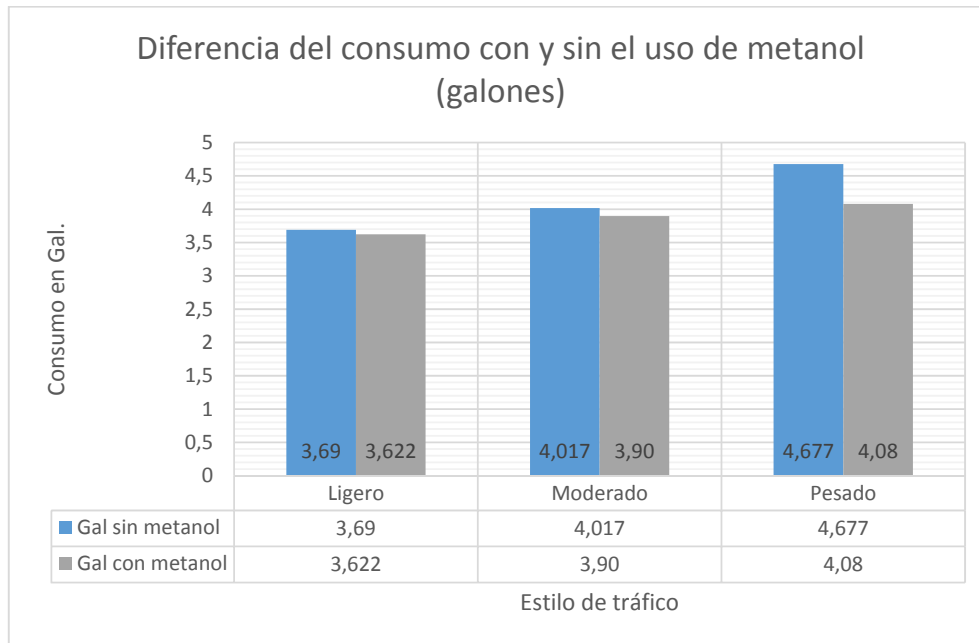


Figura 112 Diferencia del consumo (galones) de combustible sin y con la influencia del metanol bajo condiciones de tráfico ligero, moderado y pesado.

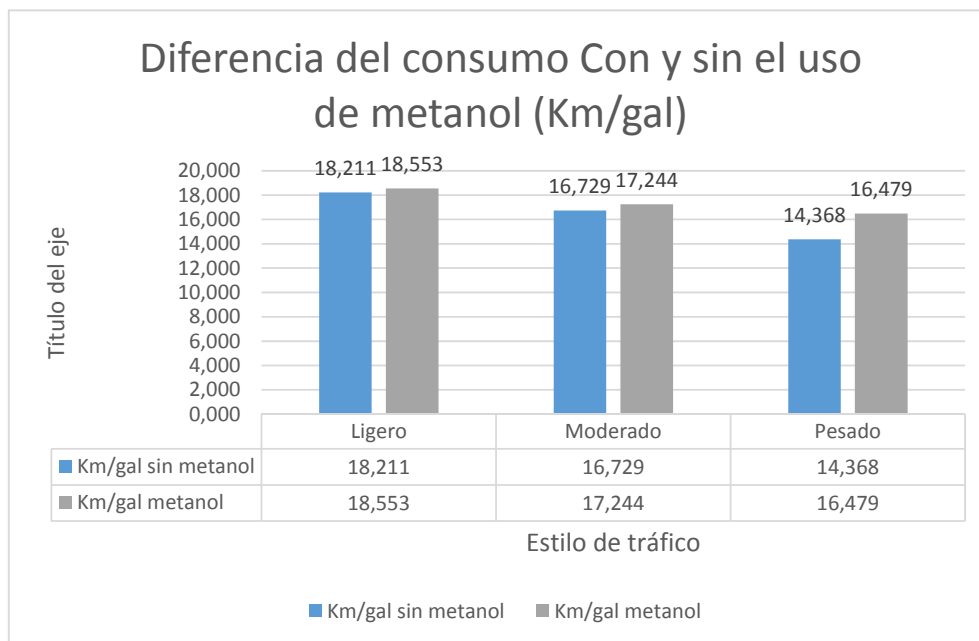


Figura 113 Diferencia del consumo (Km/gal) de combustible sin y con la influencia del metanol bajo condiciones de tráfico ligero, moderado y pesado

