

**CONTROL DE EMISIONES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA
MEDIANTE MEDICIÓN DE TEMPERATURA**

**CARLOS ANDRÉS ZULETA RESTREPO
JOHAN CAMILO ARANGO BERMÚDEZ
NORELY BUITRAGO**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITÁRIA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN - ANTIOQUIA
2012**

**CONTROL DE EMISIONES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA
MEDIANTE MEDICIÓN DE TEMPERATURA**

**CARLOS ANDRÉS ZULETA RESTREPO
JOHAN CAMILO ARANGO BERMÚDEZ
NORELY BUITRAGO**

Trabajo de grado para obtener el título de Tecnólogo en Electrónica

Asesor

Carlos Alberto Monsalve.

Especialista En Sistemas Automáticos de Control

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITÁRIA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN-ANTIOQUIA
2012**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	8
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. REFERENTES TEÓRICOS.....	12
4.1. MOTOR DE CUATRO TIEMPOS.....	12
4.2. FILTRO DE CARBONO ACTIVADO.....	21
4.3. SENSOR DE TEMPERATURA NTC.....	22
4.4. ANALIZADOR DE GASES DE ESCAPE.....	24
4.5. ELECTROVÁLVULA.....	29
4.6. SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA.....	32
4.7. MICROCONTROLADOR PIC 16F883.....	33
5. METODOLOGÍA.....	36
5.1. TIPO DE PROYECTO.....	36
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
5.3. METODO.....	36
5.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	36
5.4.1. Fuentes Primarias:.....	36
5.4.2. Fuentes Secundarias:.....	36
6. RESULTADOS DEL PROYECTO.....	37
7. CONCLUSIONES.....	47
8. RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49
CIBERGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Sensores de Depresión y Temperatura.	51
Anexo B : Posición de Sensor de Depresión en el motor	52
Anexo C: Pruebas de Medición de Depresión.	53
Anexo D: Relación de Depresión vs Tensión	54
Anexo E: Acople de electroválvula.	55

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica 1: Valores Tensión vs Vacío.	42

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Funcionamiento del motor de 4 tiempos	12
Figura 2: Diferencias motor diesel y gasolina.	15
Figura 3: Composición de los gases de escape en motores de gasolina.	17
Figura 4: Escape de automóvil.	18
Figura 5: Diagrama de funcionamiento sistema	20
Figura 6: Partículas de carbono activado.	22
Figura 7: Filtros de carbono activado.	22
Figura 8 : Curva característica para una ntc de 10k ω	24
Figura 9: Comportamiento de sensor temperatura ntc.	24
Figura 10: Equipo de medición gases de escape marca rag.	25
Figura 11: Equipo analizador de gases conectado a un vehículo.	26
Figura 12: Electroválvula para paso de gas	30
Figura 13: Esquema grafico de electroválvula de conmutación.	31
Figura 14: Diagrama estructural de un sensor de vacío.	32
Figura 15: Esquema de conexiones eléctricas sensor de presión absoluta.	33
Figura 16: Características micro controlador pic 16f883.	34
Figura 17: Datasheet pic f16f883.	35
Figura 18: Programa de control	44
Figura 19: Circuito de prueba.	45
Figura 20: Diseño de circuito impreso.	46

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1: Límites máximos de emisión para vehículos a gasolina.	28
Tabla 2: Límites máximos de emisión para vehículos a gas.	28
Tabla 3: Máximos niveles de emisión para motocicletas dos tiempos.	29
Tabla 4: Máximos niveles de emisión para motocicletas cuatro tiempos.	29
Tabla 5: Medición inicial de gases moto honda c-90.	38
Tabla 6: Valores de vacío vs tensión.	41

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental, es por hoy, uno de los problemas más significativos que tiene la humanidad; que debido, al desarrollo de las grandes industrias y a la globalización ha debido acudir a la explotación de los recursos naturales, de manera descontrolada sin medir las consecuencias que este tipo de acciones sin conciencia alguna; pueden traer consigo. La utilización de los combustibles fósiles derivados del petróleo, ha sido uno de los más grandes hallazgos del hombre; pues, son este tipo de combustibles, los generadores de la mayor cantidad de energía existente a nivel mundial empleada para realizar trabajo y desarrollo industrial. Entre las grandes innovaciones a nivel mundial encontramos los sistemas de transporte desde el más simple hasta el más complejo; como lo son los vehículos, las aeronaves, los barcos, los trenes, las motocicletas entre otros.

Son estas máquinas, las que emplean en mayor cantidad los combustibles extraídos del petróleo, como sus fuentes de alimentación para hacer desplazar sus enormes estructuras metálicas, y de esta manera facilitar la existencia del ser humano en un mundo donde lo único permanente es el cambio. Con el presente documento, se dará a conocer algunos aspectos referentes a las mil maneras, que existen para ayudar a la reducción de la contaminación ambiental producida por los motores de combustión interna que emplean combustibles fósiles para su funcionamiento.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Con el pasar de los años se ha podido observar el crecimiento agigantado de la industria y con ella los desarrollos tecnológicos cada vez más sorprendentes y que de una forma u otra han sido los responsables directa o indirectamente de la globalización y la expansión de la industria hacia nuevos horizontes. Haciendo parte de este gran desarrollo se encuentra la industria automotriz que ha crecido de manera sorprendente y con ella los avances tecnológicos que hoy día se pueden encontrar en los vehículos que se producen por las diferentes marcas cada vez apostando más al cuidado del medio ambiente sin perder de vista el confort y las diferentes prestaciones que puede brindar un vehículo de esta era en relación con la pasada era del siglo XIX. ¿Parecería ser la motocicleta una buena alternativa para disminuir las emisiones de gases? Muchos afirman que las motocicletas producen menos contaminación que un automóvil, aseguran que como el motor de la motocicleta es más pequeño, produce naturalmente menos gases, sin embargo, no es así; pues la mayoría de las motocicletas carecen de sistemas de regulación para tal fin. En Colombia se viene presentando un incremento considerable en la utilización de la motocicleta como medio de transporte, por ende un incremento paralelo de las emisiones de gases, lo que ha contribuido con el deterioro de la calidad del aire.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles serían las alternativas prácticas, de orden tecnológico e investigativo que podrían contribuir a la reducción de estos agentes contaminantes generados por los motores de combustión interna principalmente para las motocicletas en nuestro país?

2. JUSTIFICACIÓN

Es de vital importancia el conocer el comportamiento y la composición química de los agentes contaminantes producto de la combustión de los elementos fósiles al interior de un motor de combustión interna; pues es esta, la manera de comprender que es lo que está sucediendo hoy en día en el mundo con relación al calentamiento global. Está demostrado, que durante un proceso de combustión en un motor de combustión interna solo aproximadamente el 25% de la energía generada por este proceso, se transforma en trabajo lo demás se pierde en forma de calor lo cual nos permite concluir; que un motor de combustión interna, es realmente una máquina poco eficiente e incluso hoy en día se han logrado avances tecnológicos desarrollados por las empresas y constructoras de vehículos más importantes de Alemania y solo han podido incrementar en un 4% la eficiencia de este tipo de máquinas. Cabe anotar, que no solo el 75% restante se pierde por disipación de calor; además debido a este proceso se generan gases residuos que son altamente nocivos para la salud como lo son el CO (Monóxido de carbono), los HC(hidrocarburos combustibles no quemados), NOx(Óxidos de nitrógeno altamente tóxicos) y el CO₂(Dióxido de carbono principal generador de efecto invernadero y calentamiento global).Es esta la razón por la que se debe tomar conciencia y comenzar a preocuparse por cómo será el mundo el día de mañana si no se toman las medidas justas o se busca la manera de contrarrestar este gran problema que es de todos.

