



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E
INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE
VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR
EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”**

**DUQUE CABRERA EDWIN JOSÉ
MASAQUIZA MASAQUIZA JUAN PATRICIO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Enero, 29 de 2013

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDWIN JOSÉ DUQUE CABRERA

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO
EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR
EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Fernando González P.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Víctor Bravo M.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDWIN JOSÉ DUQUE CABRERA

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”

Fecha de Examinación: ENERO 29 DE 2013.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Tierra (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Fernando González (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Víctor Bravo (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Enero, 29 de 2013

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JUAN PATRICIO MASAQUIZA MASAQUIZA

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO
EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR
EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Fernando González P.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Víctor Bravo M.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JUAN PATRICIO MASAQUIZA MASAQUIZA

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”

Fecha de Examinación: ENERO 29 DE 2013.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Tierra (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Fernando González (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Víctor Bravo (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Edwin José Duque Cabrera

Juan Patricio Masaquiza Masaquiza

DEDICATORIA

A mis padres, porque siempre creyeron en mí y porque tengo su incondicional apoyo, entregándome valiosos consejos dignos de superación, entrega y perseverancia, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy veo alcanzado mi objetivo, porque siempre estuvieron alentándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque la fe que pusieron en mí, fue lo que me hizo recorrer este tramo de mi vida y llegar al final. Les dedico a ustedes, por lo que valen, por su inmensa fortaleza y por lo que han logrado hacer de mis hermanos y de mí.

Edwin José Duque Cabrera.

Dedico el presente trabajo de tesis a mis queridos padres por todo el apoyo desinteresado que me supieron brindar en toda mi vida estudiantil, a toda mi familia y amigos que con sus palabras de aliento no permitieron que perdiera el deseo de salir adelante.

Dedico esta tesis a mi hermano y mentor Rudy Masaquiza que gracias a su apoyo incondicional y consejos de superación motivaron a que yo pueda concluir con gran parte de mis metas. Para todos ellos dedico este trabajo, con el amor y la sinceridad con que lo he realizado para alcanzar una meta en mi vida profesional.

Juan Patricio MasaquizaMasaquiza.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por darme la fuerza necesaria en los momentos en que más la necesité y por bendecirme en el trayecto de toda mi vida.

También quiero agradecer especialmente a mis padres quienes con su ejemplo de esfuerzo y sabiduría me han guiado por un buen camino de madurez y perseverancia.

En particular al Ing. Fernando González e Ing. Víctor Bravo quienes nos orientaron y aconsejaron de forma desinteresada durante el tiempo que duró este trabajo de tesis.

Quiero agradecer además a mis tíos, hermanos, primos, amigos y personas que directa e indirectamente me dieron su apoyo, gracias a ustedes por ser esa calidad de personas.

Edwin José Duque Cabrera.

Agradezco de manera muy especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH por darme la oportunidad de realizar mis estudios para la obtención del título profesional. A mis maestros quienes con su sabiduría y paciencia me han brindado sus conocimientos

Al Ing. Fernando González e Ing. Víctor Bravo por contribuir con sus valiosos conocimientos en la culminación de este proyecto.

A la Jefatura de Calidad Ambiental del Gobierno Municipal de San Pedro de Pelileo, a la Cooperativa de Transporte “Taita Salasaca” y a todos sus socios que aportaron brindándonos información necesaria para el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de estudio con quienes he compartido buenos y malos momentos como estudiante.

Juan Patricio Masaquiza Masaquiza.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CUATRO TIEMPO	
2.1 Introducción.....	3
2.2 Motor convencional tipo Otto.....	3
2.3 Motor diésel.....	4
2.4 Estructura y funcionamiento.....	5
2.5 Sistemas generales de los motores de cuatro tiempos.....	7
2.5.1 <i>Cámara de combustión</i>	7
2.5.2 <i>Sistema de encendido</i>	8
2.5.3 <i>Sistema de arranque</i>	9
2.5.4 <i>Sistema de alimentación</i>	10
2.5.5 <i>Sistema de distribución</i>	10
2.5.6 <i>Sistema de refrigeración</i>	11
2.6 Aplicaciones de los motores de cuatro tiempos.....	12
3. SISTEMA GENERADOR DE HIDRÓGENO	
3.1 Marco teórico.....	13
3.2 El hidrógeno.....	13
3.2.1 <i>El hidrógeno como combustible</i>	14
3.2.2 <i>Ventajas del hidrógeno como combustible</i>	14
3.3 Generación de hidrógeno.....	15
3.3.1 <i>Electrólisis</i>	16
3.3.2 <i>Descripción de elementos del sistema generador de hidrógeno</i>	17
3.3.2.1 <i>Generador de hidrógeno</i>	17
3.3.2.2 <i>Mangueras</i>	19
3.3.2.3 <i>Abrazaderas</i>	20
3.3.2.4 <i>Electrolito</i>	21
3.3.2.5 <i>Depósito de electrolito</i>	22
3.3.2.6 <i>Hidróxido de sodio</i>	23
3.3.2.7 <i>Agua destilada</i>	24
3.3.2.8 <i>Relé</i>	25
3.3.2.9 <i>Cable eléctrico</i>	26
3.3.2.10 <i>Conectores</i>	29
3.3.2.11 <i>Interruptor</i>	30
3.4 Funcionamiento del sistema generador de hidrógeno.....	31
3.4.1 <i>Sistema eléctrico</i>	32
3.4.2 <i>Sistema mecánico</i>	32
3.5 Cálculo de la producción de hidrógeno.....	32
4. CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES VEHICULARES	
4.1 Problemática.....	38
4.2 Situación Nacional.....	38
4.2.1 <i>Políticas Básicas Ambientales del Ecuador</i>	40
4.2.2 <i>Límites permisibles de contaminación en el Ecuador</i>	41
4.3 Efectos de los principales contaminantes automotrices sobre la salud.....	43
4.3.1 <i>Monóxido de carbono</i>	43
4.3.2 <i>Hidrocarburos</i>	44

4.3.3	<i>Plomo</i>	44
4.3.4	<i>Partículas de hollín</i>	44
4.3.5	<i>Óxidos de nitrógeno</i>	45
4.3.6	<i>Óxidos de azufre</i>	45
5.	ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL GENERADOR DE HIDRÓGENO	
5.1	Propuesta.....	47
5.2	Análisis estadístico de la propuesta.....	47
5.3	Justificación de la propuesta.....	56
5.4	Selección de elementos.....	57
5.5	Verificación de los elementos y del generador de hidrógeno.....	62
5.6	Implementación y montaje del sistema de hidrógeno.....	62
5.6.1	<i>Generador</i>	63
5.6.2	<i>Depósito</i>	64
5.6.3	<i>Burbujeador</i>	65
5.6.4	<i>Colocación de mangueras</i>	66
5.6.5	<i>Conexión eléctrica</i>	71
5.6.5.1	<i>Relé</i>	73
5.6.6	<i>Preparación de electrolito</i>	73
5.7	Comprobación y verificación del funcionamiento del sistema.....	74
5.8	Pruebas.....	75
5.8.1	<i>Equipo a utilizar en las pruebas</i>	75
5.8.1.1	<i>Dinamómetro de chasis (LPS 3000 y ASM)</i>	76
5.8.1.2	<i>Analizador de gases MAHA MGT-5</i>	78
5.8.1.3	<i>Flujómetro</i>	83
5.8.1.4	<i>Dispositivo GPS</i>	83
5.8.2	<i>Pruebas de torque y potencia</i>	84
5.8.3	<i>Pruebas de análisis y gases de escape</i>	86
5.8.4	<i>Pruebas de consumo de combustible</i>	89
5.9	Estudio del vehículo antes de la implementación del generador.....	92
5.9.1	<i>Pruebas en el motor sin generador de hidrógeno</i>	92
5.9.2	<i>Comportamiento del motor del vehículo sin la implementación del sistema generador de hidrógeno</i>	94
5.10	Estudio del vehículo después de la implementación del generador.....	95
5.10.1	<i>Pruebas en el motor con el dispositivo de hidrógeno</i>	95
5.10.2	<i>Comportamiento del motor después de la adaptación del generador de hidrógeno</i>	98
5.11	Análisis de resultados.....	98
5.11.1	<i>Comparación de potencia</i>	98
5.11.2	<i>Comparación de consumo de combustible</i>	100
5.11.3	<i>Comparación de emisiones de gases de escape</i>	101
5.11.4	<i>Observaciones</i>	107
5.11.5	<i>Cálculo de costos</i>	107
5.12	Protección y mantenimiento del generador de hidrógeno.....	108
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	111
6.2	Recomendaciones.....	112

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Código de los diámetros de los conductores.....	28
2	Correspondencia de la sección aproximada en milímetros.....	28
3	Intensidad aceptable en amperios.....	28
4	Diámetros de los conductores empleados en instalaciones eléctricas.	28
5	Valores límites de contaminación (prueba estática) Norma INEN 2204	41
6	Valores límites de contaminación (prueba dinámica) ciclos Americanos INEN 2 204.....	42
7	Valores límites de contaminación (prueba dinámica) ciclos Europeos INEN 2204.....	43
8	Lista de socios y vehículos que laboran en la Cooperativa "Taita Salasaca"	47
9	Número de unidades de acuerdo a las marcas de vehículos.....	51
10	Ruta de ida de los vehículos.....	52
11	Ruta de regreso de los vehículos.....	52
12	Jornada laboral de lunes a viernes.....	52
13	Jornada laboral de sábados a domingo.....	54
14	Consumo de combustible diario marca Mazda.....	54
15	Consumo de combustible diario marca Toyota.....	54
16	Consumo de combustible diario marca Ford.....	55
17	Consumo de combustible diario marca Chevrolet.....	55
18	Consumo de combustible diario marca Skoda.....	55
19	Comparación del consumo de combustible de las marcas de vehículos de la empresa.....	56
20	Selección de materiales para el sistema generador de hidrógeno.	59
21	Condiciones ambientales.....	92
22	Datos obtenidos en las pruebas de potencia y torque sin generador.	92
23	Datos de las pruebas de emisiones de escape sin generador.....	93
24	Resultados obtenidos en las pruebas de consumo de combustible sin generador.....	94
25	Condiciones ambientales.....	96
26	Datos de potencia y torque obtenidos con el generador.....	96
27	Resultados de gases de escape con el generador.....	97
28	Resultado obtenido en las pruebas de consumo de combustible con el generador.....	97
29	Comparación de potencia	98
30	Comparación de consumo de combustible.....	100
31	Comparación de emisiones de monóxido de carbono.....	102
32	Comparación de emisiones de hidrocarburos no combustionados.	103
33	Comparación de emisiones de dióxido de carbono.....	104
34	Comparación de emisiones de oxígeno.....	105
35	Comparación de emisión de óxidos de nitrógeno.....	106
36	Costos del proyecto.....	107
37	Plan de mantenimiento del sistema generador de hidrógeno....	108

LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
1	Motor Otto de 4 tiempos.....	3
2	Motor diésel de 4 tiempos.....	4
3	Descripción gráfica del funcionamiento del motor de 4 tiempos.	6
4	Sección interna de la cámara de combustión en motores de 4 tiempos.....	8
5	Encendido convencional.....	9
6	Motor de arranque.....	9
7	Distribución de combustible.....	10
8	Accionamiento de la distribución de un motor.....	11
9	Refrigeración del motor del automóvil.....	12
10	Electrólisis del agua.....	17
11	Generador de hidrógeno.....	18
12	Mangueras de goma transparentes.....	20
13	Abrazaderas.....	21
14	Depósito de electrolito.....	23
15	Hidróxido de sodio en polvo.....	24
16	Agua desmineralizada	24
17	Relés.....	25
18	Cable eléctrico.....	26
19	Conectores eléctricos.....	29
20	Interruptor eléctrico.....	30
21	Dimensión de placas del generador de hidrógeno.....	33
22	Conexión del amperímetro.....	34
23	Marcas vs unidades.....	51
24	Porcentaje de combustible consumido	56
25	Generador de Hidrógeno a carburador 1800 cc.....	57
26	Generador de Hidrógeno a inyección 1800 cc.....	58
27	Generador de Hidrógeno a carburador 2800 cc.....	58
28	Generador de Hidrógeno a inyección 2800 cc.....	58
29	Jaula empernada al vehículo	64
30	Fijación del generador en el vehículo.....	64
31	Adaptación de la placa de sujeción al depósito de electrolito.....	65
32	Adaptación del depósito de electrolito al vehículo.....	65
33	Instalación del burbujeador al chasis del vehículo.....	66
34	Manguera del múltiple de admisión perforada.....	66
35	Instalación del adaptador de mangueras en el depósito.....	67
36	Entrada de electrolito al generador	67
37	Salida de electrolito del depósito	68
38	Salida de hidrógeno del depósito	68
39	Entrada de hidrógeno al motor	69
40	Salida de oxígeno y electrolito del generador.....	69

41	Entrada de electrolito y oxígeno del burbujeador.....	70
42	Salida de electrolito del burbujeador.....	70
43	Salidas laterales de hidrógeno del generador.....	70
44	Depósito y burbujeador.....	71
45	Relé de la bomba.....	72
46	Medición de 12 V del relé de la bomba.....	72
47	Instalación del interruptor del generador en el interior del habitáculo del vehículo.....	73
48	Taller de pruebas CCICEV.....	76
49	Dinamómetro de chasis LPS 3000.....	77
50	Dinamómetro de chasis ASM.....	77
51	Consola de comunicación LPS 3000.....	78
52	Analizador de gases MAHA MGT-5.....	78
53	Software LPS 3000 introducción de datos.....	79
54	Software LPS 3000 tipo de prueba.....	79
55	Software LPS 3000 carga del vehículo.....	79
56	Software LPS 3000 comportamiento del vehículo.....	80
57	Software LPS 3000 representación de resultados.....	80
58	Software EURO SYSTEM V:1.04 datos del vehículo.....	81
59	Software EURO SYSTEM V:1.04 selección del tipo de prueba..	81
60	Software EURO SYSTEM V:1.04 subir barra de elevación.....	81
61	Software EURO SYSTEM V:1.04 resultados de la prueba.....	82
62	Software EURO SYSTEM V:1.04 guardar datos.....	82
63	Software EURO SYSTEM V:1.04 pantalla de datos guardados..	82
64	Flujómetros.....	83
65	Dispositivo GPS.....	83
66	Ingreso del vehículo para prueba de potencia.....	84
67	Ubicación del auto en los rodillos.....	85
68	Inspección del técnico de la ubicación del vehículo.....	85
69	Colocación del arnés de seguridad.....	85
70	Ajuste del arnés de seguridad	86
71	Simulador de túnel de viento	86
72	Adaptación de equipos.....	86
73	Ubicación del vehículo para análisis de gases de escape.....	88
74	Dinamómetro ASM para pruebas de análisis de gases.....	88
75	Analizador de gases escape.....	88
76	Equipo de medición de análisis de gases MGT-5.....	89
77	Datos de medición de análisis de gases.....	89
78	Instalación de flujómetro.....	90
79	Flujómetros adaptados en el vehículo.....	90
80	Flujómetros instalados en la salida y retorno de combustible....	90
81	Dispositivo de señal de pulsos enviados por los flujómetros.....	91
82	Conexión del display de pulsos.....	91
83	Salida del vehículo para pruebas en carretera.....	91

84	Curvas del comportamiento del motor a gasolina.....	95
85	Curvas del funcionamiento del motor del vehículo a gasolina e hidrógeno.....	98
86	Gráfica de comparación de potencia.....	100
87	Gráfica de comparación de consumo de combustible.....	101
88	Gráfica de comparación de monóxido de carbono.....	102
89	Gráfica de comparación de hidrocarburos no combustionados..	103
90	Gráfica de comparación de dióxido de carbono.....	104
91	Gráfica de comparación de oxígeno.....	105
92	Gráfica de comparación de óxidos de nitrógeno.....	107

LISTA DE ABREVIACIONES

2T	Dos tiempos
4T	Cuatro tiempos
A	Área
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ASM	Modo de Simulación Acelerada (AccelerationSimulationMode)
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
BMW	(Fábricas Bávaras de Motores) Bayerische Motoren Werke
CCICEV	Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares
CE	Conformidad Europea
DOHC	Doble árbol de levas en cabezote
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EPA	Agencia de Protección Ambiental (Environment Agency Protection)
EPN	Escuela Politécnica Nacional
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global PositioningSystem)
H	Hidrógeno elemental
H ₂	Hidrógeno di atómico
IA	Primer grupo de la tabla periódica
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
K	Constante de ionización ácida
KOER	Key On Engine Run (prueba con llave en contacto y motor encendido)
MAE	Ministerio del Ambiente Ecuatoriano
OHV	Árbol de levas en el bloque
OMS	Organización Mundial de la Salud
PMA	Programa de Mitigación Ambiental

PMI	Punto muerto inferior
PMS	Punto muerto superior
PNCA	Plan Nacional para la Calidad del Aire
PPM	Partes por millón
PRT	Plantas de Revisión Técnica
PVC	Cloruro de Polivinilo
R.O.	Registro oficial (Ecuatoriano)
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SOHC	Árbol de levas en cabeza simple
SV	Válvulas laterales
VW	Volkswagen (Automóvil del Pueblo)

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos técnicos del vehículo
- B** Diagrama eléctrico del sistema generador de hidrógeno
- C** Secuencia de pasos para las pruebas en el vehículo
- D** Detalles técnicos del generador de hidrógeno
- E** Especificaciones técnicas del equipo de pruebas
- F** Modelo de encuesta.
- G** Características técnicas de la gasolina extra utilizada en las pruebas
- H** Normas y reglamentos
- I** Documentación legal certificada

RESUMEN

La investigación se titula “IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”.

Se ha implementado un Dispositivo Generador de Hidrógeno en el Motor de un Vehículo Mazda BT-50 a gasolina con el propósito de reducir las emisiones contaminantes que se producen. Con este Dispositivo Generador de Hidrógeno se pretende comprobar la disminución de elementos contaminantes producidos por la combustión en el interior del Motor del Automóvil, agregando Gas de Hidrógeno en la mezcla de aire combustible.

El Sistema Generador de Hidrógeno consta principalmente de un Generador de Hidrógeno, electrolito, depósito de electrolito, burbujeador, mangueras, conexión eléctrica suministrada por la Batería y activación desde el habitáculo del Vehículo.

Activado el Generador de Hidrógeno por el conductor con el Motor en marcha, dentro del generador se produce un proceso químico llamado Electrólisis que separa el Hidrógeno y el Oxígeno del agua, el generador tiene una salida de oxígeno que va al exterior es decir a la atmósfera, mientras que las dos salidas de hidrógeno llegan en estado gaseoso al interior del Motor.

Las pruebas en el vehículo, se las realiza sin el generador y con el Generador de Hidrógeno implementado, son de: Potencia, Torque, consumo de combustible y análisis de gases de escape siguiendo un ordenado y detallado protocolo de pruebas.

Los resultados obtenidos fueron objeto de rigurosos análisis comparativos entre el funcionamiento y comportamiento del Motor a gasolina y el Motor con Hidrógeno y gasolina.

ABSTRACT

MECHANICS

IMPLEMENTING A DEVICE TO PROVIDE HYDROGEN IN A MAZDA ENGINE

It is important to reduce environmental pollution which has been caused by engine cars and therefore automotive industry is researching methods to reduce emission of gases from cars. This project has been developed to implement a mechanical device which will provide hydrogen gas in a Mazda BT-50 2.2 L. engine and will reduce pollutant gas emissions.

This research was based on the hydrogen generator by means of the analytical method of its components such as electrolyte, electrolyte container, bubble maker, hoses, power suppliers from a battery, and connections from the panel control. Hydrogen generator is started up by the driver when the engine is running; by means of the chemical process known as electrolysis, water is decomposed into hydrogen and oxygen. Oxygen goes up to the air and hydrogen gas flow into the engine by suction. Some comparisons were made between gasoline engine and hydrogen-gasoline engine taking into account exhaust gases, power, torque, and fuel consumption.

Result showed that: pollutant gases were reduced; power engine was increased; and fuel consumption was reduced.

Conclusions showed that the use of the hydrogen supplier in internal combustion engines will reduce pollutant gas emissions and increase its power.

Recommendations include fittings of hydrogen metal containers to store it under pressure; and to implement a hydrogen measurer to inject it by pressure.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad el consumo de combustibles derivados del petróleo es muy elevado, arrastrando consigo la mayor parte de contaminantes que se producen en el planeta los cuales son nocivos para el ambiente y para las personas, es por esto que ahora se investigan diferentes formas de energías alternativas que disminuyan en forma considerable la contaminación ambiental.

El sector de la Industria Automotriz del país requiere contar con ideas aplicables en la búsqueda de alternativas que contribuyan a reducir la contaminación ambiental, es por ello que, La Jefatura de Calidad Ambiental del Gobierno Municipal de San Pedro de Pelileo, se suma a colaborar y respaldar todo tipo de investigación enfocada a la reducción de emisiones contaminantes producidas por el parque automotor.

1.2 Justificación

La industria automotriz se somete continuamente a procesos de renovación, tanto en diseño como en construcción de motores de combustión interna, con el propósito de conseguir un elevado rendimiento en cuanto a la potencia lo que conlleva a un elevado consumo de combustible dando lugar a la producción de mayores emisiones de gases contaminantes que atentan contra la salud y el medio ambiente.

Con la intención de aportar con una alternativa ecológica muy eficiente para lograr menos contaminación y un mejor rendimiento en la potencia de los motores de combustión interna, se ha optado por el uso de hidrógeno como parte del combustible mediante un sistema de generación e inyección del mismo en el motor durante el tiempo de llenado de la cámara de combustión.

Por tal motivo, la empresa de transporte “Taita Salasaca” en concordancia con La Jefatura de Calidad Ambiental del Gobierno Municipal de San Pedro de Pelileo, solicita a la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH el servicio profesional técnico-

científico para realizar el estudio de la alternativa adecuada para la reducción de gases contaminantes.

La ESPOCH en Resolución No.3663- CD.2011 acepta la solicitud por medio de “IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES” con lo que se pretende también elevar el nivel técnico y la capacidad intelectual que se debe tener en la formación profesional.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Implementar un generador e inyector de hidrógeno en un motor de vehículo Mazda BT-50 2.2 L, para reducir emisiones de gases contaminantes.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Instalar el dispositivo generador de hidrógeno en el motor del vehículo.

Estudiar y analizar en detalle todo lo referente a la implementación del generador de hidrógeno.

Realizar pruebas, calibraciones y verificaciones del generador de hidrógeno con el motor en funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CUATRO TIEMPOS

2.1 Introducción.

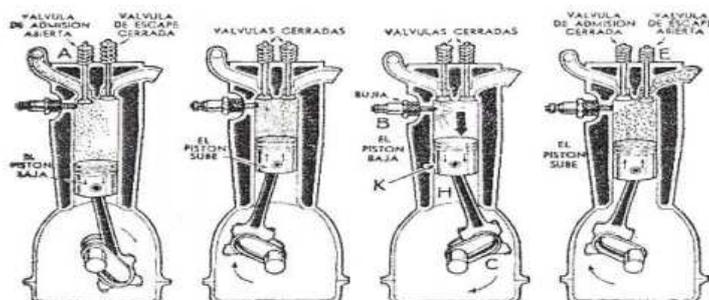
Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en sí misma.

Desde los primeros indicios de la aplicación de motores de combustión interna, a la época actual, el desarrollo se ha centrado en el perfeccionamiento de las factorías para producir más y mejores motores, de igual manera se ha desarrollado materiales, lubricantes, procesos de fabricación y modificaciones al funcionamiento, que si bien lo son, hasta ahora nunca se ha tocado la forma como transcurre el ciclo de funcionamiento.

El diseño propuesto hace más de 135 años por el Señor FEDERICO AUGUSTO OTTO se ha depurado hasta llegar al límite de los rendimientos mecánico y cualitativo, todo esto producto de ingeniosos destellos creativos y muchísimas horas de labor. Aun así el rendimiento orgánico del conjunto apenas si alcanza un incipiente cuarenta por ciento. Claro que recordando el quince por ciento de rendimiento de la majestuosa maquina a vapor, notamos un gran avance.