Para los tres casos (tráfico ligero, moderado y pesado), se puede evidenciar que al usar metanol disminuye el consumo de combustible, resaltando que bajo un tránsito pesado se ahorra más gasolina en relación al gasto bajo condiciones de tráfico moderado y ligero (Figura 4.39)

Así mismo otra evidencia del beneficio del metanol está mostrada en el recorrido que se puede hacer con el vehículo usando el sistema implementado en el proyecto, notando que para los casos de tráfico ligero, moderado y pesado la inyección de metanol permite recorrer más kilómetros por galón de gasolina siendo el caso de tránsito pesado el caso donde el consumo es menor en relación a los casos de tráfico ligero y moderado.

Tabla 45

Comparación de consumo con y sin el uso del sistema de inyección de metanol

| Detalle | Km recorridos | Galones | USD |
|--|----------------------|----------------|------------|
| Consumo sin metanol | 201,6 | 12,384 | \$ 24,64 |
| Consumo con metanol | 201,6 | 11,597 | \$ 23,08 |
| Detalle | Km recorridos | Galones | USD |
| Costo metanol | 201,6 | 0,37052012 | \$ 0,50 |
| Relación de consumo con y sin el sistema de Metanol | | | |
| Diferencia | | 0,787 | \$ 1,07 |
| Ahorro | | 6,35% | 4,33% |

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos

5.1.1. Recursos humanos.

En lo concerniente al talento humano colaborador para llevar a cabo el proyecto se resalta la participación de personas especializadas en diferentes áreas, contribuyendo con su conocimiento para asesorar en diferentes etapas detalladas a continuación:

| | |
|-----------------------|---|
| Sebastián Villacrés | <i>Investigación y elaboración del proyecto</i> |
| Ing. Danilo Zambrano | <i>Tutoría y asesoría general.</i> |
| Ing. Esteban Iribarra | <i>Asesoría en pruebas de potencia y gases.</i> |
| Ing. Xavier Gordillo | <i>Asesoría en circuitos eléctricos.</i> |
| Ing. Esteban López | <i>Asesoría en circuitos eléctricos, electrónica automotriz e interpretación de resultados.</i> |
| Ing. Edison Camino | <i>Asesoría para elaboración del marco teórico y aspectos legales químicos.</i> |
| Lic. Lilia Quintana | <i>Asesoría en metodología de la investigación y estructuración del escrito.</i> |
| Silvia Pacheco | <i>Elaboración de soportes de protección del circuito y módulo de inyección.</i> |

Marco Ortiz *Elaboración del circuito eléctrico.*

Ing. Luwinn Villacrés *Financista del proyecto.*

5.1.2. Recursos tecnológicos.

El uso de herramientas computarizadas resulta ser el ente facilitador tanto para la elaboración del escrito del proyecto, así como también, para el desarrollo de las etapas más cruciales de la investigación, siendo estas, el modelado virtual, el periodo de pruebas y la tabulación de resultados.

El avance de la tecnología permite a un investigador minorar el tiempo de realización del proyecto cumpliendo los objetivos plasmados y mostrando con mayor veracidad los resultados obtenidos.

Las herramientas tecnológicas computarizadas usadas se enlistan a continuación:

| | |
|------------------------------|---|
| Solid Works/Flow Simulation | <i>Modelado 3D/Simulación.</i> |
| MicroCode Studio | <i>Programación PIC 16F628A.</i> |
| Isis Proteus | <i>Simulación circuito eléctrico.</i> |
| Microsoft Office (Word/Exel) | <i>Elaboración escrito / Tabulación.</i> |
| Software MAHA | <i>Control en pruebas Potencia y gases.</i> |

5.1.3. Recursos materiales.

En la presente investigación, se entiende por recurso material a todo el equipamiento físico adquirido o elaborado para proceder a la culminación del proyecto.