El fin de esta propuesta, radica en fabricar un sistema de control por temperatura y carga de trabajo; aplicado al sector de las motocicletas, en vista de su gran acogida en el mercado colombiano, de manera que pueda contribuir a la disminución de los agentes contaminantes generados por los motores de 4 tiempos que se fabrican para este tipo de vehículos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de control por temperatura, para las emisiones de gases producto de la combustión en los motores de 4 tiempos aplicado a las motocicletas; con el fin de obtener un mejor aprovechamiento del combustible en la fase de calentamiento del motor al igual que una reducción en la producción de agentes contaminantes durante esta fase de funcionamiento

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar un sistema de control, que permita recircular los gases generados por la combustión en los motores de 4 tiempos.

Emplear los gases provenientes de la combustión para facilitar la fase de calentamiento del motor sin la utilización de combustible extra.

Utilizar estos gases para controlar las altas temperaturas que se forman al interior de la cámara de combustión con el fin de reducir al máximo la formación de los NOx.

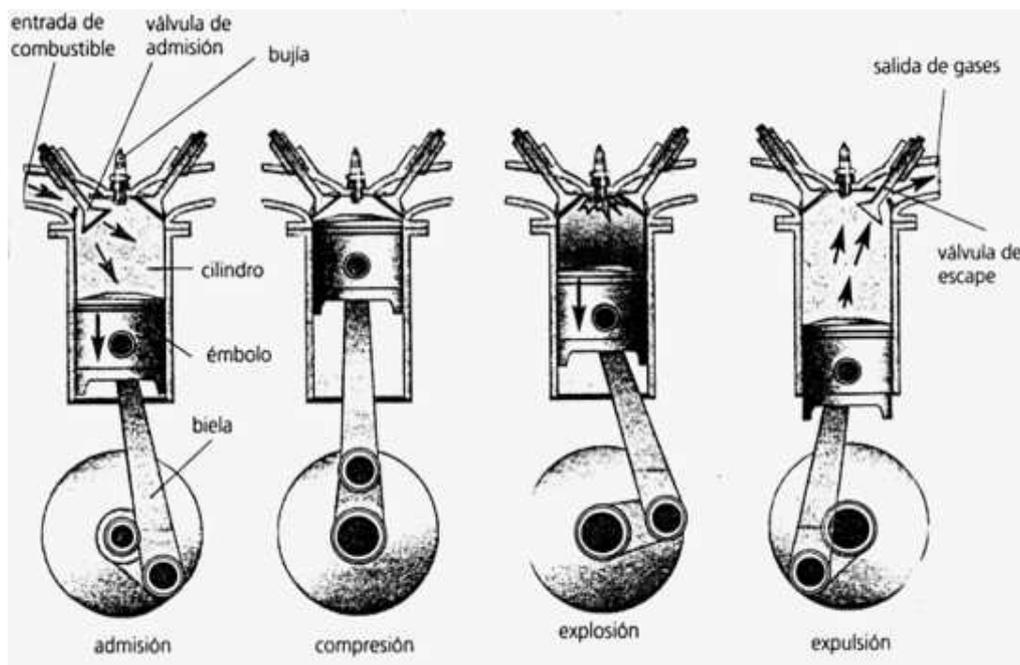
Determinar mediante una etapa de filtrado retener la mayor cantidad de partículas contaminantes dirigidas hacia el ambiente, y reducir mediante una post-combustión controlada, las emisiones de HC(combustible no quemado) que se arrojan al exterior.

4. REFERENTES TEÓRICOS

4.1 MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

Un motor de cuatro tiempos es un motor que realiza sus funciones, tal como lo dice su nombre en cuatro tiempos distintos, también llamados carreras. Este tipo de funcionamiento es el predominante en los motores que operan con gasolina, llamados también motores Otto, y también en los que operan con diesel.

Figura 1: Funcionamiento del motor de 4 tiempos



Los distintos tiempos de funcionamiento se denominan carreras, y la primera de las cuatro es la denominada carrera de admisión, la segunda es la carrera de compresión, la tercera carrera de trabajo y la cuarta de escape.

Durante la primera carrera de admisión, el pistón desciende, permitiéndose la apertura de una válvula de admisión, que facilite el ingreso de la mezcla de aire y gasolina atomizada al cilindro, todo esto ocurre mientras la válvula de escape se mantiene cerrada, por otra parte, cuando el pistón alcanza su nivel más bajo, momento denominado como punto muerto inferior, entonces, todo el cilindro se ha llenado de combustible, de modo que el pistón puede comenzar a subir.

La carrera de compresión comienza en el momento en que el pistón sube, cerrándose la válvula de admisión, mientras la de escape sigue cerrada, lo anterior provoca que el aire se comprima la mezcla de aire y combustible, de este modo, el aire se calienta, la gasolina se evapora y se mezcla con el aire. Esta mezcla queda lista para el encendido, lo que ocurre cuando el pistón está próximo a alcanzar su punto más alto, momento denominado punto muerto superior. El encendido mencionado se produce a partir de una chispa eléctrica en la bujía, luego, la inflamación aumenta considerablemente la presión, empujando el pistón hacia abajo a fin de producir la fuerza de trabajo del motor, dándose inicio a la tercera carrera.

La carrera de trabajo, que comienza cuando el pistón desciende, permite la producción de la fuerza de trabajo necesaria para que el motor sea capaz de mover una carga, por ejemplo, un auto, cuando el pistón está cerca de alcanzar el punto muerto inferior, los gases ya han disminuido su temperatura y han perdido parte de la presión, por lo que ya no son útiles, permitiéndose la apertura de la válvula de escape.

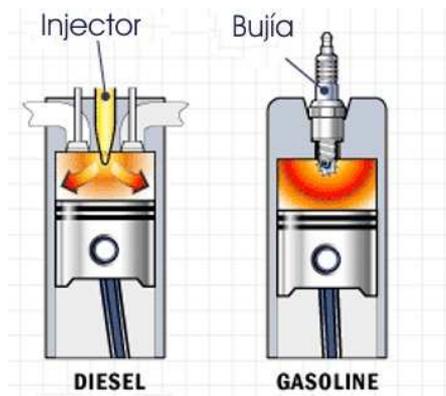
Es en este momento en el que comienza la etapa final de funcionamiento del motor, la carrera de escape. En este momento el pistón, nuevamente, comienza a subir, limpiándose los gases quemados del cilindro y que se emanan a través de la válvula de escape. En el momento en que el cilindro está limpio y el pistón alcanza

el punto muerto superior, comienza a descender otra vez para comenzar con el proceso de cuatro tiempos nuevamente.

En 1862 fue enunciado el ciclo de volumen constante por Beau de Rochar con el título "ciclo de cuatro tiempos". Posteriormente el alemán Otto lo aplicó a un motor térmico denominándolo como ciclo Otto. Si históricamente Carl Benz ha sido considerado como el padre del automóvil, ya que en 1885 fue el primer constructor de un motor de cuatro tiempos de encendido por bujías, hay que remontarse al año 1860 para encontrar los primeros experimentos sobre motores de combustión interna. El primer antecedente al motor de Carl Benz, fue ideado por un belga de fértil imaginación llamado Etienne Lenoir, que construyó su primer modelo práctico veinticinco años antes que Benz, y que en aquel momento abrió la puerta de la evolución y estableció una serie de principios técnicos que han permanecido inmutables hasta hace pocos años.

La primera vez que el ciclo de cuatro tiempos se empleó con éxito fue en 1876, en un motor construido por un ingeniero alemán, el conde Nicholas Otto. En 1895, Rudolf Diesel presentó por primera vez su invento al público, un motor con encendido por compresión. En comparación con el ya acreditado motor de explosión Otto, este motor tenía las ventajas de consumir mucho menos y de poder funcionar con un combustible relativamente barato, siendo posible además alcanzar potencias muy superiores.

Figura 2: Diferencias motor Diesel y Gasolina.



El invento de Diesel se impuso muy rápidamente, y pronto dejó de tener competencia en el campo de los motores navales y estacionarios, sin embargo, el motor Diesel tenía el gran inconveniente de que resultaba imposible alcanzar regímenes de revoluciones elevados. Pero cuando más se iba difundiendo el motor Diesel y cuanto más se iban conociendo las ventajas de este sistema, tanto más eran las voces que exigían un motor de autoignición pequeño y rápido.