2.2 Motor convencional tipo Otto

Figura 1. Motor Otto de 4 tiempos [1]



Fuente: PAZ, Arias. Manual de Automóviles

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos (4T), aunque en fuera borda y vehículos de dos ruedas hasta una cierta cilindrada se utilizó mucho el motor de dos tiempos (2T). El rendimiento térmico de los motores Otto modernos se ve limitado por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

La termodinámica nos dice que el rendimiento de un motor alternativo depende en primera aproximación del grado de compresión. Esta relación suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano para evitar el fenómeno de la detonación, que puede producir graves daños en el motor. La eficiencia o rendimiento medio de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica.

2.3 Motordiesel

Figura 2. Motor diésel de 4 tiempos[2]



Fuente:http://3.bp.blogspot.com/TsNZrfmg0M8/To2vAbiOw1I/AAAAAAAAAxI/Ijib_BFkoS4/s400/dieselengine1.jpg

En teoría, el ciclo diésel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de producirse a una presión constante. La mayoría de los motores diésel son asimismo del ciclo de cuatro tiempos, salvo los de tamaño muy grande, ferroviario o marino, que son de dos tiempos. Las fases son diferentes de las de los motores de gasolina.

En la primera fase, la de admisión, el pistón sale hacia fuera, y se absorbe aire hacia la cámara de combustión. En la segunda carrera, la fase de compresión, en que el pistón se acerca. El aire se comprime a una parte de su volumen original, lo cual hace que suba su temperatura hasta unos 850 °C. Al final de la fase de compresión se inyecta el combustible a gran presión mediante la inyección de combustible con lo que

se atomiza dentro de la cámara de combustión, produciéndose la inflamación a causa de la alta temperatura del aire. En la tercera fase, la fase de trabajo, los gases producto de la combustión empujan el pistón hacia fuera, transmitiendo la fuerza longitudinal al cigüeñal a través de la biela, transformándose en fuerza de giro par motor. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de escape, cuando vuelve el pistón hacia dentro.

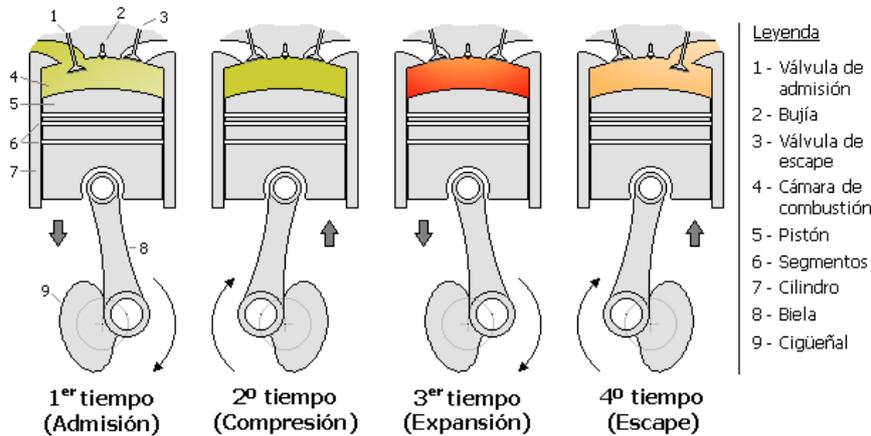
Algunos motores diésel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible al arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada.

La eficiencia o rendimiento (proporción de la energía del combustible que se transforma en trabajo y no se pierde como calor) de los motores diésel dependen, de los mismos factores que los motores Otto, es decir de las presiones (y por tanto de las temperaturas) inicial y final de la fase de compresión. Por lo tanto es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40%. En los grandes motores de dos tiempos de propulsión naval. Este valor se logra con un grado de compresión de 20 a 1 aproximadamente, contra 9 a 1 en el Otto. Por ello es necesaria una mayor robustez, y los motores diésel son, por lo general, más pesados que los motores Otto. Esta desventaja se compensa con el mayor rendimiento y el hecho de utilizar combustibles más baratos.

2.4 Estructura y funcionamiento

Se denomina motor de cuatro tiempos al motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo diésel, que precisa cuatro, o en ocasiones cinco, carreras del pistón o émbolo (dos vueltas completas del cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son:

Figura 3. Descripción gráfica del funcionamiento del motor de 4 tiempos[3]



Fuente: GERSCHLER, Hellmut. Tecnología del Automóvil. Tomo 2

Primer tiempo o admisión. En esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira 180° , el árbol de levas da 90° , la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.

Segundo tiempo o compresión. Al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° , y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

Tercer tiempo o explosión/expansión. Al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diésel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se auto inflama por la presión y temperatura existente en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° mientras que el árbol de levas gira 90° , ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

Cuarto tiempo o escape. En esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de combustión, que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y

se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas gira 90° .

2.5 Sistemas generales de los motores de cuatro tiempos

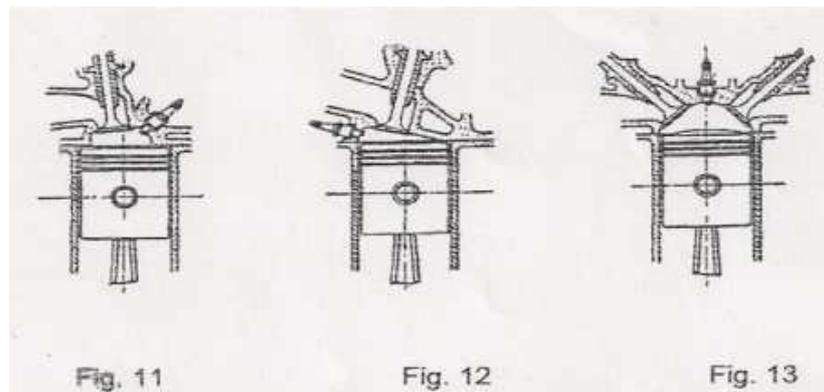
Los motores Otto y los diésel tienen los mismos elementos principales, (bloque, cigüeñal, biela, pistón, culata, válvulas) y otros específicos de cada uno, como la bomba inyectora de alta presión en los diésel, o antiguamente el carburador en los Otto.

En los 4T es muy frecuente designarlos mediante su tipo de distribución: SV (válvulas laterales), OHV (árbol de levas en el bloque), SOHC (árbol de levas en cabeza simple), DOHC (doble árbol de levas en cabezote). Es una referencia a la disposición de los árboles de levas.

2.5.1 Cámara de combustión. La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y que en su interior se desliza un pistón muy ajustado al cilindro. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por una biela al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

En los motores de varios cilindros, el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje.

Figura 4. Sección interna de la cámara de combustión en motores de 4 tiempos [4]



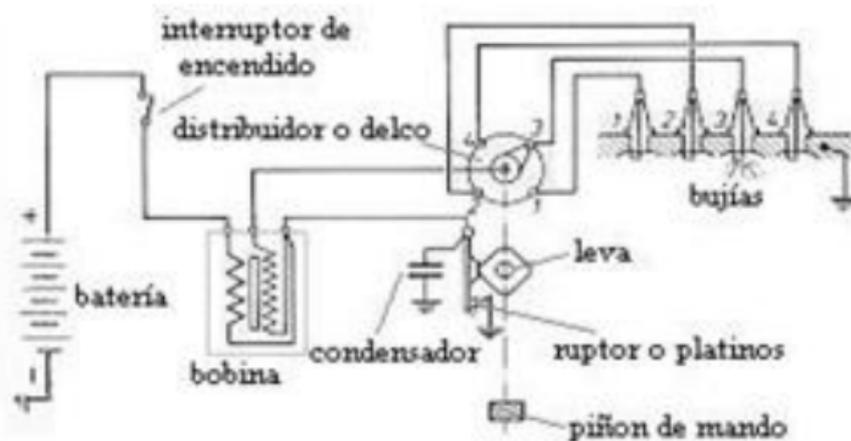
Fuente: MARTÍNEZ, G. Manual del Automóvil. El motor de gasolina. Tomo 1

2.5.2 Sistema de encendido. Los motores necesitan una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. En los motores Otto, el sistema de ignición consiste en un componente llamado bobina de encendido, que es un auto-transformador de alto voltaje al que está conectado un conmutador que interrumpe la corriente del primario para que se induzca un impulso eléctrico de alto voltaje en el secundario.

Dicho impulso está sincronizado con la etapa de compresión de cada uno de los cilindros, el impulso se lleva al cilindro correspondiente (aquel que está comprimido en ese momento) utilizando un distribuidor rotativo y unos cables de grafito que dirigen la descarga de alto voltaje a la bujía. El dispositivo que produce la ignición es la bujía que, fijado en cada cilindro, dispone de dos electrodos separados unas décimas de milímetro, entre los cuales el impulso eléctrico produce una chispa, que inflama el combustible.

Si la bobina está en mal estado se sobrecalienta; esto produce pérdida de energía, aminora la chispa de las bujías y causa fallos en el sistema de encendido del automóvil.

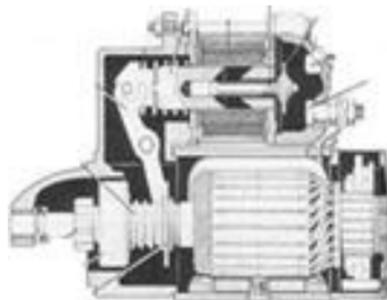
Figura 5. Encendido convencional[5]



Fuente:ALONSO, José.Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico

2.5.3 Sistema de arranque. Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor.

Figura 6. Motor de arranque[6]



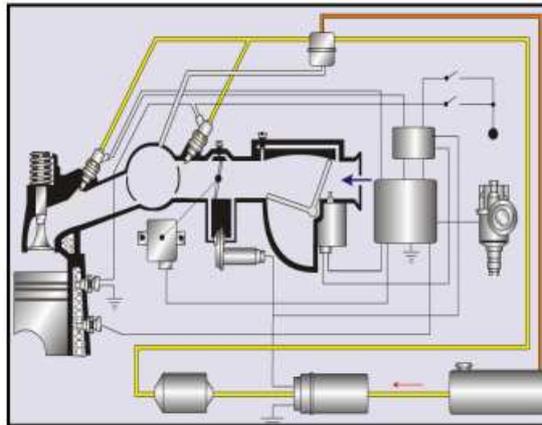
Fuente:ALONSO, José.Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico

Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal. Ciertos motores grandes utilizan iniciadores explosivos que, mediante la explosión de un cartucho mueven una turbina acoplada al motor y proporcionan el oxígeno necesario para alimentar las cámaras de combustión en los primeros movimientos. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

2.5.4 Sistema de alimentación. El sistema de alimentación de combustible de un motor Otto consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo dosificador de combustible que vaporiza o atomiza el combustible desde el estado líquido, en las proporciones correctas para poder ser quemado. Se llama carburador al dispositivo que hasta ahora venía siendo utilizado con este fin en los motores Otto. Ahora los sistemas de inyección de combustible lo han sustituido por completo por motivos medioambientales. Su mayor precisión en la dosificación de combustible inyectado reduce las emisiones de CO₂, y aseguran una mezcla más estable. En los motores Diésel se dosifica el combustible gasoil de manera no proporcional al aire que entra, sino en función del mando de aceleración y el régimen motor (mecanismo de regulación) mediante una bomba inyectora de combustible.

En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se lleva los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. La mayor parte de los motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta fuera del vehículo y amortigua el ruido de los gases producidos en la combustión.

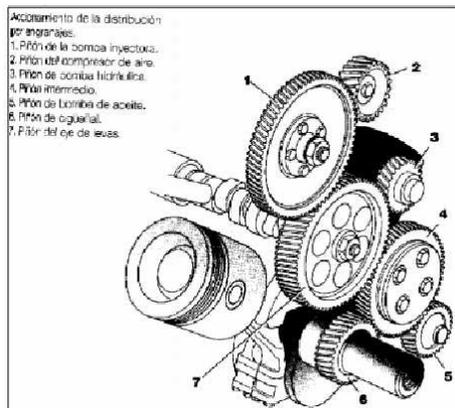
Figura 7. Distribución de combustible[7]



Fuente:RUEDA SANTANDER, Jesús.Manual Técnico de Fuel Injection

2.5.5 Sistema de distribución. Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes.

Figura 8. Accionamiento de la distribución de un motor[8]

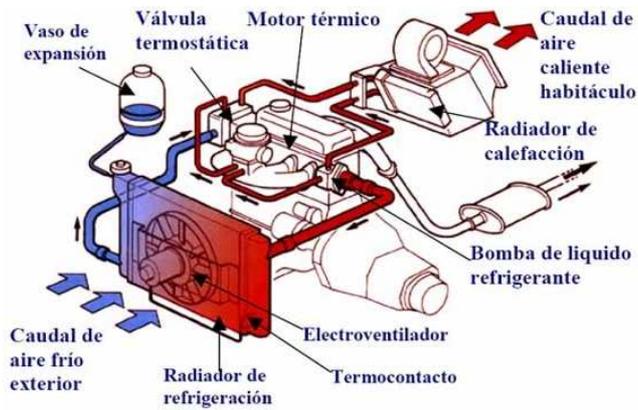


Fuente: Camiones y vehículos pesados. Motor diésel

Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la cadena o la correa de distribución. Ha habido otros diversos sistemas de distribución, entre ellos la distribución por camisa corredera.

2.5.6 Sistema de refrigeración. Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones y los motores fueraborda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro. En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente porque los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua. Esto provoca una alta presión en el sistema de enfriamiento dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua así como en el radiador; se usa un refrigerante, pues no hierve a la misma temperatura que el agua, sino a más alta temperatura, y que tampoco se congela a temperaturas muy bajas.

Figura 9. Refrigeración del motor del automóvil[9]



Fuente: http://www.naikontuning.com/mecanica/sistema-refrigeracion/circuito-refrigerante/circuito_de_refrigeracion.jpg

2.6 Aplicaciones de los motores de cuatro tiempos

Maquinaria agrícola (tractores, cosechadoras), propulsión ferroviaria, propulsión marina, aérea, automóviles y camiones.

Vehículos de propulsión a oruga. Grupos generadores de energía eléctrica (centrales eléctricas y de emergencia). Accionamiento industrial (bombas, compresores, especialmente de emergencia).

CAPÍTULO III

3. SISTEMA GENERADOR DE HIDRÓGENO

3.1 Marco Teórico

El hidrógeno fue descubierto a finales del siglo XVII por Henry Cavendish. Es el gas más ligero de todos los elementos y además es el elemento más difícil de situar en la tabla periódica. Por el número y tipo de electrones debe estar en el grupo IA y de hecho la mayoría de los autores lo colocan en este lugar, pero también podrían colocarse en el grupo VIIA, ya que le falta un electrón para tener los mismos que el gas noble siguiente, el helio.

3.2 El hidrógeno

Es un elemento químico representado por el símbolo H y con un número atómico de 1. En condiciones normales de presión y temperatura, es un gas diatómico (H_2) incoloro, inodoro, insípido, no metálico y altamente inflamable. Con una masa atómica de 1,00794u, el hidrógeno es el elemento químico más ligero y es, también, el elemento más abundante, constituyendo aproximadamente el 75% de la materia visible del universo.

En su ciclo principal, las estrellas están compuestas por hidrógeno en estado de plasma. El hidrógeno elemental es muy escaso en la Tierra y es producido industrialmente a partir de hidrocarburos como, por ejemplo, el metano. La mayor parte del hidrógeno elemental se obtiene "in situ", es decir, en el lugar y en el momento en el que se necesita. El hidrógeno puede obtenerse a partir del agua por un proceso de electrólisis, pero resulta un método mucho más caro que la obtención a partir del gas natural.

Sus principales aplicaciones industriales son el refinado de combustibles fósiles (por ejemplo, el hidrocracking) y la producción de amoníaco (usado principalmente para fertilizantes). Desde 1825 Samuel Brown (Ingeniero Inglés) desarrolló y patentó un motor que utilizaba como combustible una mezcla de hidrógeno y oxígeno.

En la actualidad las principales armadoras automotrices como BMW, Mercedes, VW, Ford, Toyota y Honda tienen autos que funcionan únicamente con Hidrógeno con una gran autonomía, potencia y con cero contaminantes.

3.2.1 *El hidrógeno como combustible.* El hidrógeno se ha dado a llamar el "combustible del futuro" debido a sus muchas virtudes: Entra en combustión a muy alta temperatura, contiene mucha más energía que una cantidad de petróleo de igual peso, produce mucha menos polución atmosférica pues condensando el vapor se transforma en un líquido que puede beberse, ya que combinado con el oxígeno de la atmósfera produce agua. No existe sobre la Tierra hidrógeno libre (no combinado) y sólo se puede encontrar en la atmósfera y en muy escasa proporción. Pero en cambio no hay escasez de la materia prima necesaria para producirlo. Todo lo que hace falta es agua y alguna otra forma de energía.

3.2.2 *Ventajas del hidrógeno como combustible.* En un motor de Hidrógeno, se reduce la polución notablemente. No se despiden hidrocarburos sin quemar, pero en el calor producido por la reacción del hidrógeno puede combinarse algo de nitrógeno del aire con el oxígeno produciendo óxidos de nitrógeno. Una solución a este problema consiste en inyectar agua, que se vaporiza en el cilindro cuando el hidrógeno entra en combustión y reduce la temperatura hasta un nivel en el que se detienen las reacciones del hidrógeno. Al mismo tiempo, el vapor de agua aumenta el volumen del gas en expansión en el pistón: en realidad contribuye a que el motor transmita su energía de un manera más eficaz. En los primeros vehículos de este tipo se hacía necesario agregar un tanque de agua y rellenarlo con frecuencia. En diseños posteriores, el agua se recuperaba a partir de los gases originados en la combustión. Al despedir sólo un contaminador potencial, el hidrógeno supera con mucho al petróleo que produce varios cuya eliminación resulta costosa.

En otras de las soluciones posibles a estos problemas, el motor no tiene carburador. En cada golpe afluye el mismo volumen de aire y se inyecta un volumen medido de hidrógeno cuya cantidad real se controla mediante el pedal del acelerador.

Uno de los pioneros de este tipo de energía, Roger Billings (Provo, Utah), comenzó en sus épocas de escolar convirtiendo un antiguo Ford A tipo camioneta, utilizó la caja posterior para transportar media docena de pesadas bombonas de gas comprimido, pero esto sólo le permitía recorrer 6 km. Tampoco ofrecía garantías de seguridad pues basta con quitar la válvula a una bombona llena de gas para que se transforma en un peligroso proyectil a chorro.

La organización de investigaciones aeroespaciales DFVLR (Alemania) afirmó haber resuelto las dificultades de almacenamiento del hidrógeno líquido con su invento de un depósito construido como un recipiente de vacío que mantiene al hidrógeno por debajo

de su punto de ebullición (-253 °C), estrenado en su primer coche experimental propulsado por hidrógeno líquido en 1980.

3.3 Generación de hidrógeno

Se pueden plantear diferentes alternativas para la producción del H. Uno de tantos y bastante prometedor, consiste en una planta de producción de metano, proceso llevado a cabo en Chicago, donde el H es una etapa intermedia. En dicho proceso, el H debería resultar más barato que el metano. En la actualidad, el H se produce en grandes cantidades sobre todo por el proceso inverso: a partir de gas natural. Dos fábricas situadas en Los Ángeles son capaces de producir 30 Tm/día quemando metano en presencia de agua, descomponiéndola por ese medio para liberar H. El O se combina con el C del metano formando CO₂, destinado a la fabricación de bebidas gaseosas.

La electrólisis es una manera eficaz de obtener H. Este, en el proceso, no se produce en su forma molecular normal (H₂) sino como átomos aislados (H) que pueden atacar a una gran gama de materiales. Los electrodos en particular están expuestos a una rápida corrosión de modo que se hacen necesarios metales nobles muy costosos, como el oro o el platino. Pero recientemente se ha llegado a un electrólito polímero sólido que permite pasar fuertes corrientes a través de delgadas membranas de plástico haciendo sólo una pequeña inversión en platino dividido finamente. Como resultado de ello el costo de capital ha descendido hasta un nivel que, aun cuando la planta sólo se usara un tercio del tiempo, haría que el proceso fuese rentable. El proceso es reversible: en la misma célula se recombinarán el oxígeno y el hidrógeno para volver a producir electricidad de una manera muy eficaz. En los coches podrían dar como resultado el necesario aumento de autonomía.

El almacenamiento de energía en forma de H nos permitirá aprovechar fuentes de energía discontinuas y ocasionales de energía natural, así como complementar los suministros eléctricos en las horas puntas de demanda. Un ejemplo sería aprovechar las centrales nucleares de forma constante y no como puntas de carga, tal y como se utilizan en algunas zonas del planeta.

La obtención de H a partir de calor solar o nuclear está aún por ver. Este proceso no es fácil ya que se requiere una temperatura de 3000 °C para dissociar los gases componentes del agua, e incluso así resultaría difícil separarlos antes de que se volvieran a enfriar recombinándose.

3.3.1 Electrólisis. Procede de dos radicales, “electro” que hace referencia a electricidad y “lisis” que quiere decir división. A partir de la electrólisis se estudian procesos en que la energía eléctrica ocasiona cambios químicos en compuestos iónicos fundidos elevados al estado líquido, o en soluciones o mezclas homogéneas de electrolitos. En un proceso de electrólisis, la corriente eléctrica puede separar sustancias iónicas o soluciones con sustancias electrolíticas disueltas.

El proceso de electrólisis se realiza en la celda electrolítica, consiste en un recipiente donde se coloca la sustancia que se va a electrolizar; dentro de esta misma sustancia se sumergen dos conductores eléctricos llamados electrodos, construidos por materiales inertes que se conectan en una fuente de corriente directa.

El polo positivo de la batería se representa mediante una línea delgada y larga, y el negativo mediante una línea gruesa y corta. A los electrodos se les llama cátodo (polo negativo), conectado al polo positivo de la batería, y el ánodo (polo positivo) se conecta al polo negativo de la misma batería. La corriente eléctrica es un flujo de electrones impulsados por la acción de una batería que los saca del ánodo (dejándolo por esto con carga positiva) y los conduce hasta el cátodo (dejándolo por tal razón con carga negativa)

La sustancia por electrolizar, depositada en la celda electrolítica, se disocia en iones por la estabilidad química; los cationes son atraídos hacia el ánodo. Conviene recordar que el cátodo y el ánodo han adquirido corriente eléctrica por la acción de la batería conectada a los electrodos.

Mediante análisis espectroscópico y de rayos X se ha determinado el ángulo de enlace entre el hidrógeno y el oxígeno, que es de 104.5° , y la distancia media entre los átomos de hidrógeno y oxígeno, que es de $96,5 \text{ pm}$ o, lo que es lo mismo, $9,65 \times 10^{-8}$ milímetros.

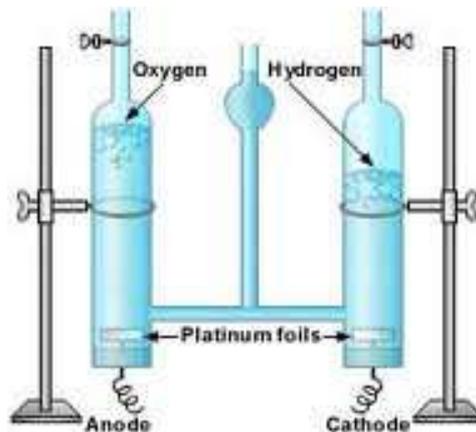
La disposición de los electrones en la molécula de agua le comunica asimetría eléctrica por la diferente electronegatividad del hidrógeno y del oxígeno. La electronegatividad es la capacidad de un átomo para atraer los electrones compartidos en un enlace covalente.

Como el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno, es más probable que los electrones, que poseen carga negativa, estén más cerca del átomo de oxígeno que del de hidrógeno, lo cual provoca que cada átomo de hidrógeno tenga una cierta carga

positiva que se denomina carga parcial positiva, y el de oxígeno, una negativa, ya que tiene los electrones más cerca. Esto significa que el agua es una molécula polar, pues tiene una parte o polo negativa y otra positiva, aunque el conjunto de la molécula es neutro. De este carácter polar derivan casi todas sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.