Este recurso juega un papel fundamental conjugándose con la tecnología aplicada y descrita anteriormente.

Enlistando al material ocupado destacamos la intervención de los siguientes elementos:

- Herramientas manuales (llaves, dados, desarmadores, etc.)
- Equipos automotrices (Scanner OTC, Multímetro automotriz)
- Equipos de oficina (computadora)
- Kit para elaboración de circuitos eléctricos

5.2. Gastos del proyecto.

Tabla 46
Detalle de egresos del proyecto

| SISTEMA DE INYECCIÓN DE METANOL | Unidades | Costo unitario | Costo total |
|---|-----------------|-----------------------|--------------------|
| <i>Módulo de control de inyección de metanol</i> | 1 | 142,02 | 142,02 |
| <i>Bomba de inyección de metanol</i> | 1 | 134,06 | 134,06 |
| <i>Tanque de almacenamiento de Metanol con lector de nivel</i> | 1 | 84,12 | 84,12 |
| <i>Pulverizador de Metanol (INYECTOR)</i> | 2 | 67,87 | 135,74 |
| <i>Cableado (Cable #14 y #16)</i> | 1 | 27,00 | 27,00 |
| <i>Implementación del sistema</i> | 1 | 20,00 | 20,00 |
| | Subtotal | | 542,94 |
| CIRCUITO DE CONTROL | | | |
| | Unidades | Costo unitario | Costo total |
| <i>Pantalla indicadora (LCD 16 pines)</i> | 2 | 9,20 | 18,40 |
| <i>Baquelita 10x10</i> | 2 | 0,62 | 1,24 |
| <i>Cloruro férrico</i> | 2 | 0,71 | 1,42 |
| <i>Cable Macho/Hembra para LCD</i> | 1 | 2,14 | 2,14 |
| <i>elementos eléctricos</i> | 1 | 12,83 | 12,83 |
| <i>Soporte de protección del circuito y módulo de inyección</i> | 1 | 20,00 | 20,00 |
| <i>Multímetro automotriz</i> | 1 | 58,00 | 58,00 |
| <i>Elaboración de circuito</i> | 1 | 25,00 | 25,00 |
| | Subtotal | | 139,03 |

CONTINÚA



COLECTOR DE AIRE

Tubería de acero 3 in
Maquinado de tubería
Abrazaderas
Juntas para anclaje de colector

| Unidades | Costo unitario | Costo total |
|----------|----------------|-------------|
| 1 | 15,00 | 15,00 |
| 1 | 35,00 | 35,00 |
| 5 | 3,60 | 18,00 |
| 6 | 3,00 | 18,00 |
| Subtotal | | 86,00 |

PRUEBAS REALIZADAS

Prueba de potencia en dinamómetro
Análisis dinámico de gases
Metanol (Litros)

| Unidades | Costo unitario | Costo total |
|----------|----------------|-------------|
| 2 | 30,00 | 60,00 |
| 4 | 30,00 | 120,00 |
| 8 | 2,50 | 20,00 |
| Subtotal | | 200,00 |

GASTOS VARIOS

Gasolina pruebas y transporte (Galones)
Pernos y tornillos varios
Mantenimiento del vehículo (ABC frenos, cambio de aceite, bujías)
Pintura elementos de soporte
Transporte varios (Peajes, parqueos)

| Unidades | Costo unitario | Costo total |
|----------|----------------|-------------|
| 68,6848 | 2,00 | 137,37 |
| 1 | 9,00 | 9,00 |
| 1 | 45,00 | 45,00 |
| 2 | 6,00 | 12,00 |
| 1 | 30,00 | 30,00 |
| Subtotal | | 233,37 |