El mayor obstáculo para el motor Diesel de alta velocidad lo representa la alimentación de combustible. El método de insuflación aplicado en un principio con el que el combustible es "soplado" al interior de la cámara de combustión mediante aire comprimido, no permitía incrementar adecuadamente el régimen de revoluciones. Además la "bomba del aire" exigía una instalación compleja, lo que hacía imposible reducir apreciablemente el tamaño y el peso de los motores.

Las condiciones técnicas eran favorables: se disponía ya de experiencia en motores de combustión; las tecnologías de producción habían alcanzado un alto nivel de desarrollo y ante todo podían aplicarse conocimientos adquiridos en la fabricación de bombas lubricantes. Robert Bosch y su equipo trabajaron infatigablemente en esta nueva misión. A comienzos de 1923 se habían

proyectado ya una docena de bombas de inyección distintas, y a mediados de 1923 se realizaron los primeros ensayos en el motor.

El mundillo técnico comenzó a contar cada vez más con la aparición de la bomba de inyección, de la que esperaba un nuevo impulso para la construcción de motores Diesel. Por fin, en verano de 1925 se dieron los últimos toques al proyecto definitivo de la bomba de inyección, y en 1927 salieron de la fábrica las primeras bombas producidas en serie.

Esta bomba de inyección desarrollada por Bosch proporcionó al motor de Rudolf Diesel la velocidad deseada, proporcionándole un éxito imprevisto, el motor Diesel fue conquistando cada vez más campos de aplicaciones, ante todo en el sector del automóvil.

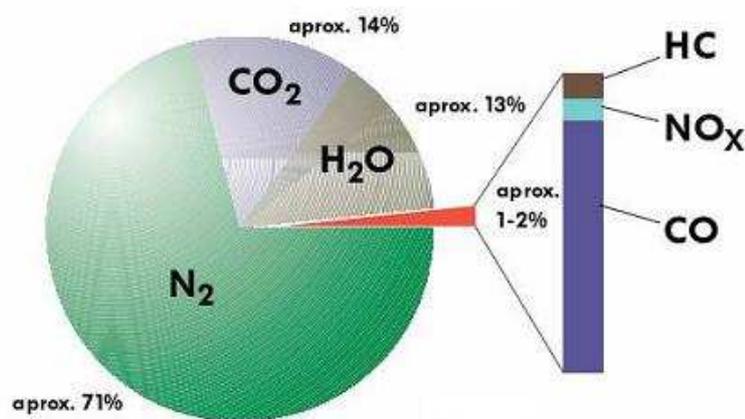
La evolución del motor Diesel y del sistema de inyección continuó incesantemente. Con una velocidad punta superior a los 360 km/h un vehículo experimental Diesel equipado con inyección Bosch ha demostrado hace poco la capacidad del motor Diesel actual. Normalmente, cuando se habla de vehículos que rompen record consumió a la velocidad máxima de 360 km/h tan sólo 13,61 a los 100 km/h, y a una velocidad de 250 km/h este Diesel de carreras se contentó incluso con 61 a los 100 km/h.

La capacidad de adaptación y desarrollo que la herencia de Rudolf Diesel tiene aún después de décadas, queda demostrada especialmente en los turismos, donde la proporción del Diesel sigue aumentando de año en año. Entre tanto, prácticamente todos los fabricantes europeos de automóviles tienen al menos un turismo Diesel en su programa o en fase de desarrollo.

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes. Los primeros están

formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, vapor de agua e Hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el Monóxido de Carbono, Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Plomo.

Figura 3: Composición de los gases de escape en motores de gasolina.



El Nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%, debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el Nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de Óxidos de Nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente.

El Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%, si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape. El Dióxido de Carbono producido por la combustión completa del Carbono no resulta nocivo

para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión, sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de Dióxido de Carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).

El Monóxido de Carbono, en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en Carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.

La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme Monóxido de Carbono en lugar de Dióxido de Carbono, en un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

Figura 4: Escape de automóvil.



Los Hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios;

si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer, su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de Aldehídos y Fenoles.

La presencia simultánea de Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

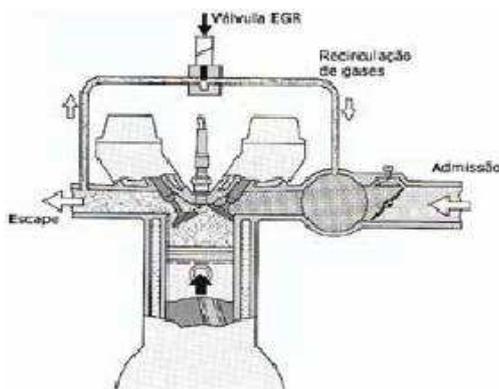
Los Óxidos de Nitrógeno no sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los Hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.

El Plomo es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetra-etilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano.

Cuando se quema el combustible en la cámara de combustión se producen reacciones químicas que generan diferentes gases como el monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxidos de nitrógeno.

Para reducir estos gases al máximo posible se utiliza el catalizador en los motores de gasolina, y menores dosificaciones en los motores Diesel. Pero el mejor rendimiento que se obtiene cada vez de los motores origina temperaturas más altas en la cámara de combustión que facilita la creación de óxidos de nitrógeno. La forma más eficaz para reducir estos óxidos es evitando las altas temperaturas en la cámara de combustión, pero entonces el rendimiento del motor es menor. Para conseguir reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno sin afectar al rendimiento del motor se utiliza la recirculación de gases de escape

Figura 5: Diagrama de funcionamiento sistema



El sistema de recirculación de gases de escape está compuesto por una válvula (llamada EGR) colocada entre los colectores de admisión y de escape, esta válvula suele estar controlada neumáticamente por vacío a través de una electroválvula. Una centralita electrónica, generalmente integrada dentro de la centralita de gestión del motor, se encarga de alimentar a la electroválvula por medio de una corriente eléctrica.

Cuando el motor gira a medio régimen o en cargas parciales mantenidas, la válvula EGR se abre y deja pasar un porcentaje de gases de escape hacia el colector de admisión. Estos gases de escape tienen un bajo contenido de oxígeno

y por tanto no pueden reaccionar en la cámara de combustión. Al producirse la explosión solamente se quema el combustible de una parte de la cámara por lo que se genera menos calor. La menor temperatura dificulta la aparición de los óxidos de nitrógeno pero también reduce las prestaciones del motor. Cuando la válvula EGR está abierta, se tiene que reducir la cantidad de combustible que entra en la cámara para adecuarse a la cantidad de oxígeno con que puede reaccionar.

Si el conductor acciona el acelerador en busca de una rápida aceleración o de mayores prestaciones, la válvula EGR se va cerrando para reducir la proporción de gases quemados que llegan a la cámara de combustión. La válvula se cierra completamente cuando se detecta que el conductor busca las máximas prestaciones del vehículo. En este momento, el llenado del cilindro se realiza con gases frescos que pueden reaccionar con el combustible. Se consigue una mayor generación de calor en la cámara de combustión y un mayor rendimiento del motor, el inconveniente es que la cantidad de óxidos de nitrógeno no es reducida.

Los sistemas de recirculación de gases de escape se utilizan tanto en motores de gasolina como de gasóleo, pero es en estos últimos donde gozan de una gran utilización por parte de la mayoría de fabricantes, sobre todo en las motorizaciones sobrealimentadas, donde las altas temperaturas originan importantes emisiones de óxidos de nitrógeno.

4.2. FILTRO DE CARBONO ACTIVADO

El filtro de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes.

Figura 6: Partículas de Carbono Activado.



Se diseña normalmente para remover cloro, sabores y olores y demás químicos orgánicos. También es uno de los procesos finales del sistema de tratamiento de agua, su función es pulir la descarga final. Son fabricados en acero al carbón de alta resistencia y recubrimiento interno de polietileno para evitar la corrosión. Retrolavado 100% automático, con temporizador o volumen tratado.

Figura 7: Filtros de carbono activado.