Cuando dos moléculas de agua están muy cerca entre sí se establece una atracción entre el oxígeno de una de las moléculas, que tiene carga parcial negativa, y uno de los hidrógenos de la otra molécula, que tiene carga parcial positiva. Una interacción de este tipo se denomina enlace o puente de hidrógeno, y las moléculas de agua se ordenan de tal modo que cada molécula puede asociarse con otras cuatro. Esta interacción es la que se da con el hielo.

Figura 10. Electrólisis del Agua[10]



Fuente:http://www.especial.com/contacto/8/files/hoffman_voltameter_724.jpg

3.3.2 Descripción de elementos del sistema generador de hidrógeno.

3.3.2.1 Generador de Hidrógeno. Conocido como hidrolizador, celda de hidrógeno o Generador de Hidrógeno, es un dispositivo que se emplea para mejorar el rendimiento de los motores de combustión interna de gas, gasolina, diésel, biodiésel o turbosina.

Un Generador de Hidrógeno, utiliza como materia prima agua y 12 voltios, por medio de un proceso de electrólisis, el Generador de Hidrógeno nos proporciona por separado hidrógeno y oxígeno, estos gases altamente combustibles son enviados a la entrada de aire del motor donde se mezclan con el combustible utilizado.

La energía del hidrógeno mejora la combustión, proporciona mayor potencia, reduce el consumo de combustible y al quemarse mejor disminuye los contaminantes.

Figura 11. Generador de Hidrógeno [11]



Fuente:http://repositorio2.masoportunidades.com.ar/ARG01/128/124/1494657/fotos//1494657_3_201275_2_44_29.jpg

Básicamente, un generador de hidrógeno es un dispositivo que separa el hidrógeno y el oxígeno del agua, de manera que el gas de hidrógeno puede ser utilizado en diversas aplicaciones y pueden ser en los motores de: Motos, camiones, plantas de Luz, excavadoras, trenes, barcos y aviones y más en el campo automotriz, puesto que puede aportar con la reducción de gases contaminantes producto de la combustión. Está compuesto por varias placas y láminas en donde se comunican con el electrolito que es suministrado por un conducto proveniente del depósito de agua destilada, cuando al generador se le aplica un voltaje la corriente que por el electrolito circula hace que se separe el hidrógeno y el oxígeno del agua en forma de gas mediante un proceso llamado electrólisis. Para ello utilizan energía eléctrica de la batería del auto o bien de baterías adicionales. Ambos elementos resultantes desplazan parte de la gasolina y el aceite en los cilindros. Esta mezcla favorece la combustión y el rendimiento y reduce los consumos y las emisiones.

Un generador de hidrógeno implica que se usa la energía eléctrica del vehículo, en este caso la batería de 12 voltios de corriente directa y un alternador de diferentes amperios hora, para fracturar (electrolizar) el agua y producir el plasma H_2O , lo cual implicaría que necesitaríamos sacar el 200% a este sistema eléctrico, esto exige habilidades excepcionales de física, química, electrónica, electricidad, ingeniería mecánica, gastos bastante considerables, gran dosis de paciencia, mucha investigación, para alcanzar lo óptimo en todo el sistema. Hay muchos tipos de

generadores de hidrógeno H_2O , en general tienen sumergido en agua (húmedos o secos) placas de diferentes metales desde acero hasta platino, dependiendo del presupuesto, con electrolitos (que permiten o facilitan el paso de la corriente eléctrica en el baño electrolítico), para finalmente producir plasma de agua H_2O que se conduce por tuberías y sistemas de seguridad, etc. a diferentes entradas que alimentan de combustible el vehículo, siendo la más común el filtro del aire aunque no la más eficiente, el carro requerirá de ajuste en el tiempo, es decir hay que sincronizarlo para la alta velocidad de combustión que tiene el hidrógeno.

El hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo (75%), pero también es el combustible con mayor energía que existe. El hidrógeno contiene (119,3 KJ/Kg) casi tres veces más capacidad energética que la gasolina (46 KJ/Kg).

La combustión del hidrógeno nos proporciona energía y agua. Por su abundancia, capacidad energética y no contaminación, es la forma energética más conveniente para el humano y el planeta.

3.3.2.2 Mangueras. Una manguera es un tubo hueco diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. A las mangueras también se les llama tubos, aunque los tubos generalmente son rígidos mientras que las mangueras son flexibles. Las mangueras usualmente son cilíndricas. Para la unión de mangueras se utilizan distintos tipos de racores.

Las mangueras de goma son conductos flexibles utilizados para conducir sustancias, sólidas líquidas o gaseosas.

Posee la capacidad de resistir multiplicidad de fluidos corrosivos, absorber vibraciones, provee una adecuada flexibilidad y fácil aplicación.

Figura 12. Mangueras de goma transparentes [12]



Fuente: http://www.gea-armtechnologies.com/images/w178h100/plastic_hoses_tcm56-84041.jpg

El tubo interno debe ser resistente a los elementos que va a conducir. El espesor y la calidad del compuesto dependen del tipo de servicio. Debe aportar resistencia mecánica y resistencia a la presión de trabajo. Puede ser de diverso tipos: fibras (hilados), tejidos, alambres de acero, cables de acero o combinación de los mismos. Además cuando se requiere resistencia a la aspiración y radio de curvatura pequeño en relación a su diámetro, se inserta una espiral de alambre de acero para aumentar la resistencia al colapsado.

El tubo externo debe tener características de protección, espesor y calidad de compuesto, de acuerdo con el tipo de servicio.

Muchas mangueras son destinadas a condiciones de trabajo muy severas, como por ejemplo: altas temperaturas, altas presiones de servicio, conducción de productos inflamables, tóxico o corrosivo, comandos hidráulicos. Para obtener un servicio con el máximo grado de seguridad debe preverse una inspección periódica que permita detectar probables debilidades en la estructura de la manguera. Para los mantenimientos y controles se recomienda tener en cuenta la utilización de normas específica o normas internacionales.

3.3.2.3 Abrazaderas. Existen varios tipos de abrazaderas según el material y las características de las mismas. Abrazaderas metálicas, abrazaderas de aluminio, abrazaderas de (PVC) y abrazaderas isofónicas. Como norma general, se recomienda utilizar, para instalaciones que transportan líquidos (agua caliente, fría, residual, etc.) las abrazaderas isofónicas con goma aislante, que presentan buena protección contra los ruidos, vibraciones y electrólisis.

Figura 13. Abrazaderas[13]



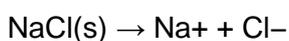
Fuente: <http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacCL/133566?producto123>

Las abrazaderas normalmente se instalan entre 0,5 y 2 metros de distancia entre ellas, siempre dependiendo del cálculo de la carga que deben soportar junto con la resistencia del modelo de abrazadera empleado.

En la instalación no se debe forzar las abrazaderas con palancas (tubos, destornilladores, llaves, etc.) ya que podría sobrepasarse el límite del coeficiente de seguridad de la abrazadera referente a torsión y producirse roturas.

3.3.2.4 Electrolito. Es cualquier sustancia que contiene iones libres, los que se comportan como un medio conductor eléctrico. Debido a que generalmente consisten de iones en solución, los electrolitos también son conocidos como soluciones iónicas, pero también son posibles electrolitos fundidos y electrolitos sólidos.

Comúnmente, los electrolitos existen como soluciones de ácidos, bases o sales. Algunos gases pueden comportarse como electrolitos bajo condiciones de alta temperatura o baja presión. Las soluciones de electrolitos pueden resultar de la disolución de algunos polímeros biológicos (por ejemplo, ADN, polipéptidos) o sintéticos (por ejemplo, poliestirensulfonato, en cuyo caso se denominan polielectrolito) y contienen múltiples centros cargados. Las soluciones de electrolitos se forman normalmente cuando una sal se coloca en un solvente como el agua, y los componentes individuales se disocian debido a las interacciones entre las moléculas del solvente y el soluto, en un proceso denominado solvatación. Por ejemplo, cuando la sal común (NaCl) se coloca en agua, sucede la siguiente reacción:



También es posible que las sustancias reaccionen con el agua cuando se les agrega a ella, produciendo iones. Por ejemplo, el dióxido de carbono reacciona con agua para producir una solución que contiene iones hidronio, bicarbonato y carbonato.

En términos simples, el electrolito es un material que se disuelve completa o parcialmente en agua para producir una solución que conduce una corriente eléctrica.

Las sales fundidas también pueden ser electrolitos. Por ejemplo, cuando el cloruro de sodio se funde, el líquido conduce la electricidad.

Si un electrolito en solución posee una alta proporción del soluto se disocia para formar iones libres, se dice que el electrolito es fuerte; si la mayoría del soluto no se disocia, el electrolito es débil. Las propiedades de los electrolitos pueden ser explotadas usando la electrólisis para extraer los elementos químicos constituyentes.

3.3.2.5 Depósito de electrolito. Generalmente los depósitos son utilizados para almacenar líquidos o gases. Los depósitos para líquido anticongelante se han diseñado para su función en el sistema de refrigeración de un automotor. El tanque debe estar en condiciones de resistir elevadas temperaturas, el material del que están contruidos debe soportar la humedad, la corrosión, las vibraciones que normalmente están presentes en el movimiento de los vehículos. En el interior de estos depósitos se hallan separaciones, que deben mantener el nivel de líquido lo más estable posible, en casos de que cuando por efectos de movimientos bruscos se puedan producir burbujas o espacios de aire en el depósito, además consta de un tapón que de igual forma tiene que realizar con todos los requerimientos del depósito, para mantener constante un cierre hermético y evitar explosiones de vapores calientes y derramamientos de líquido anticongelante hacia el exterior ya que puede ser peligroso y causar quemaduras graves. Consta de un tapón de llenado, un conducto hacia el radiador otro para la llegada de líquido caliente desde el termostato y otro conducto para el llenado con líquido refrigerante.

Figura 14. Depósito de Electrolito[14]



Fuente: http://img2.mlstatic.com/s_MLV_v_V_f_37559576_278.jpg

3.3.2.6 Hidróxido de sodio. El Hidróxido de Sodio es una sustancia incolora e higroscópica que se vende en forma de trozos, escamas, hojuelas, granos o barras. Se disuelve en agua con fuerte desprendimiento de calor y la disolución acuosa se denomina lejía de sosa. Tanto la sosa cáustica como la lejía atacan la piel.

En su mayor parte la sosa cáustica y la lejía de sosa se obtienen en la electrólisis cloro-álcali. Se calienta una solución de Carbonato de Sodio con la cantidad correspondiente de cal apagada (Hidróxido de Calcio) así precipita el Carbonato de Calcio insoluble y en la solución queda Hidróxido de Sodio.

La sosa cáustica tiene muchas aplicaciones en la industria química, principalmente en forma de lejía de sosa, que se prepara donde ha de usarse y en cualquier concentración deseada por disolución en agua de la sosa sólida. Como campos principales de empleo citaremos: industrias de algodón, seda artificial, plásticos, textiles y de jabón, en la fabricación de diversos productos químicos, etc.

Se envasa herméticamente en tambores y así se la amacena y distribuye. Como material de construcción para envases y depósitos es adecuado el hierro. El aluminio no puede emplearse, porque la lejía de sosa la disuelve formando aluminato, pero es posible emplear plásticos para el recubrimiento de vasijas. En el trabajo con sosa o con lejía es necesario utilizar gafas protectoras, porque tanto trocitos de sólido como gotas de solución atacan rápidamente los ojos.

En el agua, el hidróxido de sodio se separa en cationes de sodio (átomos de sodio con una carga positiva) y el anión hidróxido (átomos de hidrógeno y oxígeno cargados negativamente), lo que disminuye la acidez del agua.

Figura 15. Hidróxido de sodio en polvo[15]



Fuente: <http://www.ru.all.biz/img/ru/catalog/1044100.jpeg>

3.3.2.7 Agua destilada. El agua destilada es aquella cuya composición se basa en la unidad de moléculas de H_2O . En esta se han eliminado las impurezas e iones mediante destilación. La destilación consiste en separar los componentes líquidos de una mezcla. Debido a su relativa elevada pureza, algunas propiedades físicas de este tipo de agua son significativamente diferentes a las del agua de consumo diario. Por ejemplo, la conductividad del agua destilada es casi nula (dependiendo del grado de destilación) pues a diferencia del agua del grifo común, carece de muchos iones que producen la conductividad, habitualmente cloruros, calcio, magnesio y fluoruros.

Figura 16. Agua desmineralizada[16]



Fuente: <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQTKv6TtDLxLpEROv7teEI9xPMH0IOGvMiCDrs-vLA3a3KM13nplg>

En la experimentación química, un fenómeno que existe en cualquier líquido o disolución que esté libre de impurezas macroscópicas como el agua destilada, es que puede ser calentado en un horno microondas por encima de su punto de ebullición sin hervir. Sólo cuando este líquido es agitado violentamente o se le añaden impurezas

como partículas de polvo o cristales por ejemplo cloruro sódico (sal común) o azúcar, hierve de forma repentina y explosiva, pudiendo causar quemaduras.

3.3.2.8 Relé. El relé es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Figura 17. Relés[17]



http://elprofe3.files.wordpress.com/2009/12/rele_5.jpg

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé".

Cuando una corriente eléctrica circula a través de un hilo conductor aparece un campo magnético que será directamente proporcional a la intensidad de esta corriente y sus efectos se manifestarán en mayor dimensión cuanto menor sea la distancia al hilo conductor. Un núcleo de hierro dulce, sobre el cual un hilo eléctrico recubierto de un barniz aislante es bobinado, canaliza el campo electromagnético provocado por el paso de una corriente.

El campo magnético dependerá en el caso de una bobina de: Coeficiente dependiendo de la naturaleza del núcleo de la bobina, del número de espiras, de la intensidad, de la longitud de la bobina.

El campo magnético, por una bobina determinada depende de la intensidad de corriente, de la resistencia de la bobina y de la tensión aplicada.

El circuito de comando de un relé está compuesto de una bobina, en la que cuando se aplica una tensión el campo magnético generado estira una lengüeta móvil que actúa como un interruptor entre la entrada y la salida del circuito de potencia.

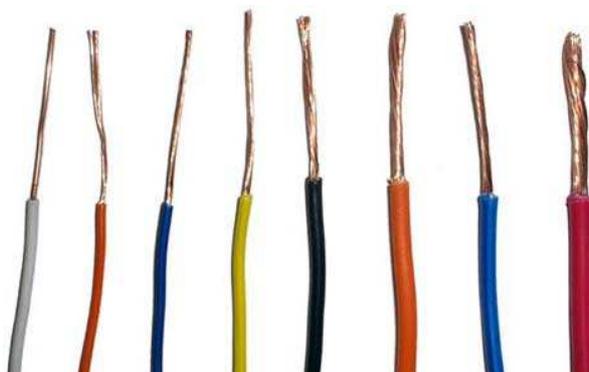
Hay otro tipo de relé con dos salidas, donde una salida superior del circuito de potencia se conecta a la entrada cuando el relé esté en situación de reposo.

En un relé, el circuito de comando puede funcionar con una pequeña intensidad de mando y permite la conmutación de una corriente importante en el circuito de potencia. El relé permite a su vez reducir la longitud excesiva de los cables de potencia, con una reducción en los costos, en el peso y en las caídas de tensión, obteniendo una ganancia de potencia en lo receptores.

3.3.2.9 Cable eléctrico. Los cables cuyo propósito es conducir electricidad se fabrican generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad de este material, o de aluminio que aunque posee menor conductividad es más económico.

Generalmente cuenta con aislamiento en el orden de 500 μm hasta los 5 cm; dicho aislamiento es plástico, su tipo y grosor dependerá del nivel de tensión de trabajo, la corriente nominal, de la temperatura ambiente y de la temperatura de servicio del conductor.

Figura 18. Cable eléctrico[18]



Fuente: <http://www.comohacer.eu/wp-content/uploads/2011/08/como-se-fabrican-los-cables-electricos-2.jpg>

Las partes generales de un cable eléctrico son:

Conductor: Elemento que conduce la corriente eléctrica y puede ser de diversos materiales metálicos. Puede estar formado por uno o varios hilos.

Aislamiento: Recubrimiento que envuelve al conductor, para evitar la circulación de corriente eléctrica fuera del mismo.

Capa de relleno: Material aislante que envuelve a los conductores para mantener la sección circular del conjunto.

Cubierta: Está hecha de materiales que protejan mecánicamente al cable. Tiene como función proteger el aislamiento de los conductores de la acción de la temperatura, sol, lluvia, etc.

Como la longitud de los conductores viene impuesta por el emplazamiento de los aparatos eléctricos que interconexiónan, su sección debe ser la suficiente para admitir la intensidad necesaria para el buen funcionamiento del receptor, sin que se produzcan calentamientos por exceso de resistencia eléctrica. Recuérdese que esta es directamente proporcional a la longitud, e inversamente proporcional a la sección.

Los conductores se clasifican por su sección, que se expresa en milímetros cuadrados generalmente, o en otros casos en función del diámetro expresado en décimas de milímetro. A continuación se da un cuadro de correspondencia entre diámetros, secciones e intensidades aceptables. En general se tolera una caída de tensión en el cable del 3% del valor de la tensión de instalación, aunque este porcentaje aumenta hasta el 4% en el cable de lanzamiento del motor de arranque, dado el elevado consumo de éste.

A continuación se entregan los códigos, las secciones e intensidades que requieren los conductores eléctricos de acuerdo a la norma ASTM B263 Método de determinación del área de la sección transversal de conductores cableados.

Tabla 1. Código de los diámetros de los conductores[19]

CÓDIGO DE LOS DIÁMETROS DE LOS CONDUCTORES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7/10	9/10	10/10	12/10	16/10	20/10	25/10	30/10	45/10	51/10

Fuente:ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico

Tabla 2. Correspondencia de la sección en milímetros

CORRESPONDENCIA CON SU SECCIÓN APROXIMADA EN MILÍMETROS									
0,4	0,6	0,8	1,2	2	3	5	7	14	20

Fuente:ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico

Tabla 3. Intensidad aceptable en amperios

INTENSIDAD ACEPTABLE EN AMPERIOS									
0,5	1	2,3	5	5-10	25	30-40	50-60	70-80	80-100

Fuente:ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico

Las secciones o diámetros de los conductores empleados en las instalaciones eléctricas vienen expresados en los esquemas, como más adelante veremos. No obstante suelen utilizarse las siguientes secciones:

Tabla 4. Diámetros de los conductores empleados en instalaciones eléctricas

Lámparas de alumbrado ordinario.	1,5 mm ²
Luz de carretera o cruce.	2,5 mm ²
Bocina, limpiaparabrisas.	2,5 mm ²
Luces y testigos.	1 mm ²
Indicadores de tablero.	1 mm ²
Carga de alternador o batería.	4 mm ²
Relé de arranque.	2,5 mm ²

Fuente:ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico

Los conductores eléctricos deben poseer cualidades mecánicas que les permitan resistir, ya sean los esfuerzos de torsión o de tracción, y a las vibraciones a las que están sometidos en el propio automóvil. Con este fin el alma de los mismos está formada por un conjunto de hilos de cobre, generalmente de menos de una décima de milímetro de diámetro.

El aislamiento debe ser lo más perfecto posible, resistiendo al calor y al ataque de los agentes exteriores de degradación (gasolina, aceite, etc.). Por estas razones, los aislantes están constituidos por un tubo de caucho recubierto con una trenza de algodón. Corrientemente se utilizan fundas flexibles barnizadas.

3.3.2.10 Conectores. En la instalación eléctrica de los automóviles, la conexión de los distintos cables entre sí, así como los cables de los bornes al receptor, se realiza por medio de terminales adecuados, que presentan diferentes formas según el aparato receptor al que se conectan, pero en general los más utilizados son los terminales de lengüeta (faston), los cilíndricos y los de anillo redondo.

Figura 19. Conectores eléctricos[20]



Fuente: <http://www.electrocentro.com.mx/imagenes/Conectores%20Aislados.jpg>

El cable se fija al terminal por engatillado en las lengüetas del mismo, que al cerrarse lo aprisionan al tiempo que realizan el contacto eléctrico adecuado. Las lengüetas más próximas al extremo del terminal se clavan sobre la funda del cable, de manera que la unión soporte los esfuerzos de tracción, mientras que las anteriores a éstas se fijan sobre el cable. En muchas aplicaciones el terminal está protegido con una funda de material aislante.

La mayor parte de los aparatos eléctricos agrupan todos sus bornes de conexión formando un bloque al que se une el correspondiente conector, también los mazos de cable se interconexionan entre sí por medios de conectores, los cuales (unos y otros) adoptan diferentes formas acordes al tipo de unión que realizan. La figura 19. muestra diferentes tipos de conectores, los cuales son cajetines de plástico que forman celdas individuales, en cada una de las cuales se alojan los correspondientes terminales, que están provistos de lengüetas de retención que los mantienen inmovilizados en las

respectiva celda del conector, de manera que una vez introducido el terminal quede allí retenido. A su vez, el conector dispone también de lengüetas flexibles de plástico para su fijación al cajado del aparato receptor o al conector del cableado al que se une.

Para su fácil identificación, los conectores suelen marcarse con un determinado color y cada una de las vías del mismo será numerada. A estos colores y numeración de las vías se hace referencia a los esquemas eléctricos de conexiones para que resulte sencillo seguir el circuito eléctrico y relacionarlo en el vehículo. Por lo general, es conveniente un conector que sea fácil de identificar visualmente y de ensamblar, que sólo requiera de herramientas sencillas, y sea económico.

3.3.2.11 Interruptor. Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

Figura 20. Interruptor eléctrico[21]



Fuente: <http://ersonelectronica.com/images/644-11.405l.jpg>

De la calidad de los materiales empleados para hacer los contactos dependerá la vida útil del interruptor. Para la mayoría de los interruptores domésticos se emplea una aleación de latón (60% cobre, 40% zinc). Esta aleación es muy resistente a la corrosión y es un conductor eléctrico apropiado. El aluminio es también buen conductor y es muy resistente a la corrosión.

En los casos donde se requiera una pérdida mínima se utiliza cobre puro por su excelente conductividad eléctrica. El cobre bajo condiciones de condensación puede formar óxido de cobre en la superficie interrumpiendo el contacto.

Para interruptores donde se requiera la máxima confiabilidad se utilizan contactos de cobre pero se aplica un baño con un metal más resistente al óxido como lo son el estaño, aleaciones de estaño/plomo, níquel, oro o plata. La plata es de hecho mejor conductora que el cobre y además el óxido de plata conduce electricidad.

3.4 Funcionamiento del sistema generador de hidrógeno

El generador de hidrógeno utiliza este átomo tan pequeño y volátil, esta característica hace que entre y se mezcle fácilmente con la gasolina, dentro del cilindro; donde entra una mezcla de pequeñas gotitas de gasolina. Sin embargo lo que se prende es la fase de vaporización totalmente ayudada por el hidrógeno, otra particularidad del hidrógeno es su extrema inflamabilidad y poder detonante de empuje, porque el hidrógeno es 2,5 veces más potente que la gasolina y la velocidad de la llama es mucho mayor.

Dentro del cilindro al momento de la admisión entra una nube o rocío de gotitas de combustible mezcladas con aire. Esa mezcla es comprimida e incendiada gracias a una chispa generada por la bujía. Sin embargo antes de que logre incendiarse toda la mezcla, ya, se ha abierto la válvula de escape y parte de la gasolina, simplemente escapa sin quemar o solo parcialmente quemado, o se quema en el convertidor catalítico, pero por lo general sale a la atmósfera.

Al instalar el generador de producción de hidrógeno, éste entra rápidamente dentro del cilindro distribuyéndose inmediatamente en todo el espacio disponible.

Cuando la chispa prende la mezcla, la velocidad de flama mucho mayor del hidrógeno, hace que la llama se extienda uniforme y más rápidamente dentro del cilindro, encendiendo no sólo el hidrógeno sino todo lo que hay alrededor de tal forma que cuando la válvula de escape se abra, esta vez ya estará quemada totalmente.

Al ser comprimido en conjunto con el aire y el combustible tradicional refrigera la mezcla, controlando la temperatura de compresión de la gasolina.