GASTOS ADMINISTRATIVOS

Tinta para impresora (pack de 4 colores)
Hojas (resma)
Elementos de oficina
Alimentación (durante las pruebas)
Comunicación
Herramienta (caja de herramientas SATA 56 piezas)

| Unidades | Costo unitario | Costo total |
|----------|----------------|-------------|
| 1 | 35,00 | 35,00 |
| 4 | 3,75 | 15,00 |
| 1 | 17,30 | 17,30 |
| 1 | 57,00 | 57,00 |
| 1 | 30,00 | 30,00 |
| 1 | 67,00 | 67,00 |
| Subtotal | | 221,30 |

Tabla 47

Conteo general de gastos

| <i>Detalle</i> | <i>Valor</i> |
|--|--------------|
| <i>SISTEMA DE INYECCIÓN DE METANOL</i> | 542,94 |
| <i>CIRCUITO DE CONTROL</i> | 139,03 |
| <i>COLECTOR DE AIRE</i> | 86,00 |
| <i>PRUEBAS REALIZADAS</i> | 200,00 |
| <i>GASTOS VARIOS</i> | 233,37 |
| <i>GASTOS ADMINISTRATIVOS</i> | 221,30 |
| <i>TOTAL DE GASTOS</i> | 1422,64 |

5.4. Propuesta de negocio (impulso matriz productiva)

Estrategias financieras

- Realizar un estudio con la finalidad de tener una estimación del alcance y acogida que tendrá el proyecto al ofertarlo en el mercado automovilístico ecuatoriano, con miras a una posible implementación en masa del producto.

Estrategias de mercado

- Analizar la producción del proyecto en masa, con la aplicación de componentes encontrados en el país apoyando a la tendencia implantada por la nueva matriz productiva que apuntala al uso de recursos y mano de obra ecuatoriana.

Macro entorno – Análisis PEST

Políticos:

Restricción a las importaciones: todas las leyes arancelarias implantadas a los productos importados en nuestro país, restringen el surgimiento de empresas con propuestas innovadoras debido a que se necesita la aplicación de tecnologías que no podemos encontrar en nuestro entorno.

Económicos:

Impuestos: El gobierno desde la caída del precio del petróleo, ha creado medidas arancelarias que afectan al sector productivo e importador del Ecuador, la escasa producción de tecnología restringe a todo empresario a abastecerse de elementos de elaboración extranjera y en el caso del proyecto, es necesario la aplicación de insumos foráneos.

Desarrollo económico: la iniciativa del gobierno para apoyar al productor ecuatoriano se contrasta con las limitaciones que existen al momento de producir en el caso de necesitar materia prima que no se encuentra en el país,

y en el caso del proyecto, el impuesto que se aplicaría es del 45 % al ser considerado artículo como repuesto vehicular.

Social:

El costo del producto final dependería del estrato social al que se quiere llegar con el producto tomando en cuenta las características y beneficios que el proyecto aplica al sector automotriz; tomando también en cuenta el poder adquisitivo actual de la población Ecuatoriana debido al estado económico actual del país.

Tecnológicos:

TICS: Mediante las nuevas herramientas tecnológicas resulta menos complicado importar directamente los repuestos descartando la posibilidad de ir hasta el lugar de fabricación

Meso entorno – Análisis PORTER (Industria Automotriz – Venta de Repuestos)

Rivales

En el país no existe rivales por ser un sistema nuevo en el mercado, pero existen empresas que ofrecen alternativas diferentes con diferentes cotizaciones.

Sustitutos

Existen empresas que venden sistemas de inyección de agua aplicado para motores estacionarios con una aparente reducción de gases de escape y mejor rendimiento, restringiendo la aplicación a empresas con este tipo de motores

Proveedores

Los insumos tecnológicos como el módulo de inyección será de empresas extranjeras dedicadas a la fabricación de este elemento, los demás insumos

pueden ser obtenidos dentro del país, teniendo la misma efectividad que los elementos de origen extranjero.