4.3 SENSOR DE TEMPERATURA NTC

Un NTC (NegativeTemperatureCoefficient) es una resistencia con coeficiente de temperatura negativo respecto a la variación de su resistencia, esto es que a más

temperatura, aumentará la concentración de portadores, lo que hará que su resistencia sea menor.

La relación entre la resistencia y la temperatura en este tipo de sensores no es lineal sino exponencial. Dicha relación cumple con la fórmula siguiente:

$$R = A * e^{\frac{B}{T}}$$

Donde A y B son constantes que dependen del resistor.

Esas constantes que nos da el fabricante son:

A: El valor resistivo para una temperatura en concreto (en nuestro caso 2800Ω para 25°).

B: La Beta (Temperatura característica del material entre 2000K y 4000K).

Cuando nos especifican estos datos, podemos utilizar la ecuación anterior para calcular la resistencia en una temperatura en particular:

$$R_T = R_0 e^{\left\{ B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right\}}$$

Siendo:

R_T = Resistencia a temperatura T en grados **Kelvin** ($k = ^\circ C + 273,15$)

R_0 = Resistencia de referencia a una temperatura T_0 en Kelvin.

B = Valor Beta de nuestra NTC.

T_0 = Temperatura de referencia en Kelvin.

T = Temperatura a medir.

Con esta ecuación, también podremos saber cuál será la resistencia máxima que nos va a dar nuestra NTC al calcular su curva característica, lo que nos sirve para diseñar el divisor de tensión.

Figura 8: Curva característica para una NTC de 10KΩ

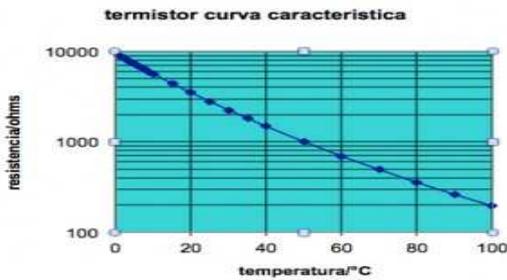
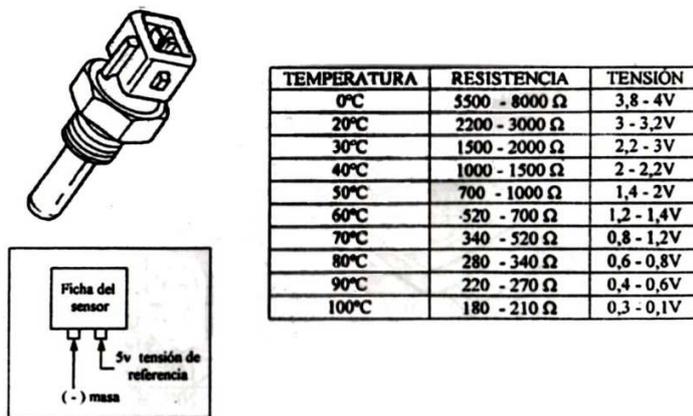


Figura 9: Comportamiento de sensor temperatura NTC.



4.4. ANALIZADOR DE GASES DE ESCAPE

El analizador de gases es un aparato capaz de medir, generalmente en porcentaje, determinados compuestos químicos contenidos en la masa de los productos, gaseosos o no, emitidos por el escape de un motor de combustión interna.

Una combustión completa, donde el combustible y el oxígeno se queman por completo solo produce CO₂ (dióxido de carbono) y H₂O (agua), pero dicha combustión muy pocas veces se lleva a cabo y entonces surgen sustancias como el monóxido de carbono (CO) y consiguientemente aparece Oxígeno (O₂) y los

Hidrocarburos (HC), tengamos en cuenta que la aparición de los mismos es porque al no completarse la combustión siempre queda algo sin quemar. Es debido a dicha situación que surge la necesidad de analizar los gases de escape de los motores de combustión interna, para determinar el tipo de combustible y la influencia que tiene sobre el proceso de combustión.

Figura 10: Equipo de medición gases de escape marca RAG.



El propósito de analizar los gases de escape es localizar la presencia de algunos componentes considerados como la causa de la contaminación del aire, en los motores de combustión interna con encendido por chispa es muy importante la composición química. En varios países, incluido Colombia, existe una legislación especial que pone límites a la presencia de los compuestos nocivos en los gases de escape. De momento, los gases considerados nocivos son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (convencionalmente indicados por HC) y óxidos de nitrógeno (convencionalmente indicados por NOx).

Según la precisión de la investigación que se desea realizar, el análisis puede limitarse a la localización de uno o varios de los productos perjudiciales citados, o bien ampliarse hasta la determinación de otros componentes, como, por ejemplo, anhídrido carbónico (CO₂) y oxígeno (O₂). Existe una extensa gama de analizadores de los gases de escape, desde los más simples hasta los más complicados, desde los portátiles a los fijos.

Figura 11: Equipo analizador de gases conectado a un vehículo.



Los analizadores funcionan generalmente según uno de los siguientes principios: Cambio de color: Con este principio funcionan generalmente los analizadores portátiles, simples, de bajo coste y de empleo rápido. Una cantidad determinada de gases se hace pasar a través de una sustancia que, al reaccionar con el compuesto cuya presencia quiere determinarse, cambia de color. Al incrementarse la concentración del compuesto, aumentan la duración de la reacción y la cantidad de sustancia que cambia de color. Variación de la conductibilidad: Este tipo de examen se lleva a cabo generalmente mediante resistencias eléctricas colocadas según el puente de Wheatstone.

Dos resistencias se hallan encerradas en celdas de referencia que contienen aire ambiente o un gas de muestra, y las otras dos se encuentran en celdas a través de las cuales se hace pasar una corriente del gas en examen. La distinta conductibilidad térmica del gas que se analiza, respecto del aire o del gas de muestra, enfría las resistencias de manera diferente. Esto produce la variación de la temperatura de los conductores, a lo que sigue una variación de la resistencia eléctrica, cuya medida indica la cantidad de gases en examen.

Rayos infrarrojos: Los analizadores de este tipo funcionan según el principio de la absorción selectiva, por parte de los diferentes gases, de bandas de frecuencia especiales en el infrarrojo.

Dado que una parte de la energía de este haz es absorbida por los gases en examen en cantidad proporcional al contenido del compuesto que debe determinarse, el consiguiente calentamiento del gas y su aumento de presión permiten obtener el porcentaje del compuesto en examen. Rayos ultravioletas: Contrariamente a los métodos citados hasta ahora, estos analizadores aprovechan la propiedad de ciertas sustancias para emitir rayos ultravioletas durante su combustión. En estos instrumentos se produce la combustión, sobre un alambre incandescente, de los componentes de los gases de escape que pueden quemarse aún, es decir monóxido de carbono e hidrocarburos, dichas sustancias al quemarse emiten rayos ultravioletas de una longitud de onda especial que son recogidos por un elemento sensible.

Los analizadores de luminiscencia química son muy útiles para la determinación de los óxidos de nitrógeno contenidos en los gases de escape. La luminiscencia química o quimioluminiscencia es la propiedad que poseen ciertas sustancias de emitir luz (llama fría), al reaccionar químicamente, en este caso especial se provoca la reacción química entre el NO contenido en el gas que se analiza y el ozono (O₃). La luminosidad que se produce se mide con el aparato, y de este modo se determina la cantidad de NO presente. Debe tenerse en cuenta que en los gases de escape de un motor de combustión hay también NO₂ y, por tanto, es necesario transformar el NO₂ en NO, en un convertidor adecuado, si se desea que la medida sea correcta. Ionización de la llama: En los aparatos basados en esta técnica se efectúa, en primer lugar, una cromatografía de fase gaseosa con el fin de separar los gases de escape en sus componentes y conseguir que lleguen al analizador separados y por orden. Los diferentes componentes son pasados por

una llama con un nivel de ionización prefijado; al quemarse producen iones y alteran, cada uno de los gases de una manera característica, el estado de ionización de la llama. Como la conductividad eléctrica de una llama es función de su grado de ionización, se puede determinar la cantidad de compuesto presente en el gas de escape midiendo aquellas variaciones.