Al ser controlada la temperatura de compresión se elimina la contrapresión que se Presenta por el fenómeno de explosión del combustible, antes de que el pistón llegue al punto muerto superior (PMS).

Para un buen funcionamiento del sistema de inyección de hidrógeno se necesita de los elementos más adecuados para el proceso a desarrollarse.

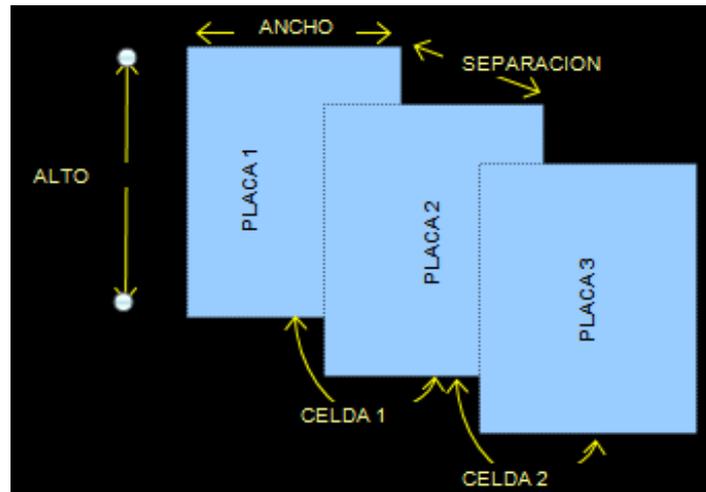
3.4.1 Sistema eléctrico. La alimentación que requiere el generador de hidrógeno es suministrada por la batería misma del vehículo, la energía que sale de esta debe pasar primero por un fusible que proporcionará protección eléctrica del sistema, contra los elevados picos de corriente que se puedan filtrar en el circuito eléctrico del dispositivo, una vez que la corriente sale del fusible llega hasta el relé el cual puede ser activado o desactivo a voluntad del conductor mediante un interruptor que se encuentra dentro del habitáculo del auto, al ser activado este interruptor la corriente llega al generador de hidrógeno, produciéndose de esta manera, la separación de hidrógeno y de oxígeno del agua destilada combinada con hidróxido de potasio, mediante un proceso llamado electrólisis.

3.4.2 Sistema mecánico. El generador tiene cuatro conductos, un conducto para la entrada del electrolito proveniente del depósito que debe situarse a una altura mayor que la del generador. Un conducto para la salida de oxígeno a la atmósfera y dos conductos de evacuación de hidrógeno, los cuales se unen mediante conexiones que van a dar nuevamente al depósito del electrolito pero debe llegar a la parte superior de este para poder comprobar el ingreso de hidrógeno al depósito. El depósito debe ser completamente hermético para que no haya fugas de hidrógeno, consta de cinco conductos, uno que lleva electrolito al generador, dos para el regreso del hidrógeno hacia la parte superior del depósito, una entrada de electrolito desde el burbujeador y uno para la salida del hidrógeno hacia el motor.

Se debe tener presente que para el ingreso de hidrógeno al motor, se tiene que perforar el tubo plástico de la toma de aire, esta perforación debe estar ubicada entre el filtro de aire después del sensor de flujo de aire y lo más cercano posible al motor. Así se logrará una buena inyección y aprovechamiento de todo el hidrógeno generado.

3.5 Cálculo de la producción de hidrógeno.

Figura 21. Dimensión de placas del Generador de Hidrógeno[22]



Fuente: Autores

$$V_c = x \cdot h \cdot e \quad (1)$$

$$V_{Tc} = (x \cdot h \cdot e) \cdot n \quad (2)$$

$$A = x \cdot h \quad (3)$$

$$A_{Tc} = (x \cdot h) \cdot n \quad (4)$$

Donde x = Ancho de la placa, en cm

h = altura de la placa, en cm

e = espesor, en cm

n = número de celdas

V_c = volumen de cada celda, en cm^3

V_{Tc} = volumen total de las celdas, en cm^3

A = área de la placa, en cm^2

A_{Tc} = área total de las celdas, en cm^2

$x = 12,7$; $h = 12,7$; $e = 1,95$; $n = 14$

$$V_c = 12,7 * 12,7 * 0,195$$

$$V_c = 31,514 \text{ cm}^3$$

$$VT_c = (12,7 * 12,7 * 0,195) * 14$$

$$VT_c = 31,514 * 14$$

$$VT_c = 441,19 \text{ cm}^3$$

$$A = 12,7 \text{ cm} * 1,7 \text{ cm}$$

$$A = 161,29 \text{ cm}^2$$

$$At = (12,7 * 12,7)n$$

$$At = (161,29)14$$

$$At = 2419,35 \text{ cm}^2$$

Figura 22. Conexión del amperímetro



Fuente: Autores

Cálculo de la conductividad del electrolito

$$C = \frac{(Ae)(e)}{(V)(At)} \quad (5)$$

Donde V = voltaje de la batería, en voltios (V)

A_e = Amperaje consumido por el electrolito, en amperios A

e = espesor, en cm

A_t = área total de las celdas, en cm^2

C = conductividad del electrolito

$e=1,95$; $V= 12$; $A_e= 2,01$

$$C = \frac{2,01(A) * 0,195(cm)}{12(V) * 2419,35(cm^2)} = 0,0000135 \text{ Siemens/Cm}$$

Cálculo de la constante (K)

$$K = \frac{(A_c)(60)(t)}{96500} \quad (6)$$

Donde A_c = amperios consumidos por el generador, en A

t = tiempo que dura el paso de corriente, en min

$A_c= 15$; $t= 1$ min

$$K = \frac{15 * 60 * 1}{96500} = 0,0093264$$

Cálculo del volumen de hidrógeno y oxígeno desprendido en las celdas

$$PH = PaH * K \quad (7)$$

$$PO = PaO * K \quad (8)$$

$$VH = PH / De * n \quad (9)$$

$$VO = PO / De * n \quad (10)$$

Donde PH = peso del hidrógeno, en g

PO = peso del oxígeno, en g

Dh= densidad hidrógeno gas=0,0000838 g/cm³

Do= densidad oxígeno gas= 0,0000793 g/cm³

n= numero de celdas

VH= volumen de hidrógeno producido

VO= volumen de oxígeno producido

K=constante = 96500

PaH= peso atómico del hidrógeno= 1,00794 g

PaO= peso atómico del oxígeno= 15,9994 g

$PH = 1,00794 * 0,0093264 = 0,00940477 \text{ g}$

$PO = 15,9994 * 0,0093264 = 0,149217202 \text{ g}$

$VH = 0,0094/0,0000838 * 14$

$VH = 1570,40 \text{ cm}^3$

$VH = 1,5704 \text{ L/min}$

$VO = 0,1492/0,0000793 * 14$

$VO = 26,340479 \text{ L/min}$

El volumen total de H₂O desprendido en forma de gas en la celda es:

$V_{H_2O} = VH + VO \quad (11)$

$V_{H_2O} = 26,34 + 1,5704 \text{ L/min}$

$V_{H_2O} = 27,91 \text{ L/min}$

Gasto de energía

$E = \text{volt}(V) * \text{consumo}(A) * \text{tiempo}(min) * 60 \quad (12)$

$$E=12*15*1*60$$

$$E=10800 \text{ joules (watt/seg)}$$

$$E=0,003 \text{ Kw/h}$$

CAPÍTULO IV

4. CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES VEHICULARES

4.1 Problemática

El problema de la contaminación, es un problema que nuestros ancestros comenzaron y que luego nosotros incrementamos de forma gradual todos los días. Sabemos que existen innumerables catástrofes en nuestro planeta. Lo primero que podemos hacer es informar y concientizar a la sociedad sobre las graves consecuencias y así poder mitigar las mismas.

Se considera contaminación ambiental a la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes en cantidades superiores a los límites tolerados por el ser humano, combinados de tal manera que en mayor o en menor medida causan un desequilibrio ecológico y dañan la salud y el bienestar de las personas. La contaminación ambiental generalmente se origina como consecuencia del crecimiento y desarrollo incontrolado de la población, como lugares turísticos e industriales, y por esto aumentando las fuentes de contaminación, el deterioro de los recursos naturales y el impacto de algunos fenómenos del mismo tipo.

Por la creciente necesidad de medios de transporte y el desarrollo de la industria automotriz se han creado un sin número de fuentes directas e indirectas de contaminación, por tal razón los lugares aledaños a este tipo de explotación para este tipo de industria han sufrido consecuencias irreparables, por tal razón nuestro objetivo en la tesis es evitar la contaminación lo posible que se pueda para evitar la catástrofe natural que se provoca día a día con la contaminación producida por los vehículos.

De acuerdo con la OMS, “el aire limpio es un requerimiento básico de la salud humana y su bienestar” y “la contaminación del aire continúa representando una significativa amenaza a la salud a nivel mundial”.

4.2 Situación Nacional

La Constitución Política de la República establece que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.

En el Ecuador, la contaminación del aire tiene sus causas en las deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, las industrias, la utilización de tecnologías obsoletas en las actividades productivas y de transporte, mala calidad de los combustibles, explotaciones mineras a cielo abierto, entre otras.

La situación de la gestión ambiental de la calidad del aire en el país presenta profundas falencias, de acuerdo con estudios oficiales publicados por la SENPLADES en el año 2007, la gestión ambiental presenta problemas tales como: la falta de seguimiento de convenios suscritos, dispersión legislativa, dispersión de jurisdicción y competencias, debilidad institucional y presupuestaria del MAE.

Es indispensable para el Ecuador que las acciones desarrolladas por diferentes instituciones en apoyo a la gestión de la calidad del aire, se encuentren enmarcadas en las políticas y estrategias de la calidad ambiental que el Ministerio del Ambiente, ha determinado en el ámbito nacional para la sustentabilidad ambiental para el desarrollo del país, con este objeto el Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE ha elaborado el PLAN NACIONAL PARA LA CALIDAD DEL AIRE (PNCA), el mismo que servirá de marco para una adecuada regulación, seguimiento, control y coordinación de los actores involucrados en la gestión de la calidad del aire.

La política ambiental nacional preventiva está claramente reconocida en el país, y está contenida en los tres documentos principales:

- La constitución política de la República del Ecuador.
- Las políticas básicas ambientales del Ecuador.
- La ley de gestión ambiental.

La constitución política de la República del Ecuador.

Promulgada por la Asamblea Nacional Constituyente y publicada en el Registro Oficial (R.O.) 1, el 11 de Agosto de 1998.

Capítulo V, Sección 2: Del Medio Ambiente, art. 86:

“El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice el desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza. Se declaran de interés público y se regularán conforme a la ley:

1. La preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país.
2. La prevención de la contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados, el manejo sustentable de los recursos naturales y los requisitos que para estos fines deberán cumplir las actividades públicas y privadas.
3. El establecimiento de un sistema nacional de áreas naturales protegidas, que garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos, de conformidad con los convenios y tratados internacionales.

4.2.1 Políticas Básicas Ambientales del Ecuador. Promulgadas mediante Decreto Ejecutivo y publicadas en el R.O. 456 el 7 de junio de 1994

Política 11:

“Sin perjuicio de afrontar los asuntos ambientales en forma integral, incluyendo sus regulaciones jurídicas. Se dará especial prioridad a la prevención y control a fin de evitar daños ambientales provenientes de la degradación del ambiente y de la contaminación, poniendo atención a la obtención de permisos previos, límites de tolerancia para cada sustancia, ejercicio de la supervisión y control por parte del Estado en las actividades potencialmente degradantes y/o contaminantes. La degradación y contaminación como ilícitos (una vez que sobrepasen los límites de tolerancia) serán merecedores de sanciones para los infractores, a la vez que su obligación de reparación de los daños causados y de restauración del medio ambiente o recurso afectado”

Política 13:

“El Estado Ecuatoriano establece como instrumento obligatorio previamente a la realización de actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, la preparación, por parte de los interesados a efectuar estas actividades, de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y del respectivo Programa de Mitigación Ambiental (PMA) y la presentación de estos junto a solicitudes de autorización ante las autoridades competentes, las cuales tienen la obligación de decidir al respecto y de controlar el cumplimiento de lo estipulado en dichos estudios y programas a fin de prevenir la degradación y la contaminación, asegurando, además, la gestión ambiental adecuada y sostenible. El EIA y el PMA deberán basarse en el principio de lograr el nivel de

actuación más adecuado al respectivo espacio o recurso a proteger, a través de la acción más eficaz.”

4.2.2 Límites permisibles de contaminación en el Ecuador. De acuerdo con el INEN (Instituto ecuatoriano de normalización), bajo la norma INEN 2 204 Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

Requisitos.

- La ley de gestión ambiental. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).
- Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 5.

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

Tabla 5. Valores límites de contaminación (prueba estática) Norma INEN 2 204[23]

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0-1500**	1500-3000**	0-1500**	1500-3000**
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

*Volumen

**Altitud= metros sobre el nivel del mar (msnm).

Fuente: NORMA NTE INEN 2 204:2002

- Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).
- Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de

nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la siguiente tabla.

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

Tabla 6. Valores límites de contaminación (prueba dinámica) ciclos americanos Norma INEN 2 204

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	=<3860	=<1700	6,2	0,5	0,75		2
		1700-3860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	>3860 =<6350		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
	>6350		37,1	1,9	5,0		4
*Prueba realizada a nivel del mar							
**En g/bHP-h (gramos/brakeHorsePower-hora)							

Fuente: NORMA NTE INEN 2 204:2002

- Toda fuente móvil de gasolina con motor de gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la siguiente tabla.
- Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).

Tabla 7. Valores límites de contaminación (prueba dinámica) ciclos europeos Norma INEN 2 204

Categoría	Peso bruto del vehículo Kg	Peso de Referencia (Kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1(1)	=<3860		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1(2).N1		<1250	2,72	0,97		2
		>1250<1700	5,17	1,4		2
		>1700	6,9	1,7		2
*Prueba realizada a nivel del mar.						
(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas.						
(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda 2,5 toneladas.						

Fuente: NORMA NTE INEN 2 204:2002

4.3 Efectos de los principales contaminantes automotrices sobre la salud

Los gases de combustión son gases producidos como resultado de la combustión de gasolina, petróleo, diésel o carbón. Se descarga a la atmósfera a través de una tubería o chimenea.

Aunque gran parte es el relativamente inofensivo dióxido de carbono, otra parte la componen sustancias nocivas o tóxicas como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos, óxidos de nitrógeno (NOx) y aerosoles. Los gases de combustión del diésel tienen un olor característico.

Los estándares de polución suelen centrarse en reducir los contaminantes que llevan éstos gases. Estos gases causan graves daños a la salud y al medio ambiente.

4.3.1 Monóxido de Carbono. Es un gas incoloro, inodoro, insípido, no irritante. Se combina con la hemoglobina en la sangre y desplaza al oxígeno del sitio de enlace. Obstaculiza la liberación de oxígeno en los tejidos y forma carboxihemoglobina.

Sus fuentes de origen son la combustión incompleta de hidrocarburos y sustancias que contienen carbón, como la gasolina, diésel, incendios de cualquier tipo, automóviles, actividad de las algas.

Se elimina de la atmósfera por oxidación de los radicales OH^\cdot transformándose en dióxido de carbono, esto hace que la concentración de CO_2 se mantenga constante.

En la salud humana produce irritación de los ojos, nariz, y del tracto respiratorio. Agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Los síntomas se manifiestan por dolor de pecho, tos, jadeo, congestión nasal y pulmonar, garganta irritada, náuseas, respiración acelerada.

4.3.2 Hidrocarburos. Los hidrocarburos presentan, baja toxicidad, pero poseen reactividad fotoquímica en presencia de luz solar para dar compuestos oxidados. Tiene efectos cancerígenos y produce irritación de los bronquios. En este grupo se encuentran el metano, etano, propano, benceno, tolueno, butano y el etileno.

La principal causa de hidrocarburos oxigenados y su presencia en el aire está asociada a los automóviles, o por reacciones fotoquímicas en la atmósfera. En este grupo se encuentran la cetona, metanol, acetofenona, peróxidos, fenoles, éteres y el etanol.

4.3.3 Plomo. El plomo es un elemento químico de la tabla periódica, cuyo símbolo es Pb y su número atómico es 82 según la tabla actual. Este químico no se lo reconocía como un elemento metálico común por su gran elasticidad molecular. Cabe destacar que la elasticidad de este elemento depende de las temperaturas del ambiente, las cuales distienden sus átomos, o los extienden.

Una persona puede respirar el plomo por medio del polvo o humo producidos por ciertos trabajos o la combustión de la gasolina de los automóviles, o por comer, beber o fumar cerca de zonas con plomo.

El plomo también puede ingerirse al tocar objetos que han sido contaminados con polvo de plomo. Se sabe que muchas personas están siendo envenenadas lentamente porque sus cuerpos han absorbido demasiado plomo.

4.3.4 Partículas de hollín. El hollín es como una lija fina para el árbol de levas donde existe alta presión para abrir las válvulas y hasta cierto punto también para los

cilindros. También llena las ranuras de los anillos atascándolos y se acumula en la corona de los pistones y la culata, haciendo subir la temperatura del motor.

Cuando hablamos de estas partículas en el aceite de motor hablamos de hollín. Las que quedan en el motor espesan el aceite y lijan las piezas acabando con el motor. Las que salen por el escape entran a nuestros pulmones afectándonos hasta el riesgo de producirnos cáncer. Puede provocar enfermedades respiratorias muy graves, en su mayoría los más perjudicados son los niños y los ancianos y provoca cáncer en los pulmones.

4.3.5 Óxidos de Nitrógeno. El término óxidos de nitrógeno ($NxOy$) se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.

Daño al ambiente.

Muchos de los efectos ambientales que se atribuyen al NO_2 se deben en realidad a los productos de diversas reacciones asociadas.

En presencia de luz solar el NO_2 se disocia en NO y O , donde el oxígeno atómico (O) reacciona con el oxígeno molecular del ambiente (O_2) para producir ozono (O_3), el cual es un contaminante altamente oxidante de efectos conocidos.

Las variaciones o cambios permanentes en las propiedades de estos elementos, deriva finalmente en la pérdida de hábitat de especies primarias y consecuentemente en catástrofes ecológicas con daños irreversibles.

Daño a la salud.

El dióxido de nitrógeno puede irritar los pulmones, causar bronquitis y pulmonía, así como reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones.

Los efectos de exposición a corto plazo no son claros, pero la exposición continua o frecuente a concentraciones mayores a las encontradas normalmente en el aire, puede causar un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y con enfermedades respiratorias crónicas.

La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración máxima diaria de 0,11 ppm (ó 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio de 1 hora una vez al año y 0,023 ppm (ó 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en una media aritmética anual.

4.3.6 Óxidos de Azufre. El dióxido de azufre (SO_2) es un gas tóxico, incoloro con un olor fuerte. Se forma a partir del azufre del combustible. El valor límite del efecto es de 5 ppm. El Ácido sulfúrico (H_2SO_4) se forma en combinación con el agua (H_2O) o condensados. Valores típicos en gases de combustión de calderas de gasoil: 180 ppm - 220 ppm.

En contaminación atmosférica, la propiedad más notable del SO_2 es su poder reductor, sufriendo la acción de oxidantes diversos y la propia acción del oxígeno atmosférico.

Suponiendo un contenido de azufre del 0,07%, los motores de gasolina tienen un factor de emisión de SO_2 de 1,1 Kg por cada 1000 litros de gasolina.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL GENERADOR DE HIDRÓGENO.

5.1 Propuesta

Implementar un dispositivo generador de hidrógeno en un vehículo de la Cooperativa de Transporte “Taita Salasaca” la cual se establecerá como un modelo a seguir demostrando mediante resultados satisfactorios la necesidad de instalar un dispositivo generador de hidrógeno en bien del campo automotor y protección del medio ambiente, la muestra se tomará en base a la información que consta en el análisis estadístico.

Es necesario hacer la aclaración que durante el desarrollo del presente proyecto se tuvo acceso a mucha información que al principio fue deficiente en lo que respecta a la inyección de hidrógeno, es decir, el sistema generador de hidrógeno no posee un mecanismo inyector de hidrógeno, ya que el ingreso de este al motor del vehículo se realiza por el vacío que produce el mismo.

5.2 Análisis estadístico de la propuesta

La empresa utiliza solo camionetas (Pick Up - Cajón), puesto que el tipo de carga a transportar es de tipo liviano.

Toda la información que a continuación se presenta, fue recopilada mediante encuestas hacia la empresa. Señalando además que las autoridades de esta empresa colaboraron con información valiosa para la continuación del proyecto.

Socios y vehículos de la empresa de Transporte “Taita Salasaca” que laboran de acuerdo a la Comisión Provincial de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial Tungurahua.

Tabla 8. Lista de socios y vehículos que laboran en la Cooperativa “Taita Salasaca”[22]

N°	Nombre	Cédula	Marca	Placa	Tipo	Motor
01	MASAQUIZA COMASANTA	18019690 47	MAZDA	PKG02 61	PICK-UP	FE106251

	JOSÉ					
02	CHACHA MAISA LUIS GEOVANY	18027850 53	MAZDA	TAS 0070	PICK-UP	F2798179
03	MACHUCA CURAY MARIA FRANCISCA	18024827 19	TOYOTA	TAO08 63	CAJON	5R2249455
04	CUNALATA CHICAIZA MARCO	18026218 94	MAZDA	PZP07 81	PICK-UP	FE256457
05	CHICAIZA CHICAIZA JOSE GABRIEL	18014540 57	MAZDA	TAO08 67	CAJON	F2818006
06	CHAGLLA SAILEMA JULIO CESAR	18008075 337	FORD	TAM07 36	CAJON	FE153311
07	CHISAGUANO CH. JOSE MANUEL	17053035 70	TOYOTA	TAP09 71	CAJON	2745172
08	DIAZ MANOTOA JORGE HUMBERTO	18010699 47	MAZDA	TAS04 02	PICK-UP	F2786312
09	CAIZA CHANGO JOSE	18018526 33	CHEVROLE T	XAF00 05	PICK-UP	G200Z9755
10	INFANTE CRIOLLO JAIME HUMBERTO	18036771 68	MAZDA	TAO07 52	PICK-UP	F2244128
11	MASAQUIZA M. JULIO VICENTE	18021573 37	MAZDA	TAL09 59	PICK-UP	F2217600
12	LLERENA	18000059	MAZDA	TAL03	PICK-UP	FE730228

	MEDINA SEGUNDO MARIO	34		94		
13	MASAQUIZA CAISABANDA RUBELIO	18012864 83	TOYOTA	TAO05 90	CAJON	4Y0179698
14	MANJARREZ ZURITA SAUL LEONARDO	18000607 49	MAZDA	XBN03 75	CAJON	G6212283
15	ONATE TUCTA MARCO DANILO	18011985 71	TOYOTA	TAO08 68	CAJON	2593118
16	MASAQUIZA MASAQUIZA FULGENCIO	18010572 98	MAZDA	TAQ00 51	CAJON	F2844053
17	MASAQUIZA MUYULEMA LUIS ALFONSO	18000332 09	FORD	TAL02 16	CAJON	FE710227
18	MASAQUIZA PILLA FELICIANO	18014687 50	MAZDA	TAO00 10	PICK-UP	FE791976
19	MASAQUIZA TOAINGA FRANCISCO	18018813 82	FORD	TAO05 80	CAJON	FE224750
20	PILCO LANDA JULIO	18015384 38	MAZDA	PKN03 67	PICK-UP	4G54KM926 33
21	ASHQUI SISALEMA ANGEL MARIA	18019687 91	MAZDA	TAS03 72	PICK-UP	FE224160
22	LANDA CHILQUINGA JUAN EMILIO	18009911 33	MAZDA	FACTU RA	CAJON	P2845719
23	BENITEZ	18022869	SKODA	TAS06	PICK-UP	2119059

	RODRIGUEZ JORGE	61		77		
24	MASAQUIZA COMASANTA ANTONIO	18013427 99	FORD	TAO01 84	PICK-UP	FE228275
25	VACA PICO ANGEL SERAFIN	18017913 42	TOYOTA	TAF04 44	CAJON	5R1372721
26	VAYAS MARTINEZ FAUSTO GUSTAVO	18016676 82	TOYOTA	SAA09 69	CAJON	2Y0856526
27	LUGSHA ALCASIDES LUIS A.	18026678 14	CHEVROLE T	LBJ09 63	CAJON	142428
28	CHICAIZA PALATE JUAN JOSE	18030010 21	TOYOTA	TAR08 09	CAJON	2RZ2983537
29	CHICAIZA MORETA JOSE LEONARDO	18018215 11	MAZDA	TAP08 75	CAJON	F2218136
30	JEREZ MASAQUIZA JOSE ALBERTO	18026694 89	MAZDA	PAI023 6	CAJON	F2213126
31	MASAQUIZA MASAQUIZA SILVERIO	18011479 90	MAZDA	XAH06 22	CAJON	F2237383
32	GUACHAMBO ZA CUNALATA LUIS	18018918 52	TOYOTA	TAO05 13	PICK-UP	2RZ2990558
33	PILATUÑA TIRADO ROBERTO	18037604 77	TOYOTA	XAH08 17	CAJON	3074151

	CARLOS					
34	ZURITA CORDOVA PEDRO PABLO	18011702 73	TOYOTA	PLO07 95	CAJON	3393325G

Fuente: Autores

Marcas de vehículo que laboran en la cooperativa de Transporte “Taita Salasaca”.