Compradores

Directamente el mercado destinado a personas con vehículos que requieran de más potencia, limitando su aplicación a automotores de carga y para competición.

Nuevas empresas

Al ser un producto de demanda baja, se realizaría bajo pedido del cliente, ya que se necesita adaptaciones exclusivas para cada tipo de vehículo, lo que da lugar a una empresa que compartiría la producción con metalmecánicas y electrónicas.

FODA (Industria Automotriz - Venta de repuestos/accesorios)

Fortalezas

- Pioneros en el mercado al ser un sistema nuevo en la industria de nuestro país.
- Sistema probado y garantía de resultados

Debilidades

- Desconocimiento del sistema de inyección de metanol en el mercado
- Costos altos y poco mercado

Oportunidades

- Nuevas necesidades del consumidor para ahorro de combustible
- Crecimiento del parque automotor

Amenazas

- Importaciones limitadas por los altos aranceles.

- Falta de poder adquisitivo por condición económica de país

Matriz EFE

La matriz de evaluación de los factores externos (EFE) permite a los estrategas resumir y evaluar información económica, social, cultural, demográfica, ambiental, política, gubernamental, jurídica, tecnológica y competitiva.

Tabla 48

Matriz EFE

| Oportunidades | Peso | Calificación | Peso ponderado |
|--|----------|--------------|----------------|
| Nuevas necesidades del consumidor para ahorro de combustible | 0,2 | 4 | 0.60 |
| Relación para producción | 0.10 | 4 | 0.40 |
| Crecimiento del parque automotor del país | 0,13 | 4 | 0,52 |
| Ensamblaje a nivel nacional | 0.07 | 2 | 0.14 |
| Subtotal | | | |
| Amenazas | | | |
| Importaciones limitadas | 0.24 | 2 | 0.48 |
| Altos aranceles | 0.1 | 3 | 0.3 |
| Inestabilidad económica | 0.17 | 3 | 0.51 |
| Limitación de cupo de importación de autos nuevos | 0.14 | 2 | 0.28 |
| Subtotal | | | |
| Total | 1 | | 3.23 |

FODA Cruzado

Tabla 49
Fortalezas y oportunidades

| | |
|--|--|
| Pioneros en el mercado al ser un sistema nuevo en el mercado | Nuevas necesidades del consumidor para ahorrar combustible |
|--|--|

Estrategia: Aumentar la producción de este sistema de inyección de tecnología avanzada, satisfaciendo la demanda de un gran número de

consumidores insatisfechos al no encontrar alternativas al alto consumo de combustible

Tabla 50
Debilidades y oportunidades

| | |
|--|--|
| Desconocimiento del sistema de inyección en el mercado | Alto crecimiento del parque Automotriz |
|--|--|

Estrategia: Realizar publicidad mostrando los beneficios del producto nuestro producto respaldando su efectividad para que las personas se sientan seguras al comprar este sistema.

Tabla 51
Fortalezas y amenazas

| | |
|-------------------------------|---|
| Sistema inyección garantizado | Importaciones limitadas por los altos aranceles |
|-------------------------------|---|

Estrategia: Concientizar a las personas que es un sistema de inyección que contribuye al ahorro de combustible.

Tabla 52
Debilidades y amenazas

| | |
|---|---|
| Costos muy altos de publicidad para atraer clientes y se conozca este mecanismo | Sistema de seguridad a bajo precio de otras empresas. |
|---|---|

Estrategia: Ofrecer descuentos y beneficios que para los consumidores que adquieran más de un producto.