Como ya se mencionó antes existe una legislación especial que pone límites a la presencia de los compuestos nocivos en los gases de escape, en Colombia el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, por medio de la resolución número 910, establece lo siguiente:

Tabla 1: Límites máximos de emisión para vehículos a gasolina.

Año modelo	CO (%)	HC (ppm)
1970 y anterior	5,0	800
1971 – 1984	4,0	650
1985 – 1997	3,0	400
1998 y posterior	1,0	200

Tabla 2: Límites máximos de emisión para vehículos a gas.

Año modelo	CO (%)	HC (ppm)
1970 y anterior	5,0	800
1971 – 1984	4,0	650
1985 – 1997	3,0	400
1998 y posterior	1,0	200

Tabla 3: Máximos niveles de emisión para motocicletas dos tiempos.

Año modelo	CO (%)	HC (ppm)
2009 y anterior	4,5	10.000
2010 y posterior	4,5	2.000

Tabla 4: Máximos niveles de emisión para motocicletas cuatro tiempos.

Año modelo	CO (%)	HC (ppm)
Todos	4,5	2.000

4.5. ELECTROVÁLVULA

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide, no se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula, existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento, es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle, esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta

Figura 12: Electroválvula para paso de gas

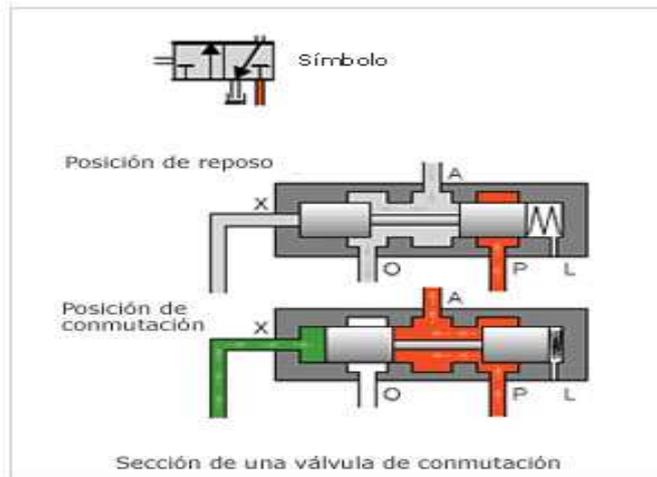


También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente. Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas, este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

Figura 13: Esquema grafico de electroválvula de conmutación.



Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riego y otros usos similares. Un caso especialmente interesante del uso de estas válvulas es en los calentadores de agua de depósito, cuando se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas pero en los calentadores de depósito esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y no hay circulación. Para evitar la necesidad de suministrar energía eléctrica la válvula del gas es una válvula de este tipo con la válvula piloto controlada por un diminuto solenoide al que suministra energía un termopar bimetálico que saca energía del calor del agua.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica suministrada en energía magnética y esta a su vez la transforma en mecánica para actuar la válvula.

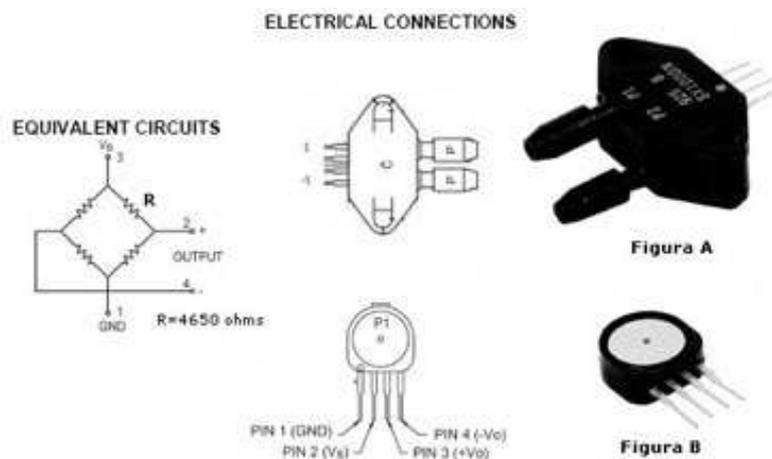
4.6. SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA.

Conocido también como MAP por sus siglas en inglés (Manifold Absolute Presión), este sensor se encuentra en la parte externa del motor después de la mariposa, presentándose en algunos casos integrado al calculador.

Su objetivo radica en proporcionar una señal proporcional a la presión existente en la tubería de admisión con respecto a la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta existente en el colector de admisión. Para ellos genera una señal que puede ser analógica o digital, reflejando la diferencia entre la presión en el interior del múltiple de admisión y la atmósfera.

Podemos encontrar dos diferentes tipos de sensores, por variación de presión y por variación de frecuencia, por variación de presión está basado en una resistencia variable accionada por el vacío creado por la admisión del cilindro.

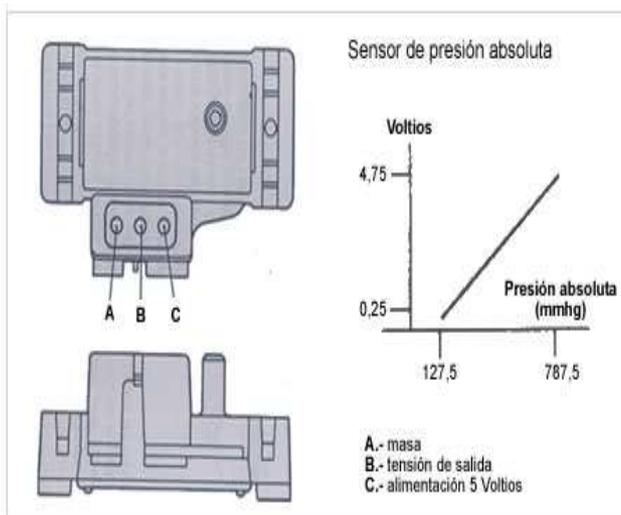
Figura 14: Diagrama estructural de un sensor de vacío.



Posee tres conexiones, una de ellas es la entrada de corriente que provee la alimentación al sistema, una conexión de masa y otra de salida. La conexión de

masa se encuentra aproximadamente en el rango de los 0 a 0.08 volts, la tensión de entrada es generalmente de unos 5 volts mientras que la de salida varía entre los 0.6 y 2.8 voltios, esta última es la encargada de enviar la señal a la unidad de mando.

Figura 15: Esquema de conexiones eléctricas sensor de presión absoluta.



Los sensores por variación de frecuencia no pueden ser comprobados de la misma forma como en el caso de los de presión, si los testeamos siempre nos dará una tensión de alrededor de los 3 volts (esto solo nos notificará que el sensor está funcionando), estos sensores toman la presión barométrica además de la presión de la admisión obteniendo la presión absoluta del resto de la presión barométrica y la presión creada por el vacío del cilindro.

4.7. MICROCONTROLADOR PIC 16F883

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura de un computadores decir, unidad de procesamiento de datos (CPU), memoria de datos(RAM),memoria de programa (ROM), circuitos de entrada y salida

(I/O), temporizadores etc., pero su finalidad está dedicada a realizar una tarea específica.