Tabla 9. Número de unidades de acuerdo a las marcas de vehículos[22]

Marca/Modelo	Número(unidades de transporte)
Mazda	17
Toyota	10
Ford	4
Chevrolet	2
Skoda	1
TOTAL	34

Fuente: Autores

Figura 23. Marcas vs. Unidades[22]



Fuente: Autores

La figura 23. Indica que existe mayor cantidad de automóviles de marca Mazda con un total de 17 usuarios.

Rutas de recorrido de las unidades de transporte de la Cooperativa Taita Salasaca.

El recorrido de las unidades se realiza en los siguientes sectores:

Tabla 10. Ruta de ida de los vehículos[22]

Tramo	Distancia [Km]	Tiempo aproximado [min]
Churumanga - Rumichaca	6 Km	10 min
Rumichaca - El Rosario	3 Km	5 min
El Rosario - Salasaca	7 km	12 min
Total	16 km	27 min

Fuente: Autores

Tabla 11. Ruta de regreso de los vehículos[22]

Tramo	Distancia [Km]	Tiempo aproximado [min]
Salasaca – El Rosario	7 Km	12 min
El Rosario - Rumichaca	3 Km	5 min
Rumichaca - Churumanga	6 Km	10 min
Total	16 km	27 min

Fuente: Autores

La distancia total recorrida por las unidades de transporte en cada ciclo es de 16 Km, empleando un tiempo total de 27 minutos aproximadamente.

El horario de trabajo se realiza en las siguientes jornadas:

Tabla 12. Jornada laboral de lunes a viernes[22]

Lunes –Viernes	Horas
Mañana	06:30am – 12:30pm
Tarde	14:00pm – 18:00pm
Noche	18:00pm-20:00pm
Total	12 horas

Fuente: Autores

Tabla 13. Jornada laboral de sábado y domingo[22]

Sábado –Domingo	Horas
Mañana	08:30am – 12:30pm
Tarde	14:00pm – 17:00pm
Total	7 horas

Fuente: Autores

El trabajo se realiza de lunes a domingo con un promedio total de 74 horas por semana.

Las horas de mayor uso de las unidades de transporte están comprendidas entre las 6:30 am y 8:00 am, en la tarde desde las 14:00 pm a 15:00 pm y en la noche desde las 19:00 pm hasta las 20:00 pm.

Carga de los vehículos.

La capacidad de carga de las unidades de transporte es de 1300 Kg aproximadamente.

Las camionetas están en condiciones de transportar cualquier tipo de carga ya sea personas, animales o materiales para la construcción, pero que no sobrepase el valor recomendado (1300 Kg).

Consumo de combustible de las unidades de la cooperativa.

Tabla 14. Consumo de combustible diario marca Mazda[22]

MAZDA	
Propietario	Consumo diario [Gal]
MASAQUIZA COMASANTA JOSÉ	5
CHACHA MAISA LUIS GEOVANY	4
DIAZ MANOTOA JORGE HUMBERTO	7
CHICAIZA CHICAIZA JOSE GABRIEL	5
CUNAÑATA CHICAIZA MARCO	6
INFANTE CRIOLLO JAIME HUMBERTO	4

MASAQUIZA M. JULIO VICENTE	7
LLERENA MEDINA SEGUNDO MARIO	5
MANJARREZ ZURITA SAUL LEONARDO	6
MASAQUIZA MASAQUIZA FULGENCIO	4
MASAQUIZA PILLA FELICIANO	7
PILCO LANDA JULIO	6
ASHQUI SISALEMA ANGEL MARIA	7
LANDA CHILQUINGA JUAN EMILIO	6
CHICAIZA MORETA JOSE LEONARDO	5
JEREZ MASAQUIZA JOSE ALBERTO	7
MASAQUIZA MASAQUIZA SILVERIO	6
PROMEDIO	5.71 Gal

Fuente: Autores

Tabla 15. Consumo de combustible diario marca Toyota.[22]

TOYOTA	
Propietario	Consumo diario [Gal]
MACHUCA CURAY MARIA FRANCISCA	6
CHISAGUANO CH. JOSE MANUEL	4
OÑATE TUCTA MARCO DANILO	3.8
VACA PICO ANGEL SERAFIN	5
VAYAS MARTINEZ FAUSTO GUSTAVO	4
CHICAIZA PALATE JUAN JOSE	4
GUACHAMBOZA CUNALATA LUIS	6

PILATUÑA TIRADO ROBERTO CARLOS	5
ZURITA CORDOVA PEDRO PABLO	7
MASAQUIZA CAISABANDA RUBELIO	5
PROMEDIO	4.98 Gal

Fuente: Autores

Tabla 16. Consumo de combustible diario marca Ford[22]

FORD	
Propietario	Consumo diario [Gal]
CHAGLLA SAILEMA JULIO CESAR	4
MASAQUIZA MUYULEMA LUIS ALFONSO	4
MASAQUIZA TOINGA FRANCISCO	6
MASAQUIZA COMASANTA ANTONIO	5
PROMEDIO	4.75 Gal

Fuente: Autores

Tabla 17. Consumo de combustible diario marca Chevrolet[22]

CHEVROLET	
Propietario	Consumo diario [Gal]
CAIZA CHANGO JOSE	5
LUGSHA ALCASIDES LUIS A.	5.5
PROMEDIO	5.25 Gal

Fuente: Autores

Tabla 18. Consumo de combustible diario marca Skoda[22]

SKODA	
Propietario	Consumo diario [Gal]
BENITEZ RODRIGUEZ JORGE	5

PROMEDIO	5 Gal
-----------------	--------------

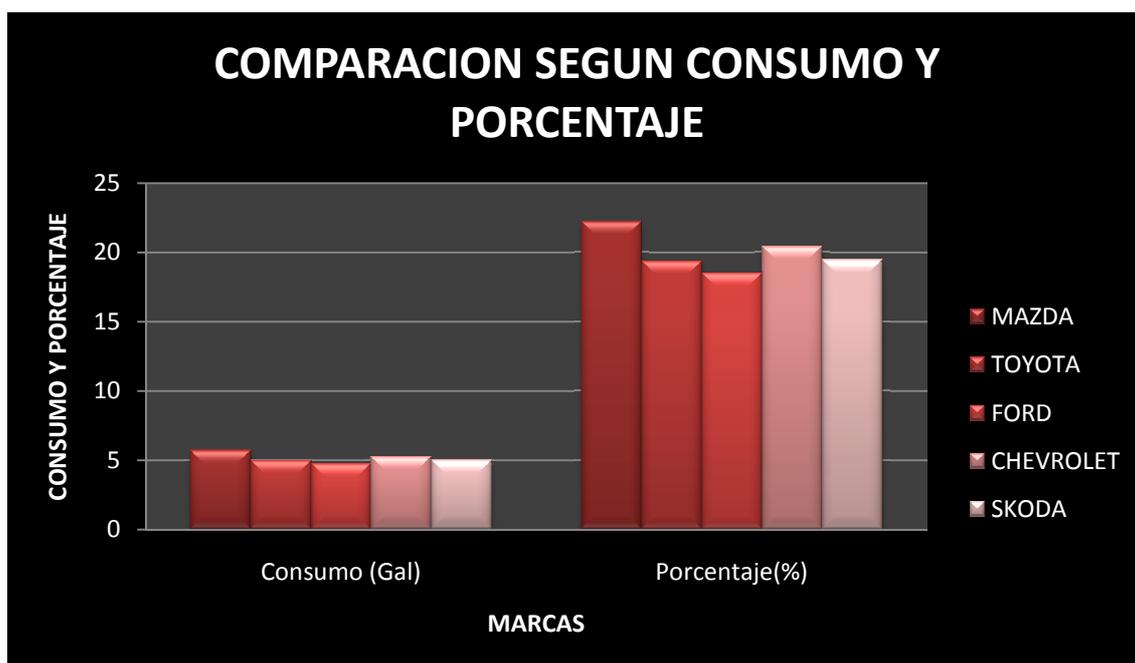
Fuente: Autores

Tabla 19. Comparación del consumo de combustible de las Marcas de vehículos de la empresa[22]

Comparación de consumo según marcas		
Marca	Consumo [Gal]	Porcentaje (%)
MAZDA	5.71	22,23
TOYOTA	4.98	19,38
FORD	4.75	18,49
CHEVROLET	5.25	20,44
SKODA	5	19,46
TOTAL	25,69	100 %

Fuente: Autores

Figura 24. Porcentaje de combustible consumido[22]



Fuente: Autores

5.3 Justificación de la propuesta

El vehículo que se toma como muestra para la implementación del dispositivo generador de hidrógeno es de Marca BT 50, la selección de esta marca se ha realizado bajo los siguientes parámetros:

- Hay mayoría de usuarios de la Cooperativa de Transporte “Taita Salasaca” que utilizan la marca Mazda para trabajar con un total de 17 vehículos.
- Al revisar el análisis estadístico se evidencia que el consumo de combustible de la marca Mazda en comparación con las otras cuatro utilizadas por la empresa es superior, dando un valor total de 22,23 %.
- Por lo tanto la cantidad de emisiones contaminantes emitidas por los automotores de marca Mazda que operan en la Cooperativa de Transporte “Taita Salasaca” son mayores.

5.4 Selección de elementos

El funcionamiento óptimo del sistema generador de hidrógeno depende totalmente de la calidad de sus elementos especialmente del tipo de material y características físico-químicas. La empresa HidroxiEcuador, ubicada en la ciudad de Quito, representada por el Ing. Raúl Torres, produce generadores de hidrógeno para motos, vehículos con motores de combustión interna, ya sea de carburador o inyección electrónica de combustible de gas, diésel y gasolina con diferente cilindrada. La empresa ha optado por realizar una selección de elementos que son adecuados de acuerdo al Reglamento Europeo CE 79/2009 del 14 de enero de 2009 Artículo 5, para el óptimo y correcto rendimiento de la generación de hidrógeno.

Tipos de generadores de hidrógeno de la empresa HidroxiEcuador.

HE1-1800-C

Figura 25. Generador de hidrógeno a carburador 1800 cc[24]



Fuente:http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262062.file_a.w300.jpg

Este modelo de generador, produce hidrógeno para motores de hasta 1800 centímetros cúbicos que trabajan con carburador.

HE1-1800-I

Este modelo de generador, produce hidrógeno para motores de hasta 1800 centímetros cúbicos que trabajan con inyectores.

Figura 26. Generador de hidrógeno a inyección 1800 cc[25]



Fuente:http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262074.file_a.w300.jpg

HE2-2800-C

Generador de hidrógeno para motores a carburador con un cilindraje de hasta 2800 centímetros cúbicos.

Figura 27. Generador de hidrógeno a carburador 2800 cc[26]



Fuente:http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262075.file_a.w300.jpg

HE2-2800-I

Generador de hidrógeno para motores a inyección de hasta 2800 centímetros cúbicos.

Figura 28. Generador de hidrógeno a inyección 2800 cc[27]



Fuente:http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262079.file_a.w300.jpg

Para la selección del tipo de generador de hidrógeno a implementarse en el vehículo se debe tener en cuenta la información de las características técnicas del automotor, esta información se obtiene de la ficha técnica BT-50 2WD 2.2 litros a gasolina cabina simple. Ver Anexo A. El automóvil es de inyección electrónica de gasolina, con una cilindrada de 2200 cm³. La empresa HidroxiEcuador recomienda por lo tanto el dispositivo HE2-2800-I, cabe mencionar que el dispositivo se implementa de forma general para todas las marcas con la condición que tengan la cilindrada especificada para este caso 2200 cm³ y funcione con gasolina. El generador tiene tres conductos de salida y uno de entrada, las salidas de hidrógeno y oxígeno están separadas, así el vehículo no detecta mayores cantidades de oxígeno en el escape pues esto ocasionaría un mayor consumo de combustible por parte del motor como estrategia de enriquecimiento de la mezcla de combustible.

Tabla 20. Selección de materiales para el sistema generador de hidrógeno[22]

<p>Depósito de agua.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA</p> <p>NTE 2266:2000</p> <p>Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos</p>	<p>Reservorio de agua para radiador más apropiado es el de marca Daewoo de capacidad 1000 cm³, es especial para líquidos expuesto a la corrosión y elevadas temperaturas, lo que lo hace un depósito adecuado es que posee un orificio en la parte inferior por lo que será fácil observar el funcionamiento del generador, mediante la observación de burbujas de gas de hidrógeno provenientes del generador.</p>
<p>Burbujeador.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA</p> <p>NTE 2266:2000</p> <p>Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos</p>	<p>Es un depósito pequeño de forma cilíndrico de material PVC, ya que va a contener oxígeno con electrolito por lo que a su vez es resistente a la corrosión y a la oxidación.</p>
<p>Bridas.</p>	<p>Su uso es especialmente para sujetar las mangueras con el objetivo de evitar enredos y accidentes con el motor, así que podemos usar cualquier tipo en este</p>

	<p>caso usaremos bridas plásticas de 40 cm de longitud.</p>
<p>Tubos de goma transparente.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA</p> <p>NTE 2266:2000</p> <p>Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos</p>	<p>Al igual que los tubos para el interior del generador usaremos la medida: 3/8"00 x 1/4" ID Vinyl 100 048643-025615. Son mangueras flexibles de una capa diseñada para la conducción de fluidos a baja presión, resistente al uso, a la intemperie, a la corrosión y a la oxidación.</p> <p>Transparente para comprobar el funcionamiento del sistema, además resiste altas temperaturas hasta de 150 °C.</p> <p>Este tipo de manguera sirve para el transporte de agua hacia el generador y las salidas de oxígeno e hidrógeno.</p>
<p>Cable eléctrico.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE</p> <p>0210:1978</p> <p>Conductores, alambres y cables para uso eléctrico. Definiciones</p>	<p>En el sistema eléctrico necesitamos cables de cobre de sección 4 mm² que soporten alrededor de 30 amperios por la cantidad de corriente que circula y produce el generador de acuerdo al siguiente cálculo.</p> $S = P \times L / R \quad (13)$ <p>Donde:</p> <p>S=sección</p> <p>P=resistencia específica del cobre (0,00416 mm²*Ω/m)</p> <p>L=longitud del cable</p> <p>R= resistencia eléctrica (medida)</p> $s = \frac{0.00416\Omega * mm^2}{m} * \frac{6m}{0.00265\Omega}$ $s = 2,48mm^2 \approx 2,5mm^2$ <p>Por lo tanto la sección ideal del conductor</p>

	es de 2,5 mm ²
<p>Relé.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE 0077:1976</p> <p>Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos</p>	<p>El tipo (12V–30/40Amp) es ideal para el sistema eléctrico del generador, por que cumple con la capacidad necesaria para soportar el amperaje que va a circular por este dispositivo y se puede adaptar en cualquier parte del chasis del vehículo.</p>
<p>Conectores.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE 0077:1976</p> <p>Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos</p>	<p>Tipo Faston, para colocar en los terminales de los cables y mejorar la conducción de la corriente, también facilita el montaje y desmontaje de los mismos en los cables. En este caso se colocará conectores de acuerdo a la sección del cable.</p>
<p>Electrolito.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE 2288:2000</p> <p>Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos</p>	<p>Para el proceso de electrólisis ha sido seleccionado el hidróxido de potasio, es un compuesto que es soluble en agua y que al contacto con esta produce una reacción exotérmica lo que mejora la conductividad eléctrica y es muy fácil de obtener, es muy utilizado en las industrias para procesos de electrólisis.</p>
<p>Abrazaderas.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE 260:2010</p> <p>Instalaciones de gases combustibles para</p>	<p>Tipo metálicas para tubo.</p> <p>Medidas: 18 mm - 20 mm, 5/8" - 3/4" galvanizado Acero Zincado 20 mm, 5/8". Que dan un cierre hermético con la finalidad de evitar fugas, estas serán</p>

<p>uso residencial, comercial e industrial.</p> <p>Requisitos</p>	<p>colocadas en las entradas y salidas del depósito y del generador, se añadirá un poco de silicón líquido para complementar el ajuste.</p>
<p>Agua destilada.</p> <p>REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO</p> <p>RTE INEN 055</p> <p>Aguas envasadas. Requisitos.</p>	<p>Para la selección de este elemento veremos que el agua destilada sea de la mejor calidad, que sea 100% libre de minerales ya que estos pueden afectar al correcto funcionamiento del generador y colaborar a la rápida oxidación de los componentes que entran en contacto con el agua, en el mercado hay varias marcas de excelente calidad, se usará LAB.</p>
<p>Interruptor.</p> <p>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE 0077:1976</p> <p>Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos</p>	<p>De acuerdo a la sección de los cables y a la intensidad de corriente que por este debe pasar la instalación debe ser con interruptor eléctrico universal.</p> <p>Como el voltaje es el de batería de 12 voltios por razones de seguridad el interruptor debe soportar 125 V y 30 A.</p>

Fuente: Autores

5.5 Verificación de los elementos y del generador de hidrógeno

Para una instalación exitosa se debe revisar cada uno de los elementos, para asegurar el buen estado de los componentes y de esta manera evitar fisuras, golpes, fecha de caducidad como en caso de agua destilada y electrolito, en el caso del generador se verifica que no exista continuidad en sus contactos positivo y negativo, también se comprueba que no hay taponamiento en todos los conductos del generador, mediante un soplete.

5.6 Implementación y montaje del sistema de hidrógeno

La implementación del sistema generador de hidrógeno fue realizada en el Taller de Servicio Automotriz "Olger Freire" situado en la ciudad Pelileo en la Provincia de Tungurahua en la Av. La Confraternidad y García Moreno. Cabe mencionar que entre

la Cooperativa de Transporte “Taita Salasaca” y el Taller automotriz no existe convenio alguno, por lo que la implementación se realizó de forma particular.

De acuerdo con el Reglamento Europeo CE 79/2009 del 14 de enero de 2009 Artículo 5, para el óptimo y correcto rendimiento de la generación de hidrógeno, se procede a seguir los pasos siguientes del manual de instalación del sistema generador de hidrógeno.

Herramientas a utilizar:

- Taladro.
- Suelda eléctrica.
- Guantes de goma.
- Mandil.
- Alicates.
- Pinza.
- Multímetro.

Instalación.

Antes de iniciar la instalación del dispositivo es necesario tener todos los elementos del sistema a disposición para evitar inconvenientes y demora en el proceso.

Fijación de componentes principales.

5.6.1 *Generador.* Se fija el generador con ayuda de una celda metálica construida a la medida del generador, esta se ajusta al chasis en el lado izquierdo del vehículo en el compartimento del motor.

Pasos para la fijación del generador:

a.- Colocar la celda en el lugar adecuado y de fácil acceso para colocar y retirar el generador.

Figura 29. Jaula empernada al vehículo[22]



Fuente: Autores

b.- Fijar el generador en la celda ajustando los pernos con un torque de 20 N x m perfectamente.

Figura 30. Fijación del generador en el vehículo[22]



Fuente: Autores

5.6.2 Depósito. Se coloca este elemento a un nivel no menor de 10 cm arriba de la entrada del electrolito hacia el generador para que la gravedad facilite el descenso de agua y en un lugar accesible para completar cuando se requiera las carencias de agua.

Para colocar el depósito se realiza cuatro orificios de 5 milímetros de diámetro en una pequeña placa de sujeción metálica, dos orificios para adaptar el depósito y dos orificios para fijar la placa al chasis en la parte izquierda del auto, luego se coloca el depósito y se ajustan los pernos.

Figura 31. Adaptación de la placa de sujeción al depósito de electrolito[22]



Fuente: Autores

Figura 32. Adaptación del depósito de electrolito al vehículo[22]



Fuente: Autores

5.6.3 Burbujeador. Fijar con tornillos el burbujeador al chasis del vehículo a un lado del depósito, procurando que la salida de este, vaya un poco más alto que la entrada del retorno de electrolito.

Figura 33. Instalación del burbujeador al chasis del vehículo[22]



Fuente: Autores

5.6.4 Colocación de mangueras. Antes de colocar mangueras es importante que cada una de las entradas y salidas de todo el sistema, tenga un acoplamiento adecuado para el ajuste de las mismas.

a.- Realizar un orificio de aproximadamente 5 milímetros de diámetro en el tubo de goma del múltiple de admisión, lo más cercano posible del ingreso de aire hacia el motor para colocar un acople de pitón en la entrada de gas de hidrógeno hacia el motor.

Figura 34. Manguera del múltiple de admisión perforada[22]



Fuente: Autores

b.- Realizar en el depósito de electrolito dos agujeros adicionales, de igual diámetro que los tres agujeros que vienen normalmente en el depósito, de la misma forma colocar los adaptadores para las mangueras y sellante líquido para evitar fugas.

Figura 35. Instalación del adaptador de manguera en el depósito[22]



Fuente: Autores

c.- Ajustar la manguera de entrada del electrolito del generador usando para esto una abrazadera metálica.

Figura 36. Entrada de electrolito al generador[22]



Fuente: Autores

d.- Fijar la manguera de salida del electrolito del depósito hacia el generador.

Figura 37. Salida de electrolito del depósito[22]



Fuente: Autores

e.- Colocar la manguera de salida del gas hidrógeno del depósito.

Figura 38. Salida de hidrógeno del depósito[22]



Fuente: Autores

f.- Ajustar la conexión de llegada de hidrógeno del tubo de admisión.

Figura 39. Entrada de hidrógeno al motor[22]



Fuente: Autores

g.- Colocar la manguera de salida de oxígeno con electrolito del generador.

Figura 40. Salida de oxígeno y electrolito del generador[22]



Fuente: Autores

h.- Apretar la manguera de entrada de oxígeno con electrolito del burbujeador.

Figura 41. Entrada de electrolito y oxígeno del burbujeador[22]



Fuente: Autores

i.- Colocar la manguera de salida de electrolito del burbujeador.

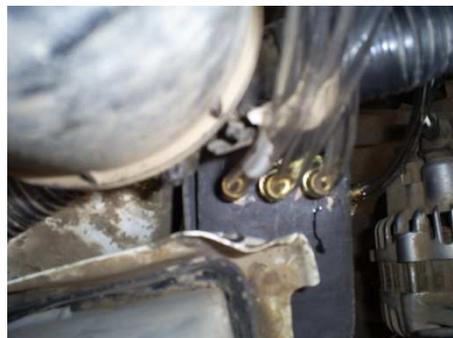
Figura 42. Salida de electrolito del burbujeador[22]



Fuente: Autores

j.- Colocarlas mangueras de salida de hidrógeno del generador.

Figura 43. Salidas laterales de hidrógeno del generador[22]



Fuente: Autores

k.- Colocar las mangueras de entrada de gas hidrógeno directo al depósito y la manguera de regreso de electrolito al depósito.