Estrategias

- Expandir y crear mercado en el Ecuador
- Empezar a promocionar el diseño del sistema innovador

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- El sistema de inyección de metanol implementado para analizar la influencia en el rendimiento del motor en parámetros de potencia y consumo, está diseñado para adaptarse al vehículo HYUNDAI SANTA FÉ 4WD 2.7 litros mediante el uso de un acople hermético en la admisión de aire dentro del habitáculo del motor y es abastecido del fluido en estudio por medio de una bomba regulada por un módulo ubicado en el panel de instrumentos, captando así el metanol desde un tanque de almacenamiento ubicado en la parte posterior del automóvil y llevado por una cañería hasta el compartimiento del motor.
- El uso de un circuito controlador del encendido permite aislar al sistema de inyección de metanol implementado, en relación al resto del vehículo, de tal manera que puede encenderse a disposición de la persona que maneja, indicando en qué momento se está llevando a cabo la dosificación del metanol.
- Los resultados obtenidos mediante la evaluación de la potencia del vehículo, luego de ser sometido a la prueba en el dinamómetro de rodillos muestra que se logró mejorar la potencia normal en 10 %, optimizando la potencia a la rueda y la potencia motor en 4% y 11% respectivamente hasta las 3000 RPM.
- La disminución del factor lambda (de 0.99 a 0.88 en la prueba ASM 2525 y de 0.9 a 0.84 en la prueba ASM 5015) indica que la inyección de metanol en la admisión de aire contribuye para obtener una mezcla rica, teniendo en cuenta que se está inyectando la misma cantidad de combustible durante el funcionamiento estándar del motor y con el uso del sistema de inyección del fluido en estudio.
- Mediante la prueba de gases dinámica, los índices de emisión de monóxido de carbono, hidrocarburos, y oxígeno molecular (CO, HC, y O₂),

aumentan tanto en la prueba ASM 2525, así como también en la prueba ASM 5015, debiéndose a que con el uso del metanol pulverizado en la admisión de aire, la composición estequiométrica aire/combustible corresponde a una mezcla “rica” demostrada en la variación del valor lambda obtenido mediante la misma prueba mostrando al igual disminución en los valores Dióxido de Carbono (CO₂).

- El aumento de valores de Monóxido de carbono y de oxígeno molecular (CO y O₂) son resultados exclusivos debido al uso de una mezcla rica para la combustión caracterizada por la inyección del metanol pulverizado.
- Los Hidrocarburos no combustionados aumentan considerablemente en ambos ciclos de prueba (ASM 2525 y ASM 5015) denotando que se está dando una combustión incompleta, esto debido a la disminución de la temperatura de la combustión; cuando se reduce el calor generado por la combustión, las paredes de los cilindros se encuentran a menor temperatura y es en esta frontera donde los hidrocarburos no encuentran el oxígeno necesario para encenderse.
- Los índices de NO_x son indicativos de la temperatura de la combustión, y mediante el análisis dinámico de gases se determinó que al usar metanol se disminuye la emisión de este contaminante, refrigerando directamente la combustión de la gasolina dentro del cilindro.
- La concentración de gramos por kilómetro recorrido que se obtuvo con y sin el uso de metanol en comparación con la legislación ecuatoriana postulada en la norma NTE INEN 2204:2002 indica que las emisiones correspondientes al monóxido de carbono y Óxidos nitrogenados (CO y NO_x) se encuentran bajo el rango permitido, mientras que la producción de hidrocarburos sobrepasa los límites de emisiones aceptadas.
- Mediante la prueba de ruta, se obtiene como resultado la disminución en el consumo de galones de combustible en un 6.35%, comprobando la efectividad del metanol como aditivo elevador de octanaje, ahorrando el 4.33% del valor invertido en dólares tomando en cuenta el costo del metanol.

- Luego de enlazar los resultados de la prueba de ruta (consumo de combustible) y el análisis de emisión de gases (prueba dinámica ASM 5015) se llegó a obtener la emisión de contaminantes con respecto al valor de CO₂ que se está eliminando mediante la combustión, llevándonos a evidenciar la disminución del desecho de CO, HC, y NO_x al ambiente al momento de usar el sistema de inyección de metanol.
- El valor de emisión por kilómetro recorrido de Hidrocarburos no combustionados (HC) con el uso de la inyección de metanol presenta una disminución en relación a la aspiración natural debido a que el valor en galones de combustible consumido es menor que los galones que se está consumiendo cuando existe aspiración natural de aire.
- De igual manera que con los (HC), se evidencia una disminución de la emisión por kilómetro recorrido de monóxido de Carbono (CO) y de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) evidenciando que la aspiración de metanol contribuye para la disminución del consumo de combustible, así como también, para disminución de los contaminantes resultantes de la combustión.