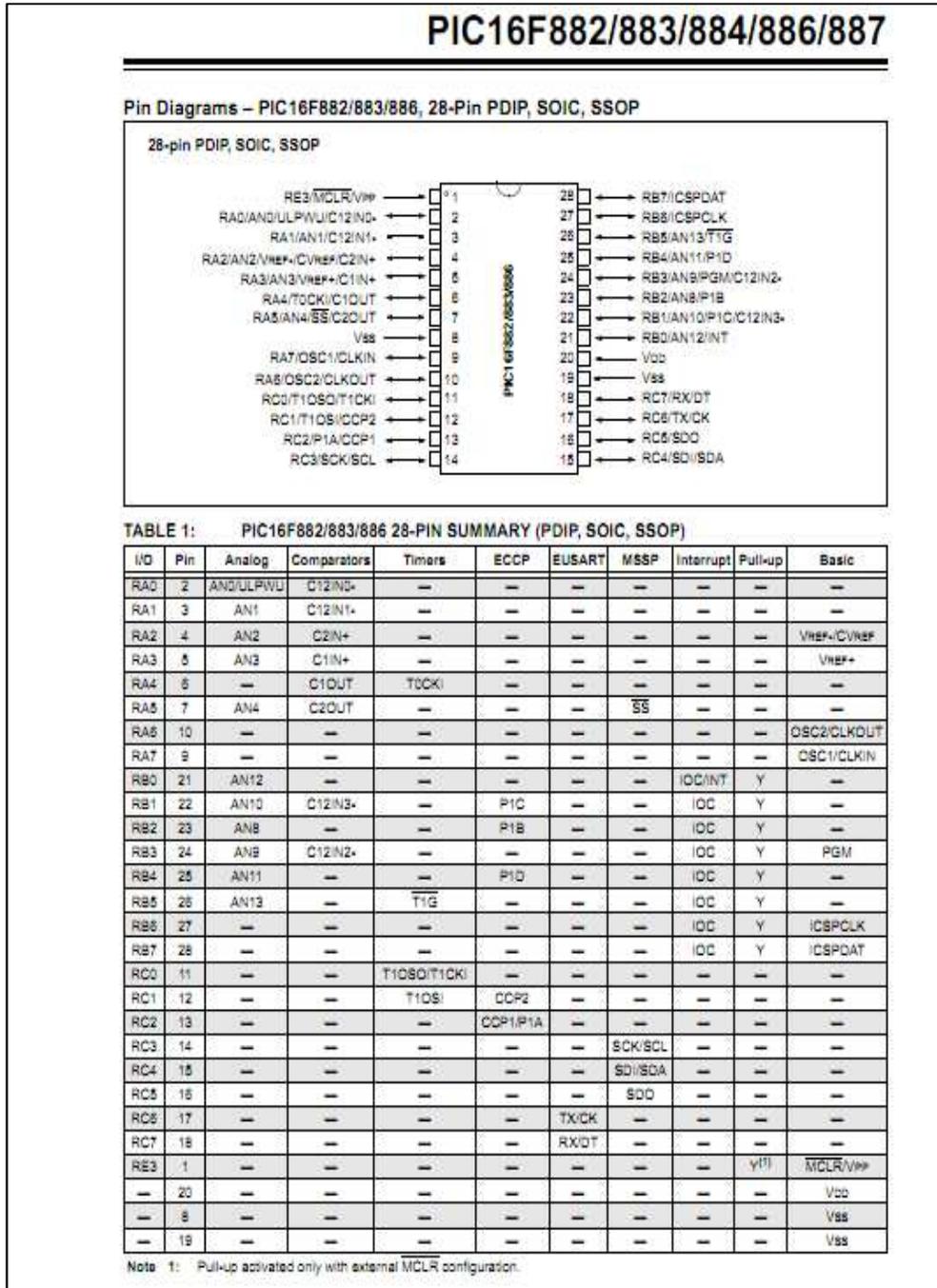
Los microcontroladores PIC, fabricados por microchip, poseen gran aceptación gracias a sus excelentes características, sus bajos costos, fácil consecución, reducido consumo, facilidad de programación, confiabilidad y abundancia de información. Todo esto los convierte en dispositivos muy prácticos y fáciles de utilizar.

Figura 16: Características Micro controlador Pic 16f883.

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL MICRO CONTROLADOR:

- Oscilador interno de la precisión: - Calibrado en la fábrica a la gama de frecuencia seleccionable del software de $\pm 1\%$ - of8 megaciclo a la supervisión a prueba de averías del reloj del modo de lanzamiento de dos velocidades armonioso del software de 32 kilociclos para la conmutación del modo de reloj del criticalapplications- durante la operación de la forlow-energía de la operación
- Modo de sueño del Energía-Ahorro
- Energía-en el reajuste (POR)
- Voltaje seleccionable del reajuste del apagón (BOR)
- Reloj de vigilancia extendido (WDT) con su oscilador de la ownon-viruta RC para la operación confiable
- Programación serial In-Circuit (ICSP) vía twopins
- In-Circuit elimine errores (ICD) vía dos pernos
- célula de la Alto-resistencia Flash/EEPROM: - 100.000 erase/escriben la memoria realzada ciclo de Flashprogram, los 1.000.000 erase típico/escriben los datos EEPROMmemory, retención típica del ciclo de los datos EEPROM > 40 años

Figura 17: Datasheet Pic F16F883.



5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE PROYECTO

Proyecto, es básicamente un proyecto de investigación y de mejoras en cuanto a la conservación del medio ambiente.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Aplicada; pues su finalidad, es ofrecer alternativas de innovación y desarrollo para sistemas de transporte limpios, con mira cada vez más a la reducción de la contaminación ambiental en nuestra ciudad y el resto del país.

5.3. METODO.

Experimentación; partiendo de un problema específico, se intenta adecuar en las motocicletas tecnologías ya desarrolladas en automóviles con miras en la reducción de agentes contaminantes.

5.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

5.4.1. Fuentes Primarias: Conocer más a fondo acerca del comportamiento de los gases de la combustión.

5.4.2. Fuentes Secundarias: Se complementa la investigación consultando en libros, revistas, manuales páginas de internet entre otros.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

Para poner en marcha, la realización de nuestro proyecto, fue necesario inicialmente planificar de qué manera conseguiríamos, los materiales que darían comienzo al desarrollo de nuestro trabajo de grado.

El elemento principal, sería una motocicleta con motor de 4 tiempos; la cual sería, el eje central donde se enfocaría la investigación realizada durante aproximadamente estos últimos 8 meses, será esta, la encargada realmente de brindarnos la información necesaria, para poner en marcha nuestro plan de acción.

Adquirir esta motocicleta, fue realmente un proceso difícil; buscamos una motocicleta de bajo costo que se adaptara a nuestro presupuesto, consultamos de muchas maneras donde podríamos comprar una motocicleta con las especificaciones que buscábamos y que fuera lo suficientemente acorde a nuestro presupuesto, buscamos en la prensa, con amigos, en la web, en talleres de motocicletas alrededor de unos 9 lugares; En estos últimos nos ofrecían motocicletas desarmadas alrededor de los 300.000\$, lo cual hacía, que nuestro presupuesto, no se ajustara a esos requerimientos; puesto que habría que contratar una persona que la armara y tendríamos que estar dispuestos a invertir un poco más debido a posibles imprevistos que se pudieran presentar.

Finalmente, casi a punto de adquirir una motocicleta en este tipo de condiciones con un costo de \$ 250.000, encontramos en la web, más concretamente en mercado libre; una motocicleta HONDA C90, que se aproximaba aún más a los requerimientos que solicitábamos para comenzar nuestro proceso investigativo.

Esta motocicleta, cumplía con las características de la motocicleta que andábamos buscando; con un motor de 4 tiempos, un cilindraje de 85cm³ y un bajo costo de \$ 270.000.

Nos desplazamos hacia la zona noroccidental de la ciudad de Medellín, exactamente en el barrio Boyacá las Brisas, el lugar donde se encontraba la motocicleta para comprobar su estado y funcionamiento.

Una vez realizadas estas averiguaciones, se procede a concretar el proceso de compra de la motocicleta por un monto de 250.000\$, el día 29 de Marzo de 2012, posteriormente nos dirigimos hacia el SENA, donde el docente del área de mecánica automotriz John Alexander Gaviria, sería la persona; que nos permitiría realizar el análisis de emisión de agentes contaminantes emitidos por la motocicleta como parte del proceso previo a la aplicación y puesta en marcha de nuestro trabajo.

Tabla 5: Medición Inicial de gases Moto Honda C-90.