Figura 44. Depósito y burbujeador[22]



Fuente: Autores

5.6.5 Conexión eléctrica. Una vez instalados los principales elementos, se puede continuar con la parte eléctrica mediante los siguientes literales:

a.- Todo el circuito eléctrico debe actuar en “KOER” (key on engine run) (es decir que sólo funcione cuando el auto esté en marcha). Es decir, sólo hay corriente si el motor esta encendido.

b.- Buscar un cable eléctrico que lleve 12 voltios pero sólo cuando el motor está en marcha. Este cable eléctrico puede ser la alimentación de la bomba de gasolina, llave de contacto (última posición), el indicador de presión de aceite, etc.

Esta señal será la que alimenta y comanda el relé que alimenta el generador y tiene como meta alimentarlo solo cuando el motor esté en marcha a fin de evitar una acumulación de H₂O en el circuito y la consiguiente descarga de la batería.

c.- Retirar la tapa del protector del relé de la bomba ubicada en la parte inferior izquierda del lado del conductor.

Figura 45. Relé de la bomba[22]



Fuente: Autores

d.- Arrancar y verificar el cable que lleva alimentación a la bomba de combustible mediante un multímetro con una escala de 20 voltios de corriente directa.

Figura 46. Medición de 12 voltios del relé de la bomba[22]



Fuente: Autores

Luego de verificar el cable de alimentación de la bomba de combustible, se instala un nuevo cable adaptado en un extremo al de la alimentación de la bomba, en el otro extremo hacia el primer contacto del interruptor, luego desde el segundo contacto del interruptor dejamos libre para unir con el contacto 86 del relé del generador. Ver Anexo B.

Figura 47. Instalación del interruptor del generador en el interior del habitáculo del vehículo[22]



Fuente: Autores

5.6.5.1 Relé. Se atornilla al chasis muy cerca al motor del parabrisas por la facilidad de instalación y mejor acceso ya sea para colocar cables o sustituir el propio relé del generador además es un lugar muy seco.

Conexiones del relé. Ver Anexo B.

a.- Desde el terminal positivo de la batería se conecta el cable con el contacto 30 del relé. Luego colocar otra conexión desde el terminal positivo del generador hasta el contacto 87 del relé.

b.- Conectar al contacto 86 el cable anteriormente adaptado de la alimentación de la bomba a través del segundo contacto del interruptor para activación del relé, es decir para cerrar el circuito del sistema eléctrico del generador.

c.- Conectar a negativo el relé, es decir el contacto 85 se une al chasis del vehículo.

d.- Conectar a tierra, de la batería o a través de los tornillos de fijación al chasis. A esto se le denomina “conectar a masa”, la masa del vehículo no siempre es buena garantía de masa, en algunas ocasiones hay zonas aisladas por las gomas anti ruido que no hacen masa por lo que se debe verificar la continuidad de masa donde se va a conectar los cables.

5.6.6 Preparación de electrolito. Antes de comenzar a preparar la mezcla, que es de agua destilada con hidróxido de sodio debemos utilizar protección para evitar el

contacto con el NaOH ya que es una sustancia muy irritante para la piel, en este caso se usa un par de guantes de látex y una mascarilla. Teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento del depósito de agua hasta el máximo permitido es de un litro, se agrega 2/3 de litro en otro contenedor para facilitar la mezcla con el NaOH, la cantidad adecuada por litro de agua destilada esta entre 70 y 100 gramos de NaOH.

Mezclar hasta que se disuelva completamente el electrolito.

Si se dificulta la circulación del electrolito cuando aún el generador esté apagado, se debe soplar por el tubo de salida del depósito hasta que el electrolito llegue al generador. Al soplar en el depósito, el agua debe pasar por los tubos transparentes hasta la celda, luego llenar con electrolito preparado hasta el máximo del depósito nuevamente.

5.7 Comprobación y verificación del funcionamiento del sistema

Comprobación.

a.- Encender el motor del vehículo, esperar que alcance su temperatura normal de funcionamiento (80-90 °C).

b.- Presionar el interruptor de encendido del generador, al encender el generador observar burbujas que recorren todo el sistema a través de las mangueras transparentes, esto indica una buena señal de funcionamiento.

c.- Retirar la manguera de entrada de hidrógeno al motor, ponerla en el fondo de un recipiente pequeño lleno de agua.

d.- Observar que hay burbujas, sobre la superficie del líquido encender una llama, para verificar si las burbujas son de hidrógeno o de oxígeno tomar en cuenta que cuando hay presencia de oxígeno en una combustión este altera la llama, es decir la llama aumenta y cuando existe hidrógeno se produce una explosión instantánea. Hay explosiones continuas e instantáneas, lo que nos indica la presencia de hidrógeno.

Verificación.

a.- En caso de que el dispositivo no esté produciendo hidrógeno, revisar si hay fugas o no se ha conectado correctamente los tubos, es muy común intercambiar posiciones de entrada y salida en el depósito, burbujeador o generador.

b.- Si el hidrógeno producido no está ingresando al motor, puede ser que exista fuga en el sistema y el hidrógeno se va fuera del motor, para verificar esto, rociar todas sus mangueras y conexiones con agua jabonosa para descubrir fugas.

Definitivamente debe asegurarse que todos los pasos anteriores estén revisados, las siguientes causas descritas a continuación son seguramente menos probables, pero aun así requieren atención, además de ser problemas relacionados con el motor y no tienen nada que ver con la instalación del dispositivo, o sea son ajustes que debería resolver de cualquier manera.

a.- Un filtro de aire sucio puede arruinar un buen kilometraje por litro. Este causa una mezcla más rica porque restringe el flujo de aire al motor. A menudo se limpia un poco el filtro de aire con aire comprimido, pero los casos graves requieren remplazo.

b.- Si el motor no funciona correctamente, añadiendo un sistema de H₂O no corregirá el problema. Se recomienda arreglar todo antes de instalar el dispositivo. Un aspecto muy común es tener la luz de diagnóstico encendida (check engine) y seguir circulando porque no es un problema grave.

5.8 Pruebas

Las pruebas de torque, potencia y análisis de gases se desarrollaron en la ciudad de Quito, en la empresa CCICEV (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares), se encuentra ubicado en la Av. Toledo s/n y Madrid, creado en el marco de la ley N°.99-44 de los Centros de Transferencia y Desarrollo de Tecnologías, publicada en el registro Oficial N°.319 del martes 16 de noviembre de 1999, el mismo que se encuentra adscrito a la Escuela Politécnica Nacional con autonomía administrativa, económica y financiera, con personería jurídica ecuatoriana, de derecho público, con finalidad social y pública, sin fines de lucro. Cabe mencionar que entre la empresa CCICEV y la Cooperativa de Transporte "Taita Salasaca" no existe ningún tipo de convenio, por lo que el proceso de pruebas se realizó de manera general.

5.8.1 Equipo a utilizar en las pruebas. La empresa CCICEV cuenta con el equipo y las herramientas necesarias, así toda prueba realizada al vehículo se efectuó sin inconvenientes ni contratiempos para el desarrollo del proyecto.

El laboratorio de pruebas es una de las áreas del CCICEV, ha implementado el Sistema de Gestión de la Calidad conforme a la normativa ISO/IEC 17025; Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de Ensayo y Calibración.

Figura 48. Taller de pruebas CCICEV[22]



Fuente: Autores

Equipamiento del CCICEV-EPN.

Para el desarrollo de este proyecto el CCICEV - EPN tiene disponible los siguientes equipos:

- Dinamómetros de chasis (LPS 3000 y ASM).
- LPS 3000 Consola de comunicación.
- Analizador de gases.
- Flujómetros.
- GPS.

5.8.1.1. Dinamómetros de chasis (LPS 3000 y ASM). Un dinamómetro de chasis es un equipo que permite desarrollar pruebas de torque, potencia y simulación para análisis de gases de escape en vehículos pesados y ligeros simulando condiciones de conducción estandarizadas. Los dinamómetros de chasis permiten identificar parámetros de servicio como potencia, torque, cumplimiento de emisiones contaminantes y precisión del contador de revoluciones y velocímetro.

Figura 49. Dinamómetro de chasis LPS 3000[22]



Fuente: Autores

Figura 50. Dinamómetro de chasis ASM[22]



Fuente: Autores

LPS 3000 consola de comunicación.

La consola de comunicación es el dispositivo encargado de recibir los datos de potencia, torque, gases de escape y mostrar resultados al usuario a través de una pantalla, es decir que consta de el software indicado para cada tipo de pruebas, el software usado es el LPS 3000 LKW para pruebas de potencia, torque y par, y el EUROSYSTEM v 1.04 para pruebas de análisis de gases de escape.

Figura 51. Consola de comunicación LPS 3000[22]



Fuente: Autores

5.8.1.2. Analizador de gases MAHA MGT-5. Es un equipo que contiene celdas electroquímicas para determinar la concentración de NO_x, CO, CO₂ y O₂ de los gases contaminantes emitidos por el escape de los vehículos a gasolina, por lo tanto, es utilizado en pruebas estáticas como en dinámicas.

Figura 52. Analizador de gases MAHA MGT-5 [28]



Fuente: http://www.maha.de/cps/rde/xbcr/SID-BB2E8477-828406A4/maha_internet/MGT_5_mit_Handpult_100x100.jpg

Software LPS 3000 LKW.

Este software es utilizado por la consola de comunicación LPS 3000 para realizar las mediciones de torque y potencia, para una precisa medición se debe seguir los siguientes pasos.

Después de situar el automotor en el dinamómetro se debe ingresar los datos del vehículo: Marca, modelo, cilindraje, inyección o carburador, diésel o gasolina.

Figura 53. Software LPS 3000 introducción de datos[22]



Fuente: Autores

Seleccionar el procedimiento de medición, puede ser torque o potencia.

Figura 54. Software LPS 3000 tipo de prueba[22]



Fuente: Autores

Empezar con la simulación con el vehículo en marcha.

Figura 55. Software LPS 3000 carga del vehículo[22]



Fuente: Autores

Observar el comportamiento del motor del vehículo para la obtención de resultados.

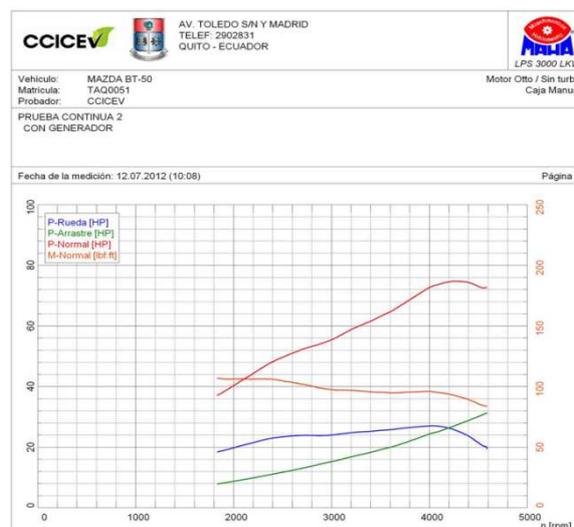
Figura 56. Software LPS 3000 comportamiento del vehículo[22]



Fuente: Autores

El software también muestra los resultados obtenidos representados en una gráfica de potencias y torque en función de las revoluciones del motor.

Figura 57. Software LPS 3000 representación de resultados[22]



Fuente: Autores

Software EUROSISTEM V: 1.04.

Utilizado para la medición de gases contaminantes, incorporado en el equipo LPS 3000.

Luego de ubicado el vehículo en el dinamómetro, se procede a ingresar en el software los datos del vehículo como: Marca, modelo, cilindraje, inyección o carburador, diesel o gasolina.

Figura 58. Software EUROSISTEM V: 1.04 datos del vehículo[22]



Fuente: Autores

Seleccionar en el programa el tipo de medición de gases de escape, la medición se realiza en forma dinámica y en forma estática.

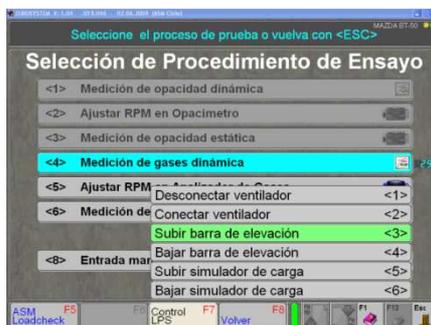
Figura 59. Software EUROSISTEM V: 1.04 selección del tipo de prueba[22]



Fuente: Autores

Proceder a subir la barra de elevación para que se acople a las ruedas traseras del vehículo a través del software.

Figura 60. Software EUROSISTEM V: 1.04 subir barra de elevación[22]



Fuente: Autores

Entonces el software nos arroja los resultados de las mediciones de las pruebas dinámica y estática.

Figura 61. Software EUROSISTEM V: 1.04 resultados de la prueba[22]

	Medición 1:	Medición 2:
CO	0,03 % Vol.	0,03 % Vol.
CO ₂	14,60 % Vol.	14,60 % Vol.
CO _{correctado}	0,03 % Vol.	0,03 % Vol.
HC	64 ppm	33 ppm
O ₂	0,00 % Vol.	0,01 % Vol.
NO _x	2 ppm	78 ppm
Lambda	0,996	0,998
Temperatura	--- °C	--- °C
Nº rpm	810 rpm	2640 rpm
AFR	--- %	--- %
Temp. aceite	--- °C	--- °C

Fuente: Autores

Se procede a guardar los datos de la medición.

Figura 62. Software EUROSISTEM V: 1.04 guardar datos[22]



Fuente: Autores

La pantalla muestra los valores reales de los gases de escape una vez guardados.

Figura 63. Software EUROSISTEM V: 1.04 pantalla de datos guardados [22]



Fuente: Autores

5.8.1.3. Flujómetro. Este instrumento es un micro-medidor que se caracteriza por realizar mediciones de flujo de volumen. Los tipos de combustibles que se pueden utilizar con éste dispositivo son: diésel, biodiésel, gasolina, queroseno, etanol, metanol, alcohol. Posee 2 tomas, una de entrada y una de salida cuyos diámetros son de rosca de conexión interna de 2 x 1/8", reacondicionado como un medidor de flujo para medir el consumo de combustible con un rango de medición 0,015-8,0 l/min

Figura 64. Flujómetros[22]



Fuente: Autores

5.8.1.4. Dispositivo GPS. Es un dispositivo receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) utiliza el sistema para determinar la posición de coordenadas de la latitud, longitud y altura. Se basa en una constelación de 21 satélites que orbitan a la tierra a una altura de 20200 km, necesitando 11h58m para describir una órbita completa. En este caso se utiliza para medir distancias en la ruta recorrida para medir el consumo de combustible.

Figura 65. Dispositivo GPS[22]



Fuente: Autores

5.8.2 Pruebas de torque y potencia. La medición en modo inercial consiste en acelerar el automóvil sobre el banco de potencia hasta el corte de revoluciones del motor, después embragar y dejar en punto muerto en la marcha de prueba, hasta que las ruedas se detengan por sí mismas.

La carga del motor son: los rodillos, la resistencia a la rodadura y la resistencia de los elementos de transmisión (caja de cambios, diferenciales, rodamientos). El tiempo de medición es aproximadamente de 40 segundos hasta el corte, y unos pocos segundos desde que se embraga hasta que las ruedas se detengan. La potencia y el par se miden en función de la aceleración del vehículo en los rodillos (potencia y par a las ruedas) y su deceleración (potencia y par de pérdidas). La suma de ambos valores representa la potencia y el par del motor. Con los datos recogidos por el banco, el programa LPS 3000 LKW nos entrega una gráfica de par, potencia y pérdidas, en función de las revoluciones del motor.

La prueba dinámica se la realizó en un dinamómetro de chasis, marca MAHA modelo LPS 3000, éste equipo determina la potencia y torque real del vehículo en condiciones climáticas donde se instaló el equipo. El banco de potencia está ubicado en la ciudad de Quito en la empresa CCICEV, por lo que se tomaron los datos de las condiciones ambientales de este sitio.

Figura 66. Ingreso del vehículo para prueba de potencia[22]



Fuente: Autores

Figura 67. Ubicación del auto en los rodillos[22]



Fuente: Autores

Figura 68. Inspección del técnico de la ubicación del vehículo[22]



Fuente: Autores

Figura 69. Colocación del arnés de seguridad[22]



Fuente: Autores

Figura 70. Ajuste del arnés de seguridad[22]



Fuente: Autores

Figura 71. Simulador de túnel de viento[22]



Fuente: Autores

Figura 72. Adaptación de equipos[22]



Fuente: Autores

5.8.3 Pruebas de análisis de gases de escape. Las pruebas dinámicas de emisiones gaseosas para el vehículo a gasolina vienen dadas bajo condiciones de prueba de un vehículo en dinamómetro ASM con la aplicación de carga externa al motor a diferentes regímenes de carga y velocidad en las etapas ASM 5015 y ASM 2525. La norma ASM

(AccelerationSimulationMode) tiene su origen en EEUU de acuerdo a determinaciones de la agencia ambiental de ese país (EPA).

El 24 de abril de 2007 fue publicado en el Diario Oficial el Decreto 149/06 del MTT que establece un nuevo procedimiento para el control de emisiones en vehículos en uso, de encendido por chispa (ciclo Otto), con sello verde, en plantas de revisión técnica (PRT). Su entrada en vigencia en la RM, fue recientemente postergada para el 1 de septiembre de 2008. En los próximos años se implementaría en regiones. La finalidad es identificar vehículos con problemas en el sistema de control de emisiones mediante la medición de CO, NOx y HC en carga. En especial se busca detectar problemas en el convertidor catalítico. El origen del NOx. Las principales causas de la producción de NOx en los motores a combustión interna se deben a elevadas temperaturas de combustión y mezclas pobres (exceso de aire).

Los sistemas desarrollados en el motor para su disminución van desde la corrección continua de la relación aire combustible (parámetro lambda), la recirculación de gases de escape y el uso de convertidores catalíticos (de tres vías).

Procedimiento ASM.

El vehículo se ubica sobre un dinamómetro y se realiza un proceso de precalentamiento e inspección visual. Si se detectan humos visibles la prueba es inmediatamente rechazada. Si pasa la inspección visual, el automóvil luego se opera con carga bajo dos condiciones.

Prueba 5015: 50% de potencia a una velocidad de 15 mph (24 kph).

Prueba 2525: 25% de potencia a una velocidad de 25 mph (40 kph).

La potencia de freno se calcula de acuerdo a la Inercia Equivalente del vehículo. El software selecciona automáticamente todos los parámetros para el ensayo de acuerdo a la información contenida en la documentación del vehículo. Se miden concentraciones de HC, CO, CO₂ y NO. Una vez terminada la prueba el sistema determina en forma automática si el vehículo cumple o no con los límites máximos. El operario no puede ver los resultados. En condiciones de operación normales, la duración total de la prueba debería estar entre 60 y 165 segundos.

Figura 73. Ubicación del vehículo para análisis de gases de escape[22]



Fuente: Autores

Figura 74. Dinamómetro ASM para prueba de análisis de gases[22]



Fuente: Autores

Figura 75. Analizador de gases de escape[22]



Fuente: Autores

Figura 76. Equipo de medición de análisis de gases MGT-5[22]



Fuente: Autores

Figura 77. Datos de medición de análisis de gases[22]



Fuente: Autores

5.8.4 Pruebas de consumo de combustible. El objetivo de esta medición es conocer el rendimiento real del vehículo, esto es la proporción de combustible necesario para una distancia recorrida, para esto se conectan medidores de flujo (fluxómetros) tanto en la admisión como en el retorno del sistema de combustible, obteniendo una diferencia que representa el consumo total, para posteriormente calcular el rendimiento del vehículo en kilómetros recorridos por litro o galón.

Para determinar el consumo de combustible durante un ciclo de prueba de carretera se aplica la siguiente metodología:

- Selección del ciclo de prueba a usarse, para este caso es el ciclo carretera.
- Evaluación mecánica del vehículo seleccionado.
- Instalación de equipos a usarse.
- Medición en campo.

Figura 78. Instalación de Flujómetro[22]



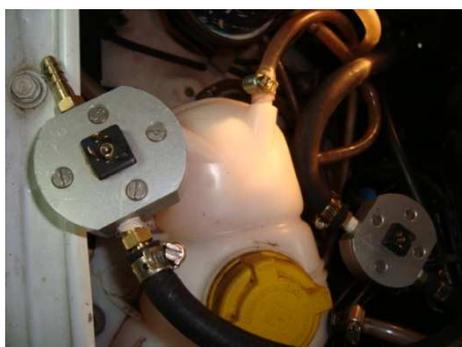
Fuente: Autores

Figura 79. Flujómetros adaptados en el vehículo[22]



Fuente: Autores

Figura 80. Flujómetros instalado en la salida y retorno de combustible[22]



Fuente: Autores

Figura 81. Dispositivo de señal de pulsos enviados por los flujómetros[22]



Fuente: Autores

Figura 82. Conexión del display de pulsos[22]



Fuente: Autores

Figura 83. Salida del vehículo para pruebas en carretera[22]



Fuente: Autores

5.9 Estudio del vehículo antes de la implementación del generador

5.9.1 Pruebas en el motor sin generador. En lo que respecta a este procedimiento de pruebas, se debe tener presente condiciones ambientales como temperatura, humedad y presión atmosférica.

Para poder hacer las comparaciones necesarios para el análisis de las pruebas debemos realizar pruebas antes y después de la implementación del generador de hidrógeno ya sea para las pruebas de potencia, torque, consumo de combustible y en las pruebas de emisiones contaminantes del motor del vehículo.

Condiciones ambientales.

Tabla 21. Condiciones ambientales[22]

Temperatura ambiente	65,7 °F
Temperatura aire aspirado	60,6 °F
Presión atmosférica	738,6 hPa
Humedad relativa del aire	45,8%
Altura	2800 msnm

Fuente: Autores

Datos de las pruebas.

TORQUE Y POTENCIA.

Tabla 22. Datos obtenidos en las pruebas de potencia y torque sin generador[22]

Revoluciones	Velocidad	P Rueda	P Motor	P Normal	M Normal
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbt.ft]
1900	31,9	17,3	26,3	37,2	102,8
2000	33,6	18	27,6	39,1	102,4
2100	35,3	18,8	29	41	102,3
2200	36,9	19,5	30,3	42,9	102,3
2300	38,6	20,1	31,7	44,8	102,2
2400	40,3	20,6	32,9	46,6	102,2
2500	42	20,7	33,7	47,8	100,1
2600	43,6	20,7	34,4	48,7	98,3
2700	45,3	20,6	35,2	49,8	96,7

2800	47	20,5	35,9	50,8	95,1
2900	48,7	20,4	36,6	51,9	93,7
3000	50,4	20,5	37,6	53,2	93
3100	52	20,6	38,6	54,6	92,2
3200	53,7	20,8	39,5	55,9	91,6
3300	55,4	20,7	40,2	57	90,6
3400	57,1	20,7	40,9	57,9	89,2
3500	58,8	20,7	41,8	59,2	88,7
3600	60,4	20,8	42,8	60,6	88,3
3700	62,1	21,1	44,1	62,5	88,5
3800	63,8	21,4	45,3	64,1	88,5
3900	65,5	21,6	46,5	65,9	88,7
4000	67,2	21,8	47,3	66,9	87,9
4100	68,8	21,4	47,9	67,8	86,8
4200	70,5	20,5	48,1	68,1	85,1
4300	72,2	19,6	48,3	68,4	83,7
4400	73,9	18,4	48,3	68,3	81,6
4500	75,5	16,1	47,2	66,7	78,1

Fuente: Autores

GASES DE ESCAPE.