6.2. Recomendaciones.

Luego la culminación del presente proyecto, se presentan las siguientes recomendaciones acompañado de propuestas para la elaboración de futuros proyectos de investigación.

- Para la obtención de la potencia máxima resulta indispensable el uso de un dinamómetro calibrado para vehículos con transmisión automática, ya que el módulo de control de la caja (PCM o TCM), restringe por seguridad la subida abrupta de revoluciones al no detectar movimiento en las ruedas traseras
- Implementar la inyección de metanol a automotores con transmisión de tipo manual para evaluar el comportamiento del sistema de propulsión frente al porcentaje de resistencia a la pendiente debido a las condiciones propias de la topografía de nuestro país.

- Adaptar el sistema de inyección de metanol aplicado a vehículos turboalimentados, ya sean estos funcionales con ciclo Otto o Diesel, con la finalidad de evaluar los parámetros de rendimiento del motor bajo condiciones de sobrealimentación de aire.
- Es posible regular la inyección de gasolina conjuntamente con la dosificación de metanol encontrando un punto donde el factor lambda sea más cercano a los parámetros ideales, esto con la finalidad de obtener una posible disminución de los gases residuales y un probable ahorro de combustible superior que el obtenido en este estudio
- La aplicación de metanol en la combustión reduce la temperatura en el quemado de la gasolina, razón por la cual se abre un estudio de materiales de conformación de blocks y cabezotes ya que el cambio de temperatura produce una diferente fatiga térmica a estos elementos.
- Otra motivo de estudio resultante debido a la disminución de la temperatura de la combustión, es la evaluación del comportamiento de la película de aceite que protege el cilindro, la degradación del aceite sería menor debido a la reducción en la temperatura y así mismo la densidad del aceite tendría un comportamiento diferente.

BIBLIOGRAFÍA

CFR U.S. (s.f.). Título 40, apartado 86.108-00. *Código Federal de Regulaciones*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1 de Diciembre de 2008). Gasolina, Requisitos. *NTE INEN 935*. Quito.

Methanol Institute. (2008). *Boletín Técnico de Producto de Mezclas de Metanol*. Washington D.C.: Methanol Institute.

Ministerio de recursos Naturales no Renovables. (Mayo de 2013). LEY DE HIDROCARBUROS.

Olivera, M. A. (2013). *Diseño de un Dinamómetro de Chasis*. Mexico D.F.: UNAM.

Safety, I. P. (2000). Fichas Internacionales de Seguridad Química. *Fichas Internacionales de Seguridad Química*. España.

Weininger, S. J., & Stermitz, F. R. (2009). *Química orgánica*. Reverte.

NETGRAFÍA

- Alfonsin, G. (08 de Diciembre de 2013). *Autoblog en español*. Recuperado el 1 de Julio de 2015, de <http://es.autoblog.com/2013/12/08/la-inyeccion-de-metanol-en-los-motores-sobrealimentados/>
- Bugli, N. J. (24 de Febrero de 1997). Filter Performance Requirements for Engine Air Induction Systems. *Filter Performance Requirements for Engine Air Induction Systems*. doi:10.4271/970556
- Camacho Dillon, F., Albuja Raza, W., & Enríquez Valladares, C. (2013). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2013*. INEN, DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS ECONÓMICAS, Quito. Recuperado el 2 de agosto de 2015, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/Publicaciones/Anuario_de_Estad_de_Transporte_2013.pdf
- Devil Snow. (2015). *Devil Snow Alcohol Inyection*. Recuperado el 3 de Junio de 2015, de <http://www.alcohol-injection.com/en/6-tanks>
- Dietsche, K.-H. (2005). *Manual de la técnica del automóvil* (Cuarta ed.). Reverte. Recuperado el 16 de Agosto de 2015, de https://books.google.com.ec/books?id=lvDitKKI1SAC&dq=aditivos+para+mejorar+calidad+gasolina&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- EDITORES ECUATORIANOS S.A. (Noviembre de 2012). El nuevo octanaje de la gasolina en el Ecuador. *El Comercio*. Recuperado el 1 de Agosto de 2015, de <http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/>
- Gustato. (2015). *Gustato*. Recuperado el 2015, de <http://gustato.com/petroleo/metanol.html>
- Hsfeatures. (2015). *hsfeatures*. Obtenido de http://hsfeatures.com/features04/fw190a8r11mm_1.htm
- K&N Filtros. (2015). *K&N Filtros*. Recuperado el 28 de junio de 2015, de <http://knfiltros.com/facts.htm>