Estado	HCPPM	CO %	CO2 %	O2 %	NOX
FRIA CON CARGA	590	6,1	11,5	0,36	0,818
FRIA CON CARGA Y LUCES	356	7,66	9,3	0,27	0,783
RPM MAX FRIA	412	6,5	11,1	0,3	0,891
CALIENTE CON CARGA Y LUCES	251	8,81	9,2	0,27	0,767
RALENTI FRIA	1000	11,9	3,71	0,85	0,88
RALENTI FRIA CON LUCES	722	11,6	3,6	1,42	0,925
RALENTI CALIENTE 80°C	510	9,1	7,38	0,46	0,81
3500 RPM	1260	8,4	8,33	1,5	0,813
CALIENTE CON CARGA 4500 RPM	610	9,6	8,28	0,3	0,775
CALIENTE RPM MAX	1471	9,56	8,4	0,31	0,727

Este tipo de pruebas, nos permite conocer el estado de funcionamiento en cuanto a emisión de agentes contaminantes se refiere por parte de la motocicleta, y podemos realizar un comparativo con relación a algunos datos obtenidos durante el proceso de investigación con relación a las normativas ambientales en

otros países, como República Dominicana; en donde los rangos y valores permitidos con relación a los gases emitidos por las motocicletas de 2 y 4 tiempos son de 450 ppm(partes por millón) para los HC(hidrocarburos) y 3.5% de monóxido de carbono (CO) en motocicletas entre 50 y 249cm³. En Colombia estos valores son de 2000ppm (partes por millón) para los HC (hidrocarburos) y de 4.5 % para el monóxido de carbono CO para motos de 4 tiempos; observamos lo flexible de la normativa ambiental Colombiana en cuanto a emisiones de agentes contaminantes se refiere en fuentes de energía móviles.

Otro aspecto importante a rescatar, fue la medición de otros tres residuos provenientes del proceso de combustión del motor; como lo podemos observar, en la tabla anterior y que no son tomados en cuenta por las normativas ambientales para las motocicletas de 2 y 4 tiempos; donde los valores, de éstos en relación a un automóvil superan los valores sobre los cuales son medidos este tipo de vehículos.

Procedemos a desplazar la motocicleta a una de nuestras casas, para continuar con el proceso de pruebas a realizar, una vez allí, los días 5 y 6 de Abril de 2012, nos reunimos para realizar algunas pruebas sobre la motocicleta, la cual al parecer por haberse mojado en días anteriores a causa de lluvia no fue posible encenderla, por tal razón nos vimos afectados enormemente, después de verificar planos eléctricos para este tipo de motocicletas y de indagar con algunas personas conocedoras del tema encontramos el problema.

El interruptor de encendido, fue el causante; inhabilitaba la corriente de encendido que se dirigía hacia la bobina de alta tensión para la generación de la chispa en la bujía. Una vez corregida la situación, comenzamos a indagar acerca de la ubicación de los sensores de temperatura y depresión que emplearíamos para la fase de control de nuestro sistema, luego de acordar la ubicación de los sensores se procede a realizar su instalación; el sensor de temperatura se ubica en la parte

más cercana a la culata del motor, debido a que es el mejor punto de medición para la muestra de la temperatura del motor y el sensor de depresión se instala sobre un orificio previamente perforado en el tubo de aspiración de aire entre el carburador y la culata; lo cual nos permitirá, mediante el vacío del motor, determinar la carga del mismo. Una vez realizada esta etapa, se procede a renovar algunos de los empaques y sellos de aceite por donde se percibían algunas fugas de aceite de motor. Procedemos a realizar el desarme un poco superficial sobre el motor, para renovar los empaques que fuesen necesarios. Sin embargo, no contábamos con un gran problema encontrado al momento de desarmar; pues en días pasados cuando encendimos la motocicleta se percibió un pequeño ruido en el motor; el cual, no afectaba aparentemente su funcionamiento, la gran sorpresa que nos llevamos fue al encontrar que en el interior del motor se alojaban grandes trozos de los piñones de distribución e incluso el piñón que comandaba la bomba de aceite para la lubricación del motor totalmente destrozado; lo que nos llevó a realizar un desarme casi total del motor y a renovar las piezas defectuosas; esto nos permitió a cada uno de nosotros conocer de forma más real el comportamiento y el funcionamiento de un motor de 4 tiempos con cada uno de sus componentes. De esta manera fue necesario realizar una pequeña reparación de motor que nos tomó alrededor de casi 7 horas el día 15 de Abril de 2012, una vez finalizada la reparación procedemos a encender la motocicleta para las posteriores pruebas reales de temperatura y de depresión en el motor.

Comenzamos a realizar algunas pruebas en el motor con relación a la depresión generada al interior de éste; pues sería esta medición, el punto de partida para comenzar el diseño de nuestro programa de control; para tal fin fue necesario emplear un instrumento de medición llamado vacuómetro, que se emplea en la medición de vacío. Se ubica en primera medida, sobre la toma de vacío sobre la cual actúa el sensor de depresión; este dispositivo de medición, toma una muestra

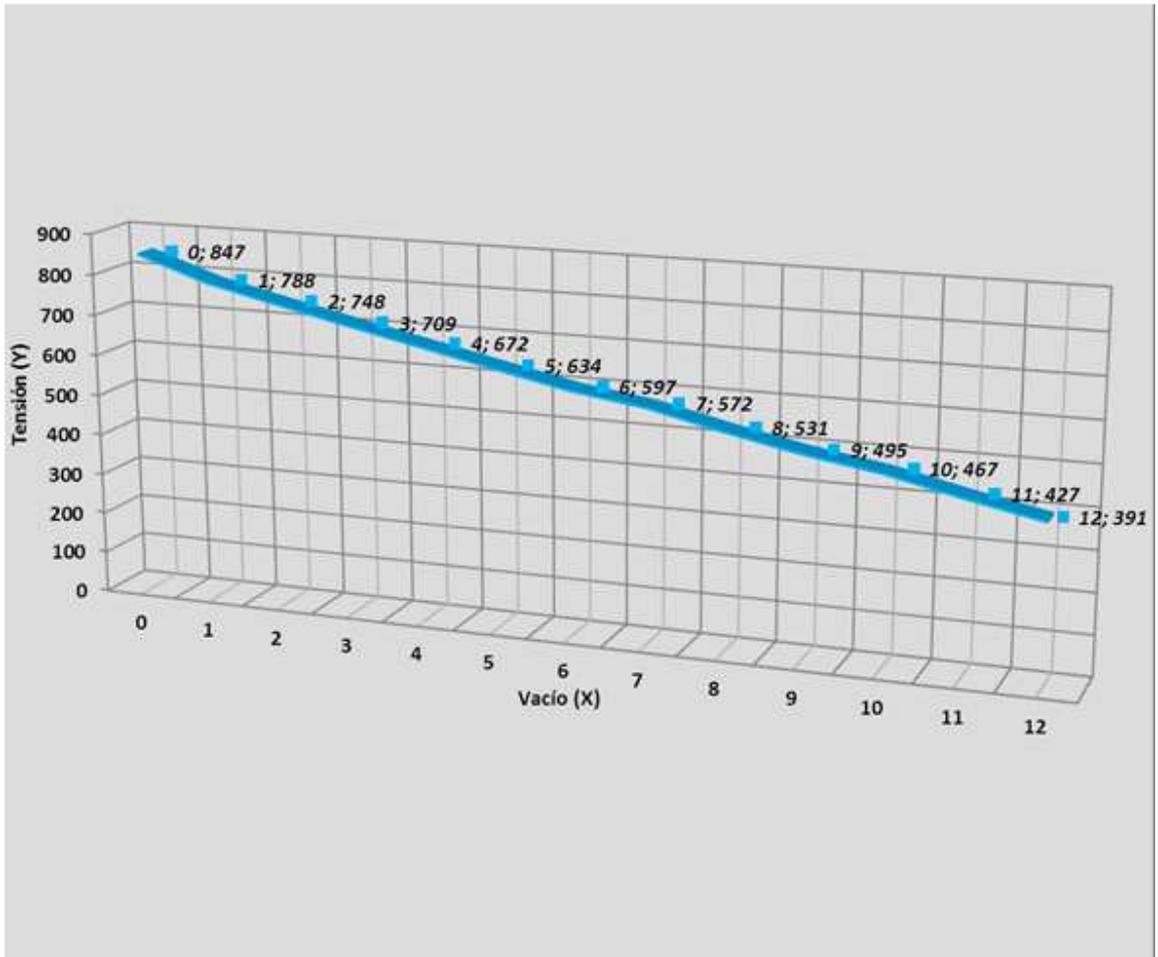
de vacío generado al interior del motor , con un valor que oscila entre las 9 y las 12 inHg (pulgadas de mercurio) que es una de las tantas unidades de medida para el vacío. Como era de esperarse, al aumentar las RPM(revoluciones por minuto) del motor; el vacío tiende a ser “0”; puesto que el pistón baja y sube tan rápido al interior del motor que la capacidad volumétrica del cilindro tiende a disminuir por tal razón no ingresara al motor la misma cantidad de aire y combustible que cuando éste se encuentra en mínima. Es esta medida la que nos permite tener un punto de partida para la elaboración de nuestro programa de control; es de suma importancia conocer este valor, debido a que no todos los motores arrojan el mismo resultado, por tal razón estos valores son únicos para nuestro motor.