Tabla 23. Datos de las pruebas de emisiones de escape sin generador[22]

Contaminante	800	2800
	[rpm]	[rpm]
Monóxido de carbono CO (%)	0,09	0,06
Hidrocarburos no combustionados HC (ppm)	64	33
Dióxido de carbono CO ₂ (%)	14,6	14,6
Oxígeno O ₂ (%)	0	0,01
Óxidos de Nitrógeno NOx (ppm)	7	78

Fuente: Autores

CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Tabla 24. Resultados obtenidos en las pruebas de consumo de combustible sin generador[22]

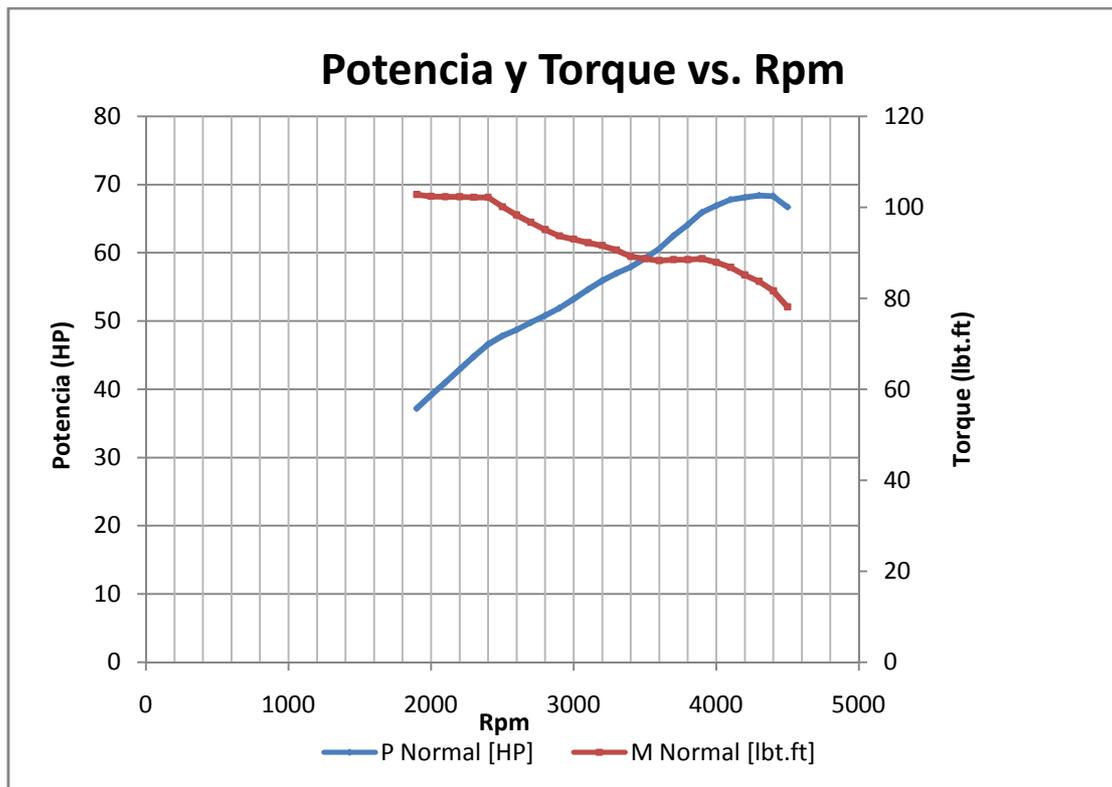
TRAMO	CONSUMO	DISTANCIA	RENDIMIENTO	FACTOR DE EMISION
	(l)	(Km)	(Km/l)	(grCO ₂ /Km)
GUAPULO - CARAPUNGO	2,02293310 5	13,59	6,717968067	354,2737888
CARAPUNGO - GUAPULO	1,54602331 1	13,8	8,926126727	266,6330059
GUAPULO - CARAPUNGO	2,03841078 2	13,75	6,745450975	352,8303754
CARAPUNGO - GUAPULO	1,55109330 3	13,79	8,890503214	267,7013823

Fuente: Autores

EL factor de emisión de gramos de dióxido de carbono (CO₂) permitido en Ecuador no está establecido con un valor específico pero de acuerdo a la EURO 5 Reglamento (CE) n°443/2009 lo permitido es de 5,54 m³/100 km que tiene un equivalente de 320 gr CO₂/km, lo que indica que el vehículo está fuera del límite de emisión europeo.

5.9.2 *Comportamiento del motor del vehículo sin la implementación del sistema generador de hidrógeno.*

Figura 84. Curvas del comportamiento del motor a gasolina[22]



Fuente: Autores

En la figura 84. Se presenta la gráfica de potencia y torque del vehículo, en la cual se observa que la potencia aumenta a medida que las revoluciones suben, mientras que el torque llega a su punto máximo a las 2400 revoluciones por minuto aproximadamente y luego desciende, esto se debe a que el número de revoluciones sigue aumentando; es decir, se acelera más y vuelve a disminuir el torque. Esto se debe a que ya no hay suficiente tiempo para crear una presión de combustión elevada en el cilindro; el motor sencillamente gira demasiado rápido. Por lo tanto, desmejoran los parámetros de intercambio de gases, formación de mezcla y combustión.

5.10 Estudio del vehículo después de la implementación del generador

5.10.1 Pruebas para el motor con el dispositivo de hidrógeno. Las condiciones ambientales para la medición de los parámetros requeridos con la implementación del sistema son las mismas que las anteriores a la implementación del generador de hidrógeno.

Condiciones ambientales.

Tabla 25. Condiciones ambientales[22]

Temperatura ambiente	65,7 °F
Temperatura aire aspirado	60,6 °F
Presión atmosférica	738,6 hPa
Humedad relativa del aire	45,8%
Altura	2800 msnm

Fuente: Autores

Para las pruebas con el sistema de generación de hidrógeno implementado, simplemente accionamos el botón de encendido del generador y procedemos a realizar las mediciones de la misma manera que se hizo sin el generador de hidrógeno, tanto para la potencia, torque y consumo como para el análisis de los gases de escape.

POTENCIA Y TORQUE

Tabla 26. Datos de potencia y torque obtenidos con el generador[22]

Revoluciones	Velocidad	P Rueda	P Motor	P Normal	M Normal
[rpm]	[mph]	[HP]	[HP]	[HP]	[lbt.ft]
1900	31,9	18,9	26,9	38,2	106
2000	33,6	19,7	28,4	40,2	106
2100	35,3	20,6	29,8	42,3	106,1
2200	37	21,4	31,2	44,2	106
2300	38,7	22,3	32,6	46,3	105,9
2400	40,3	22,9	34	48,1	105,7
2500	42	23,3	35	49,6	104,6
2600	43,7	23,6	35,9	50,9	103,2
2700	45,4	23,8	36,8	52,1	101,7
2800	47,1	23,8	37,5	53,2	100,1
2900	48,7	23,7	38,2	54,1	98,4
3000	50,4	23,9	39	55,4	97,3
3100	52,1	24,3	40,2	57	96,8
3200	53,8	24,7	41,4	58,7	96,7
3300	55,5	24,9	42,4	60,1	96,1
3400	57,1	25,1	43,4	61,5	95,3

3500	58,8	25,4	44,5	63,1	95,1
3600	60,5	25,7	45,6	64,6	94,6
3700	62,2	26,1	46,9	66,5	94,6
3800	63,9	26,4	48,4	68,5	95,2
3900	65,5	26,7	49,8	70,6	95,5
4000	67,2	26,9	51,2	72,6	95,8
4100	68,9	26,8	52	73,7	94,7
4200	70,6	26,2	52,5	74,4	93,5
4300	72,3	25,1	52,6	74,6	91,6
4400	73,9	23,6	52,4	74,2	89,1
4500	75,6	21,4	51,5	73	85,7

Fuente: Autores

GASES DE ESCAPE.

Tabla 27. Resultado de gases de escape con el generador[22]

Contaminante	800	2800
	rpm	Rpm
Monóxido de carbono CO (%)	0,05	0,02
Hidrocarburos no combustionados HC (ppm)	60	25
Dióxido de carbono CO ₂ (%)	14,9	14,8
Oxígeno O ₂ (%)	0,01	0,03
Óxidos de Nitrógeno NOx (ppm)	3	41

Fuente: Autores

CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Tabla 28. Resultado obtenido en las pruebas de consumo de combustible con el generador [22]

TRAMO	CONSUMO	DISTANCIA	RENDIMIENTO	FACTOR DE EMISION
	(l)	(Km)	(Km/l)	(grCO ₂ /Km)
GUAPULO - CARAPUNGO	1,90136465 3	13,67	7,189573013	331,0349579
CARAPUNGO - GUAPULO	1,41984475 1	13,87	9,768673648	243,6359414

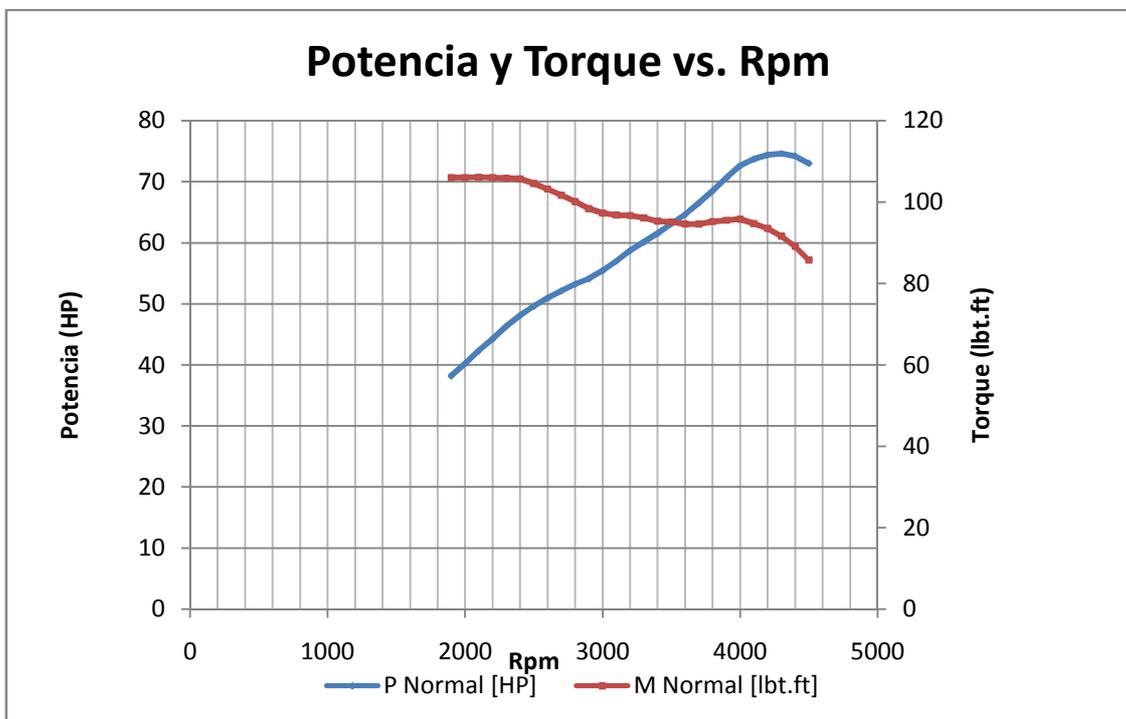
GUAPULO - CARAPUNGO	1,848730705	13,81	7,469990066	318,6081881
CARAPUNGO - GUAPULO	1,362696141	13,8	10,12698252	235,0157112

Fuente: Autores

5.10.2 Comportamiento del motor después de la adaptación del generador de hidrógeno.

Figura 85. Curvas del funcionamiento del motor del vehículo a gasolina e hidrógeno

[22]



Fuente: Autores

En la figura 85. Se observa el torque y potencia del vehículo después de la implementación del generador de hidrógeno.

5.11 Análisis de resultados

5.11.1 Comparación de potencia.

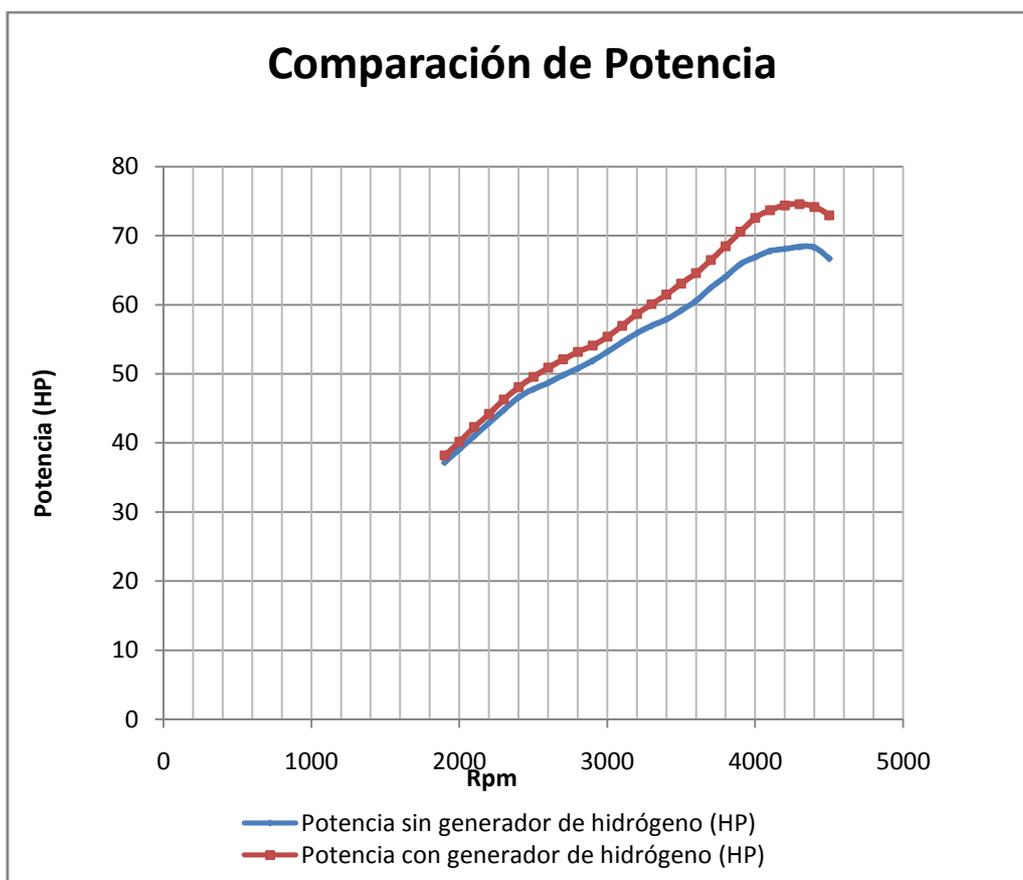
Tabla 29. Comparación de potencia [22]

POTENCIA

Revoluciones	Antes	Después	Aumento	%
[rpm]	[HP]	[HP]	[HP]	
1900	37,2	38,2	1	2,69
2000	39,1	40,2	1,1	2,81
2100	41	42,3	1,3	3,17
2200	42,9	44,2	1,3	3,03
2300	44,8	46,3	1,5	3,35
2400	46,6	48,1	1,5	3,22
2500	47,8	49,6	1,8	3,77
2600	48,7	50,9	2,2	4,52
2700	49,8	52,1	2,3	4,62
2800	50,8	53,2	2,4	4,72
2900	51,9	54,1	2,2	4,24
3000	53,2	55,4	2,2	4,14
3100	54,6	57	2,4	4,40
3200	55,9	58,7	2,8	5,01
3300	57	60,1	3,1	5,44
3400	57,9	61,5	3,6	6,22
3500	59,2	63,1	3,9	6,59
3600	60,6	64,6	4	6,60
3700	62,5	66,5	4	6,40
3800	64,1	68,5	4,4	6,86
3900	65,9	70,6	4,7	7,13
4000	66,9	72,6	5,7	8,52
4100	67,8	73,7	5,9	8,70
4200	68,1	74,4	6,3	9,25
4300	68,4	74,6	6,2	9,06
4400	68,3	74,2	5,9	8,64
4500	66,7	73	6,3	9,45
PROMEDIO			3,33	5,65

Fuente: Autores

Figura 86. Gráfica de comparación de potencia[22]



Fuente: Autores

En la gráfica de la figura 86. Es evidente el aumento de potencia con el implemento del dispositivo generador de hidrógeno, lo que favorece al rendimiento del vehículo, este aumento se debe a que continuamente ingresan átomos de hidrógeno que se queman al mismo tiempo que la gasolina lo que genera más poder a la explosión en el interior de la cámara de combustión.

5.11.2 Comparación de consumo de combustible.

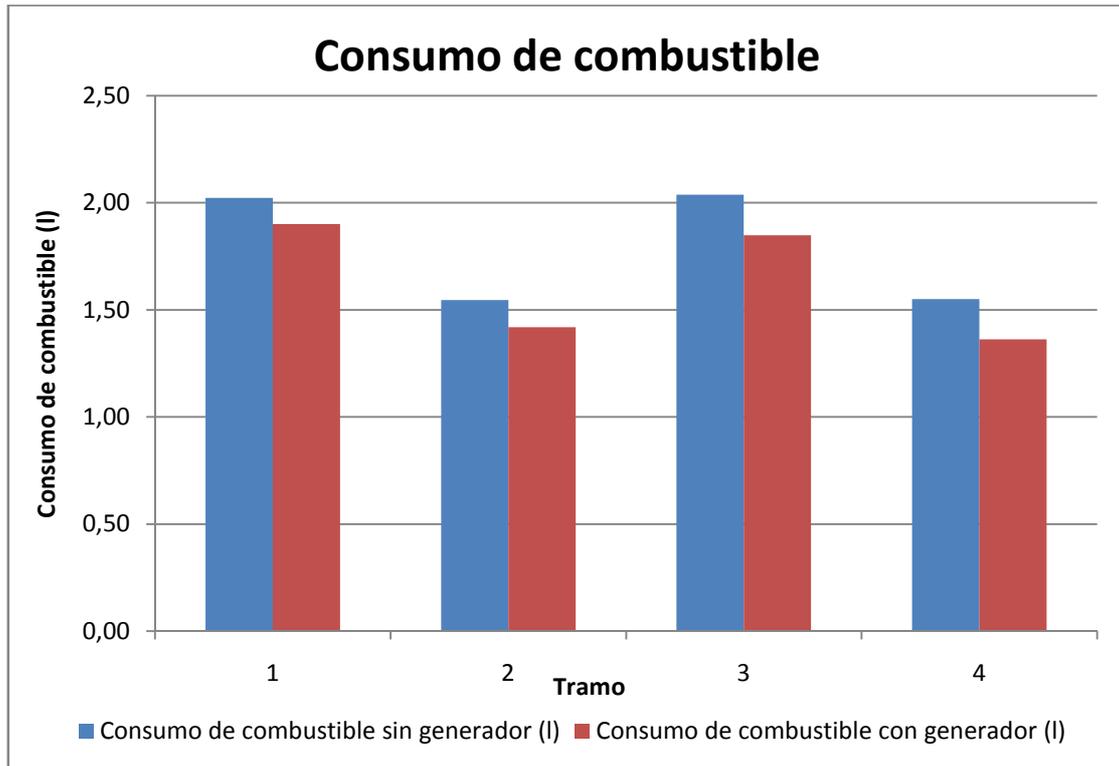
Tabla 30. Comparación de consumo de combustible [22]

CONSUMO DE COMBUSTIBLE				
TRAMO	Antes	Después	Diferencia	Disminución
	(l)	(l)	(l)	%
GUAPULO - CARAPUNGO	2,02	1,90	0,12	6,01
CARAPUNGO - GUAPULO	1,55	1,42	0,13	8,16

GUAPULO – CARAPUNGO	2,04	1,85	0,19	9,31
CARAPUNGO – GUAPULO	1,55	1,36	0,19	12,15
PROMEDIO			0,16	8,91

Fuente: Autores

Figura 87. Gráfica de comparación de consumo de combustible[22]



Fuente: Autores

La comparación de consumo de combustible de la figura 87. Se la realiza tomando en consideración las distancias recorridas en cada tramo; es decir, el primer de 13,6 km, el segundo, tercer y cuarto tramo de 13,8 Km aproximadamente. En esta gráfica es notoria la disminución del consumo de combustible con el generador de hidrógeno encendido en cada tramo, lo cual es ventajoso ya que entre menos combustible consumido menor es la cantidad de contaminantes enviados a la atmósfera.

5.11.3 Comparación de emisiones de gases de escape.

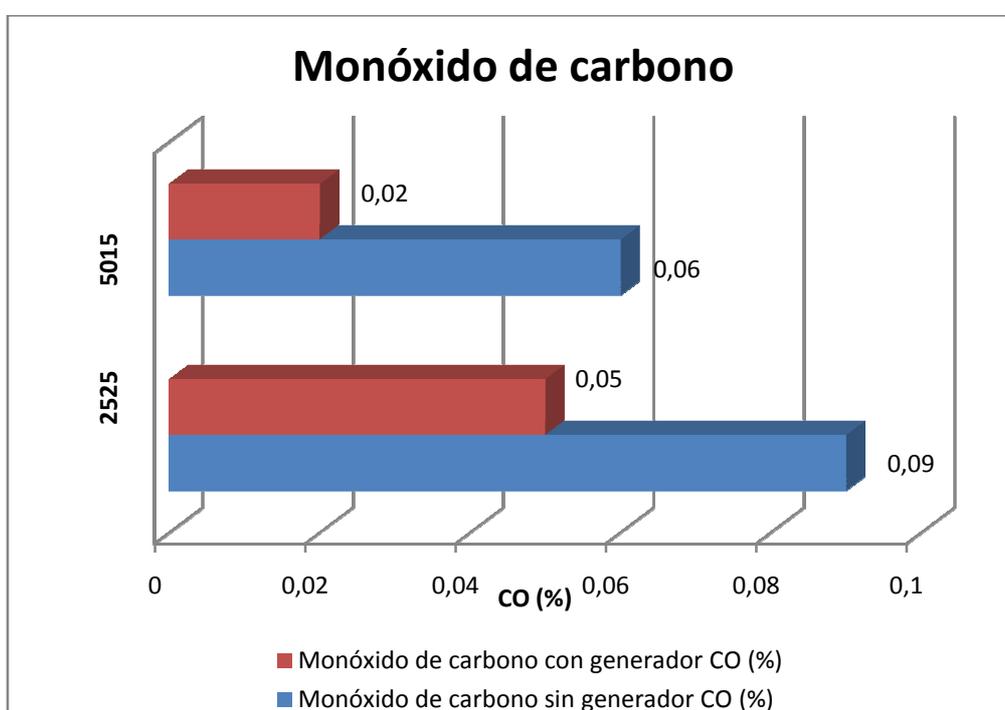
Monóxido de carbono.

Tabla 31. Comparación de emisiones de monóxidos de carbono[22]

Monóxido de Carbono			
Tipo de prueba	Antes	Después	Diferencia
ASM	(% CO)	(% CO)	(% CO)
2525	0,09	0,05	0,04
5015	0,06	0,02	0,04
Promedio			0,04

Fuente: Autores

Figura 88. Gráfica de comparación de monóxido de carbono[22]



Fuente: Autores

El monóxido de carbono (CO) encontrado en la combustión en valores altos, indica que la combustión es incompleta o una mezcla rica, con la adaptación del sistema de hidrógeno se ha logrado disminuir la cantidad de CO provenientes del motor del vehículo a prueba. En la figura 88. Se comprueba mediante una gráfica comparativa de dos pruebas, la prueba 2525 ASM y la 5015 ASM.

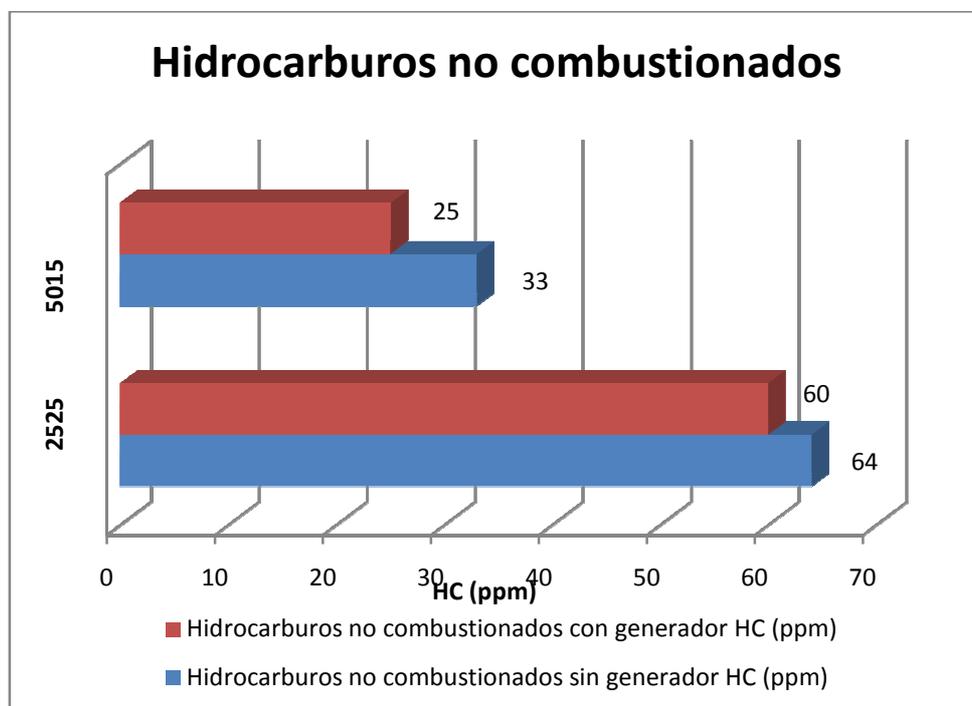
Hidrocarburos no combustionados.