- Manejo de petróleo y gas. (2015). *Manejo de petróleo y gas*. Obtenido de <http://manejodepetroleoygas.blogspot.com/2013/12/generalidades-de-refinacion-de.html>
- Methanol Institute . (2011). *Methanol Institute*. Recuperado el 30 de marzo de 2015, de <http://www.methanol.org/Methanol-Basics.aspx?lang=es-ES>
- Mopar, K. (4 de Noviembre de 2011). *Challenger talk*. Recuperado el 2 de Junio de 2015, de <http://www.challengertalk.com/forums/f53/everything-you-need-know-about-water-methanol-injection-5271/>
- Parts. (2015). *Parts*. Obtenido de www.parts.com
- Refinacion del petróleo. (2015). *Refinacion del petróleo*. Obtenido de <http://refinaciondelpetroleo.blogspot.com/>
- Rey Hidrógeno*. (4 de Noviembre de 2011). Recuperado el 2 de Junio de 2015, de http://reyhidrogeno.blogspot.com/2011_11_01_archive.html
- Safety, I. P. (2000). Fichas Internacionales de Seguridad Química. *Fichas Internacionales de Seguridad Química*. España. Recuperado el 30 de Marzo de 2015
- Southern Chemical Corporation. (7 de Diciembre de 2012). *Southern Chemical Corporation*. Recuperado el 2 de Junio de 2015, de <http://www.southernchemical.com/wp/wp-content/uploads/2009/12/SCC-MSDS-Spanish1.pdf>
- Textos Científicos.com. (18 de Agosto de 2005). *Textos Científicos.com*. Recuperado el 04 de Mayo de 2015, de <http://www.textoscientificos.com/quimica/metanol>
- Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. (2007). *Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química*. Obtenido de <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/9metanol.pdf>

Zullian, C. (2013). *Manejo de petróleo y gas en superficie*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de <http://manejodepetroleoygas.blogspot.com/2013/12/generalidades-de-refinacion-de.html>

ANEXOS

TABLA DE ANEXOS

- | | |
|---------|--|
| Anexo 1 | Programación del PIC controlador del circuito de encendido del sistema de inyección de metanol. |
| Anexo 2 | Diseño del colector de admisión aplicable para la adaptación del inyector del sistema de inyección de metanol. |
| Anexo 3 | Diseño del sensor MAF perteneciente al vehículo Hyundai Santa Fé 2.7L V6. |
| Anexo 4 | Diseño del complemento de admisión de aire MAF perteneciente al vehículo Hyundai Santa Fé 2.7L V6. |
| Anexo 5 | Circuito urbano aplicable para la prueba de ruta y análisis de consumo de combustible. |
| Anexo 6 | NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002 GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA. |
| Anexo 7 | Artículo técnico. |



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Andrés Sebastián Villacrés Quintana bajo mi supervisión.

ING. DANILO ZAMBRANO

DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. DANILO ZAMBRANO

DIRECTOR DE LA CARRERA

DR. FREDDY JARAMILLO

SECRETARIO ACADÉMICO