Tabla 32. Comparación de emisiones de hidrocarburos no combustionados[22]

Hidrocarburos no combustionados			
Tipo de prueba	Antes	Después	Diferencia
ASM	HC [ppm]	[HC ppm]	[HC ppm]
2525	64	60	4
5015	33	25	8
Promedio			6

Fuente: Autores

Figura 89. Gráfica de comparación de hidrocarburos no combustionados[22]



Fuente: Autores

En la figura 89. La cantidad de hidrocarburos no combustionados una vez implementado el generador han disminuido en poca cantidad, pero se encuentran dentro de los límites normales de emisiones, el decremento indica que la combustión y la mezcla de aire, gasolina e hidrógeno son buenas, lo que hace más eficiente la prestación del vehículo.

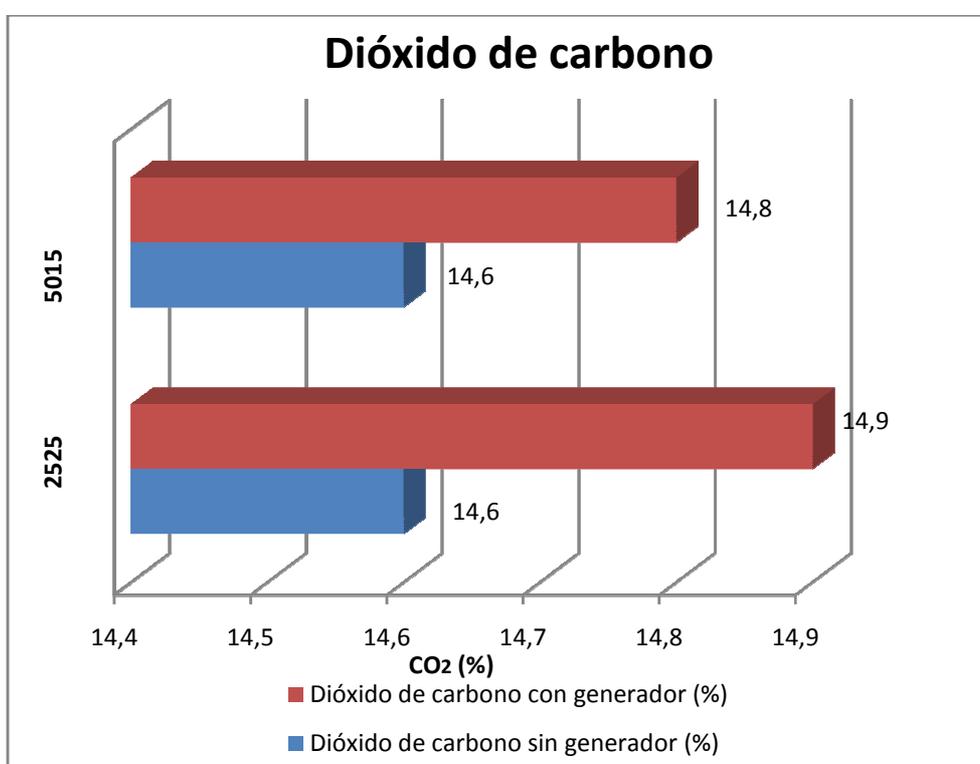
Dióxido de carbono.

Tabla 33. Comparación de emisiones de dióxido de carbono[22]

Dióxido de carbono			
Tipo de prueba	Antes	Después	Diferencia
ASM	(% CO ₂)	(% CO ₂)	(% CO ₂)
2525	14,6	14,9	0,3
5015	14,6	14,8	0,2
Promedio			0,25

Fuente: Autores

Figura 90. Gráfica de comparación de dióxido de carbono[22]



Fuente: Autores

El dióxido de Carbono es también resultado del proceso de combustión, no es tóxico a bajos niveles.

El motor funciona correctamente cuando el CO₂ está a su nivel más alto, este valor porcentual se ubica entre el 12 al 15 %, pero lo más recomendable es de 14,7 % puesto que este es el valor que debe tener para que la mezcla sea estequiométrica.

Lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo, que representa una mala mezcla o un encendido defectuoso, en la figura 90. Se observa que el porcentaje

de CO₂ para las dos pruebas es mayor, pero se mantiene dentro de los límites permisibles de contaminación.

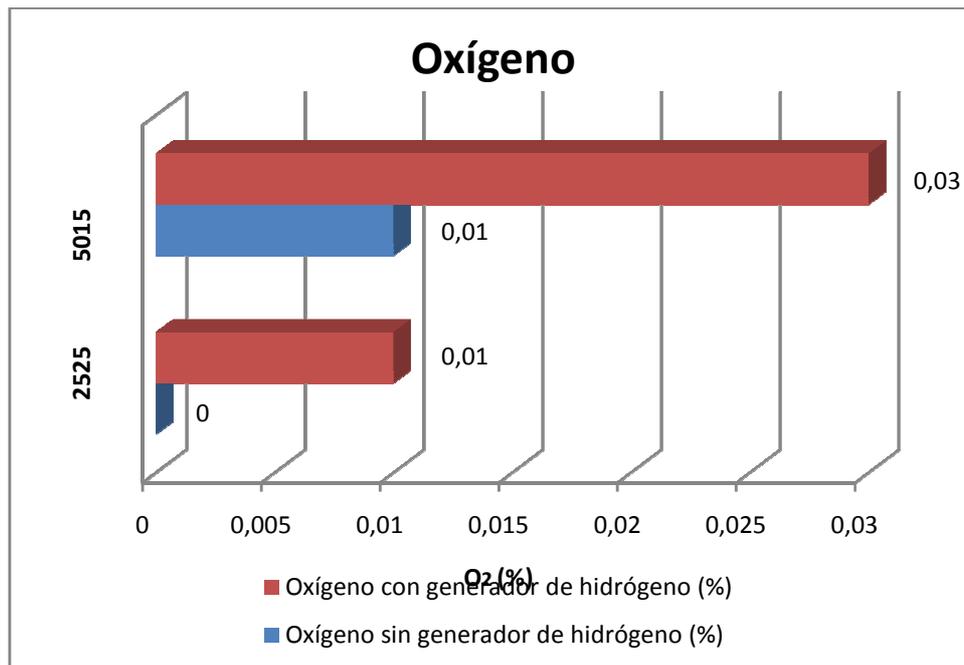
Oxígeno.

Tabla 34. Comparación de emisión de oxígeno[22]

Oxígeno			
Tipo de prueba	Antes	Después	Diferencia
ASM	(% O ₂)	(% O ₂)	(% O ₂)
2525	0	0,01	0,01
5015	0,01	0,03	0,02
Promedio			0,015

Fuente: Autores

Figura 91. Gráfica de comparación de oxígeno[22]



Fuente: Autores

Este compuesto es el oxígeno del aire que sobró del proceso de combustión.

Un valor de 0% significa que se ha agotado todo el oxígeno. Normalmente el oxígeno debe ubicarse debajo del 2 %. La cantidad de oxígeno en los gases de escape es detectada por la sonda lambda, esta información es enviada al computador del

vehículo para aumentar o disminuir los pulsos eléctricos para la apertura de los inyectores de combustible.

Se ve que en la figura 91. Hay un aumento de oxígeno, la razón para que esto suceda es que por causa del dispositivo de hidrógeno el CO₂ aumenta, entonces como estrategia de la unidad de control electrónico (ECU) del vehículo cuando detecta una mezcla rica y debe mantenerse estequiométrica por lo que reduce la cantidad de pulsos eléctrico enviados a los inyectores y por lo tanto hay más oxígeno en la combustión.

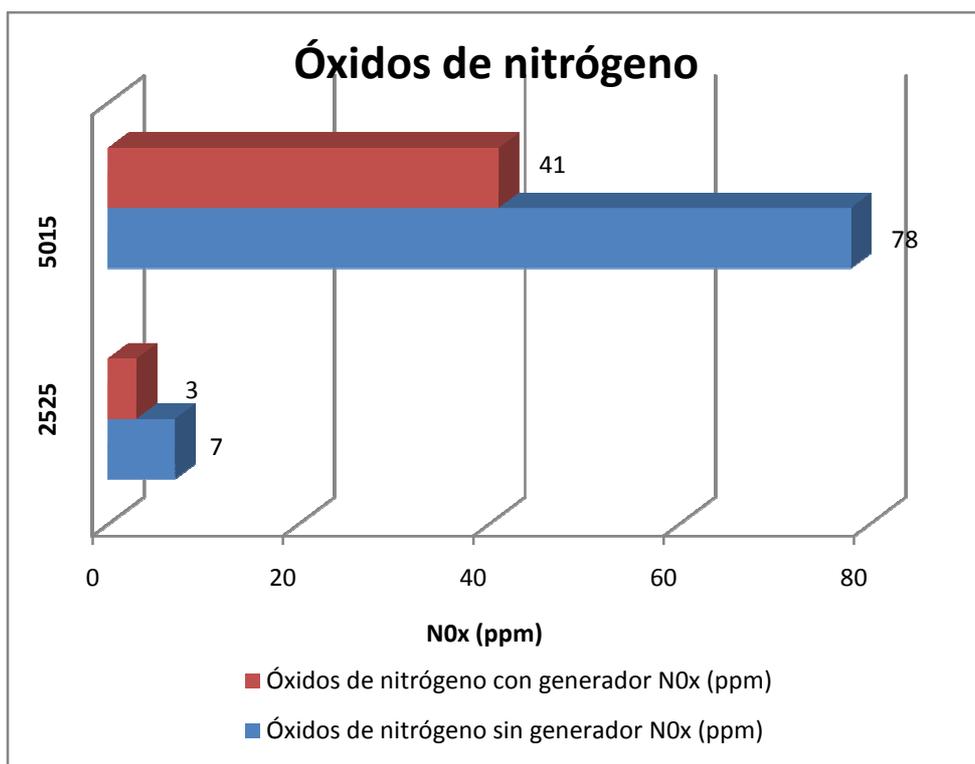
Óxidos de nitrógeno.

Tabla 35. Comparación de emisión de óxidos de nitrógeno[22]

Óxidos de Nitrógeno			
Tipo de prueba	Antes	Después	Diferencia
ASM	Nox [ppm]	Nox [ppm]	Nox [ppm]
2525	7	3	4
5015	78	41	37
Promedio			20,5

Fuente: Autores

Figura 92. Gráfica de comparación de óxidos de nitrógeno[22]



Fuente: Autores

5.11.4 Observaciones. En las tablas de comparación de potencia, consumo específico y análisis de gases de escape se realiza un promedio de los porcentajes en cada régimen y estado de carga, esto permite explicar que la potencia promedio tiene un aumento mientras que el consumo de combustible disminuye con el generador de hidrógeno encendido.

5.11.5 Cálculo de costos. Para el óptimo desarrollo del proyecto se tuvo en consideración los materiales y equipos adecuados al igual que el proceso de implementación y pruebas se las realizó en sitios pertinentes con excelente servicio.

Tabla 36. Costos del proyecto[22]

DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
Dispositivo generador de hidrógeno para motor a inyección.	350
Depósito de hidrógeno.	20
Cañerías.	100

Componentes eléctricos.	50
Electrolito y agua destilada.	100
Herramientas y costos de instalación.	180
Pruebas de control de gases con y sin el generador.	200
Consultas.	200
Documentación.	300
Transporte.	300
Otros.	150
TOTAL	1950

Fuente: Autores

5.12 Protección y mantenimiento del generador de hidrógeno

Una vez instalado todo correctamente, se tienen los beneficios del uso de hidrógeno en el motor. No se debe olvidar dar mantenimiento al sistema de hidrógeno.

Tabla 37. Plan de mantenimiento del sistema generador de hidrógeno [22]

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA GENERADOR DE HIDRÓGENO										
ACTIVIDAD	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Comprobar el agua del depósito con cierta periodicidad y de ser necesario completar con agua destilada. Nota: El agua se agrega con el motor y el generador en funcionamiento.		X		X		X		X		X
Controlar y llenar el agua, ya que si el depósito está siempre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

con agua al máximo, este trabajará mejor en frío, lo cual dará mejor calidad al gas H ₂ .									
Controlar si el agua no supera la línea del máximo del burbujeador.			X			X			X
Comprobar que ninguna manguera pierda agua o gas. Ajustar en caso que se pierda. Si se sospecha pérdida de gas en alguna unión agregar agua jabonosa para su comprobación.		X		X		X		X	X
Comprobar visualmente conexiones eléctricas, generador, para verificar que todo esté en perfecto estado.		X		X		X		X	X
Limpia el sistema, simplemente desconectar el tubo que entra en la admisión del vehículo, vaciar el agua y agregar agua con vinagre y hacer funcionar el sistema durante una hora más o menos.					X				X
Una vez hecho esto, vaciar y llenar con agua destilada y agregar de 70 a 100 gramos de hidróxido de sodio.					X				X

<p>El NaOH se degrada con el tiempo, así que será necesario, agregar 50 gramos aproximadamente. Si hay escape de agua del depósito al burbujeador, significa que saldrá también el NaOH, en este caso será necesario regular el (NaOH).</p>										X
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La implementación del sistema generador e inyector de hidrógeno en el vehículo fue realizado con éxito, obteniendo la disminución de gases contaminantes.

Se instaló el dispositivo generador de hidrógeno en el motor del vehículo sin dificultad alguna, con el uso de herramientas y equipo adecuado.

El análisis y estudio de la implementación del generador de hidrógeno fue suficientemente amplio, por lo que se ha realizado el proyecto de forma correcta.

Para la adecuada selección de elementos que forman parte fundamental de la adaptación del generador de hidrógeno, se estudió de forma detallada el material de los mismos.

Los materiales que se ha utilizado para la implementación del sistema son fáciles de conseguir con lo que es un ahorro favorable de tiempo.

El tipo de generador apto para el motor a inyección de gasolina, es aquel que posee diferentes salidas para el oxígeno y para el hidrógeno, de marca HidroxiEcuador, de manera que mejora la eficiencia del sistema.

Al comparar la potencia a las revoluciones que se somete al motor en las pruebas, se logra un aumento en promedio de 5,65 % de potencia con el dispositivo generador instalado.

El consumo de combustible luego de instalado el sistema de generación de hidrógeno ha disminuido en un promedio de 8,91% esto implica una disminución considerable de contaminación.

El monóxido de carbono (CO) generado luego de implementar el generador disminuye en un promedio de 55,5 %, lo que es favorable para el medio ambiente.

Los hidrocarburos no combustionados HC (ppm), son sustancias nocivas y dañinas para la salud y el aire, se han reducido a un promedio de 6 partes por millón lo que indica una disminución de 15,25%.

El dióxido de carbono aumenta en promedio de 1,75 % lo que indica una buena combustión, puesto que no hay mucha variación en las dos pruebas la mezcla sigue siendo estequiométrica; es decir, que la relación aire/combustible se mantiene dentro de los parámetros normales para su máximo rendimiento, o sea que por 1 kilogramo de combustible hay 14,7 kilogramos de aire, entonces la relación sería de 14,7 a 1.

Los óxidos de nitrógeno generados tienen una disminución promedio de 20,5 partes por millón, que significa 52,29 % esto es favorable puesto que es un gas muy contaminante y principal causante de la lluvia ácida. Esta reducción se explica por la disminución de la temperatura dentro de la cámara y menor mezcla de aire/combustible.

El aumento del porcentaje de oxígeno (O₂) es ventajoso para la mezcla y una completa combustión.

6.2 Recomendaciones

Cabe recordar que la polaridad con la que se conecta el generador es de vital importancia, ya que el ánodo o contacto positivo genera oxígeno y el cátodo o terminal negativo produce hidrógeno, y si se invierte la polaridad ingresaría oxígeno y dejaría escapar el hidrógeno producido al ambiente.

Previo a la instalación del generador de hidrógeno, es necesario realizar cálculos del consumo de carga eléctrica por el generador.

Evitar los cableados sueltos o dispersos, éstos deberán ser cubiertos con cinta aislante.

Es recomendable ventilar el generador, evitando que esté próximo a material inflamable.

Verificar que el generador esté alimentado con electrolito. Se verificará periódicamente el estado de las tuberías a fin de evitar posibles fugas de electrolito.

Asegurar un suministro de electrolito evitando que el depósito quede vacío.

Es necesario establecer puntos centrales de corte de fluido eléctrico, en el habitáculo del vehículo.

Mantener hermeticidad en el depósito de electrolito, para evitar la fuga de hidrógeno acumulado.

Asegurar que las conexiones eléctricas y las instalaciones de tubería del sistema generador de hidrógeno se encuentren ubicadas en zonas no susceptibles de ser obstruidas.

Con el uso del generador de hidrógeno, la cámara de combustión está sometida a un incremento de la explosión por la mezcla de combustible con hidrógeno, y los componentes mecánicos que están sometidos a mayor desgaste son las piezas móviles como: biela, pistón, bulón, cigüeñal, etc. Por lo que es necesario mantener una óptima lubricación de estos componentes, se recomienda entonces realizar el cambio de aceite en el tiempo preciso que indica el fabricante.

Para optimizar el sistema de generación de hidrógeno se recomienda emplear un sistema de almacenamiento de hidrógeno a presión; es decir, un depósito metálico y controlado por un medidor de presión y una válvula manual con el propósito de utilizar el gas de hidrógeno mientras el generador no este en funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PAZ, Arias. Manual de Automóviles. 32va Edición. España. Tomo 1: 1989. PP 45.
- [2] http://3.bp.blogspot.com/TsNZrfmg0M8/To2vAbiOwII/AAAAAAAAAxI/Ijib_BFkoS4/s400/dieselengine1.jpg
- [3] GERSCHLER, Hellmut. GTZ. Tecnología del Automóvil. Tomo 2. 20va Edición. Alemania. 1985. PP 216.
- [4] MARTÍNEZ, G. Manual del Automóvil. El motor de gasolina. Tomo 1. España. 2003. PP 71.
- [5] ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico. España: Thonson, 2004. PP 27.
- [6] ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico. España: Thonson, 2004. PP 25.
- [7] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra Edición. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. PP 164.
- [8] ANÓNIMO. Camiones y vehículos pesados. Reparación y Mantenimiento. 2006. PP 45.
- [9] http://www.naikontuning.com/mecanica/sistema-refrigeracion/circuito-refrigerante/circuito_de_refrigeracion.jpg
- [10] http://www.espacial.com/contacto/8/files/hoffman_voltameter_724.jpg
- [11] http://repositorio2.masoportunidades.com.ar/ARG01/128/124/1494657/fotos//1494657_3_201275_2_44_29.jpg
- [12] http://www.gea-armtechnologies.com/images/w178h100/plastic_hoses_tcm56-84041.jpg
- [13] [http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacCL/133566?\\$producto123\\$](http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacCL/133566?$producto123$)
- [14] http://img2.mlstatic.com/s_MLV_v_V_f_37559576_278.jpg
- [15] <http://www.ru.all.biz/img/ru/catalog/1044100.jpeg>
- [16] <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQtkV6TtDLxLpEROv7teEI9xPMH01OGvMiCDrs-vLA3a3KM13npIg>
- [17] http://elprofe3.files.wordpress.com/2009/12/rele_5.jpg
- [18] <http://www.comohacer.eu/wp-content/uploads/2011/08/como-se-fabrican-los-cables-electricos-2.jpg>
- [19] ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico. España: Thonson, 2004. PP 96
- [20] <http://www.electrocentro.com.mx/imagenes/Conectores%20Aislados.jpg>
- [21] <http://ersonelectronica.com/images/644-11.405I.jpg>

- [22] Autores. DUQUE, Edwin. Masaquiza Juan.
- [23] Norma NTE INEN 2 204:2002, (2002), “Gestión ambiental aire vehículos automotores. Límites de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina”. PP 4-5
- [24] http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262062.file_a.w300.jpg
- [25] http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262074.file_a.w300.jpg
- [26] http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262075.file_a.w300.jpg
- [27] http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262079.file_a.w300.jpg
- [28] http://www.maha.de/cps/rde/xbcr/SID-BB2E8477828406A4/maha_internet/MGT_5_mit_Handpult_100x100.jpg

BIBLIOGRAFÍA

- PAZ, Arias. Manual de Automóviles. 32va Edición. España. Tomo 1: 1989.
- GERSCHLER, Hellmut. GTZ. Tecnología del Automóvil. Tomo 2. 20va Edición. Alemania. 1985.
- MARTÍNEZ, G. Manual del Automóvil. El motor de gasolina. Tomo 1. España. 2003.
- ALONSO, José. Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico. España: Thomson, 2004.
- RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra Edición. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1.
- ANÓNIMO. Camiones y vehículos pesados. Reparación y Mantenimiento. 2006.
- NORMA NTE INEN 2 204:2002, (2002), "Gestión ambiental aire vehículos automotores. Límites de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina". PP 4-5

LINKOGRAFÍA

MOTOR DIÉSEL

http://3.bp.blogspot.com/TsNZrfmg0M8/To2vAbiOw1I/AAAAAAAAAxI/Ijib_BFkoS

4/s400/dieselengine1.jpg

13-06-2001

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

<http://www.naikontuning.com/mecanica/sistema-refrigeracion/circuito-refrigerante>

/circuito_de_refrigeracion.jpg

10-09-2009

ELECTRÓLISIS

http://www.espacial.com/contacto/8/files/hoffman_voltameter_724.jpg

23-02-2005

GENERADOR DE HIDRÓGENO

http://repositorio2.masoportunidades.com.ar/ARG01/128/124/1494657/fotos//1494657_

3_201275_2_44_29.jpg

02-11-2010

MANGUERAS

http://www.gea-armtechnologies.com/images/w178h100/plastic_hoses_tcm56-

84041.jpg

06-12-2003

ABRAZADERAS

[http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacCL/133566?\\$producto123\\$](http://sodimac.scene7.com/is/image/SodimacCL/133566?$producto123$)

28-04-2000

DEPÓSITO REFRIGERANTE

http://img2.mlstatic.com/s_MLV_v_V_f_37559576_278.jpg

16-04-2005

HIDRÓXIDO DE SODIO

<http://www.ru.all.biz/img/ru/catalog/1044100.jpeg>

27-01-2008

AGUA DESTILADA

<http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQTKV6TtDLxLpEROv7teEI9xPMH0IOGv>

MiCDrs-vLA3a3KM13npIg

07-06-2002

RELÉ

http://elprofe3.files.wordpress.com/2009/12/rele_5.jpg

13-08-2000

CABLES ELÉCTRICOS

<http://www.comohacer.eu/wp-content/uploads/2011/08/como-se-fabrican-los-cables-electricos-2.jpg>

19-03-2003

CONECTORES

<http://www.electrocentro.com.mx/imagenes/Conectores%20Aislados.jpg>

16-05-2004

INTERRUPTOR

<http://ersonelectronica.com/images/644-11.405I.jpg>

25-07-2006

HIDROXIECUADOR

http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262062.file_a.w300.jpg

http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262074.file_a.w300.jpg

http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262075.file_a.w300.jpg

http://www.redtienda.net/storeimages/hidroxiecuador/pro/262079.file_a.w300.jpg

26-10-2010

MAHA-MGT-5

http://www.maha.de/cps/rde/xbcr/SID-BB2E8477828406A4/maha_internet/

[MGT_5_mit_Handpult_100x100.jpg](#)

18-10-2007