Una vez conocido el valor máximo estable de vacío en el motor, procedemos a realizar algunas pruebas de comparación para conocer que señal de tensión emite el sensor de depresión con respecto al vacío que se genera en el motor a cargas bajas, parciales y plenas; con esto nos referimos a la señal de tensión que emite el sensor, con un motor en mínima, con el acelerador parcialmente accionado y con la apertura total del acelerador. Los valores tomados logran hacerse equivalentes en tensión para vacío; tomando como puntos de referencia una señal de vacío de entre las 9 y las 12 inHg (pulgadas de mercurio) y una tensión de alimentación para el sensor de 5V con señales de relación del orden de los milivoltios.

Tabla 6: Valores de vacío vs tensión.

VACIO "/Hg	TENSION(mV)
0	847mV
1	788mV
2	748mV
3	709mV
4	672mV
5	634mV
6	597mV
7	572mV
8	531mV
9	495mV
10	467mV
11	427mV
12	391mV

Grafica 1: Valores Tensión vs Vacío



Los valores aquí enunciados corresponden a un pequeño motor de apenas 85cm^3 de cilindrada; si comparamos los valores tomados en relación al vacío generado por el motor de un automóvil notaremos que el motor del automóvil genera un vacío que se encuentra entre las 18 y las 22inHg (pulgadas de mercurio).este tipo de pruebas, aunque no son muy empleadas actualmente en algunos de los talleres de servicio automotriz e incluso no se conocen registros en los talleres de mecánica de motocicletas, son herramientas indispensables para la localización y el diagnóstico de fallos en un motor de 4 tiempos. En nuestro caso, gracias a esta

prueba localizamos un fallo de funcionamiento irregular en las válvulas de admisión y escape a causa de un mal reglaje en estos componentes; una vez corregido este percance se nota la mejoría en el funcionamiento del motor lo cual permite realizar unas mediciones mucho más exactas.

Concluidas las mediciones del vacío procedemos a realizar una serie de análisis para determinar el punto de partida más adecuado para iniciar nuestro proceso de control, teniendo en cuenta la finalidad de nuestro proyecto sin afectar de manera abrupta la potencia y el desempeño de la motocicleta. Inicialmente, optamos por tomar dos valores de referencia en cuanto a la depresión generada por el motor, teniendo en cuenta que estos datos serían el comienzo de las pruebas de comportamiento del motor vs la reducción de los agentes contaminantes. Decidimos tomar como referencia una depresión mínima de 3inHg (pulgadas de mercurio) y una máxima de 6inHg (pulgadas de mercurio), que serían los parámetros parciales entre los cuales operaría nuestro sistema inicialmente; y que traducidos al lenguaje empleado por el sensor, los valores corresponden a 650mv para la depresión mínima y a 800mv para la depresión máxima.

En el desarrollo del programa de control empleamos el lenguaje C como lenguaje de programación para el microcontrolador, éste inicialmente fue creado a modo de prueba con un ciclo de frecuencia en operación de 2 segundos y bajo las condiciones anteriormente expuestas, una vez creado el programa con el software de diseño de programas en lenguaje C para microcontroladores PICC COMPILER, se procede a realizar la correspondiente simulación de forma virtual con el software de diseño y creación de circuitos electrónicos PROTEUS 7.7, tomando como base el empleo de una resistencia de tipo variable que haría las veces de sensor y un led que indicaría el ciclo de operación de la electroválvula que posteriormente será empleada.

Figura 18: Programa de Control

```
#include "C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\PROGRAMA DE CONTROL\CONTROL.h"
#define led PORTB,0;

#byte porta=5
#byte portb=6
int16 voltaje;

void main()
{
    setup_adc_ports(sANO|VSS_VDD);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC); // This device COMP currently not supported by the PICWizzard
    //Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillotar Config tab

    // TODO: USER CODE!!
    set_tris_a(0xff);
    set_tris_b(0x00);

    for(;;){

        set_adc_channel(0);
        delay_ms(2);
        voltaje = read_adc();

        while( (voltaje>=133) &&(voltaje<=164) ){

            BIT_SET(portb,0);
            delay_ms(700);
            BIT_CLEAR(portb,0);
            delay_ms(300);

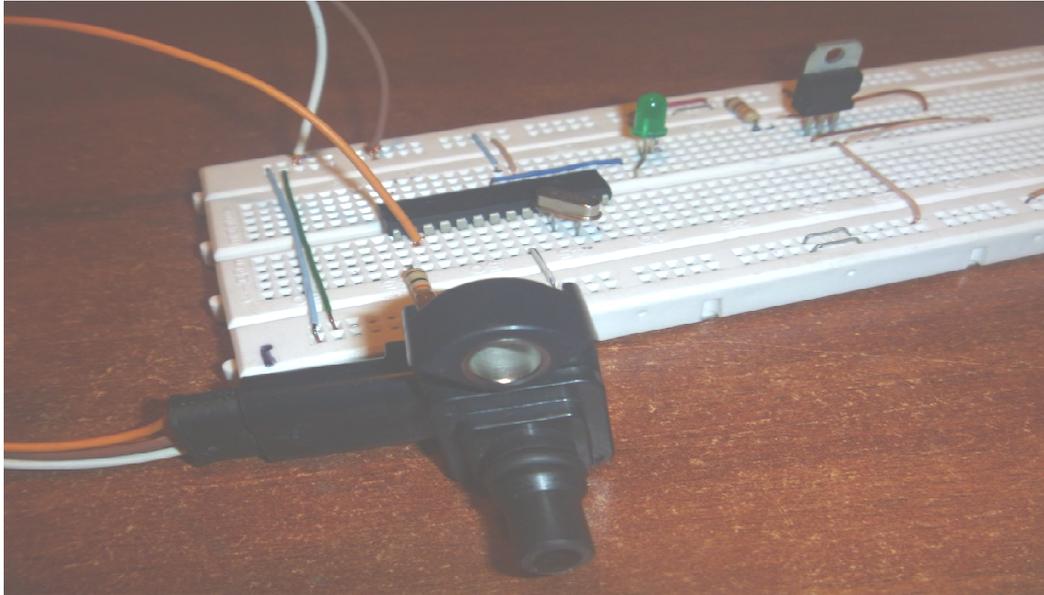
            voltaje = read_adc();

        }
        BIT_CLEAR(portb,0);
    }
}
```

En la figura anterior se visualiza el programa de control con cada una de las instrucciones correspondientes, se realiza la configuración del dispositivo a emplear, se configuran las variables para la conversión análoga digital, el canal de conversión, las entradas y salidas y los tiempos de funcionamiento.

La simulación del programa de control nos dio una idea más clara del circuito que debemos implementar para comenzar las pruebas físicas y buscar la mejor manera de acoplar dicho circuito a las señales entregadas por los sensores.

Figura 19: Circuito de Prueba.



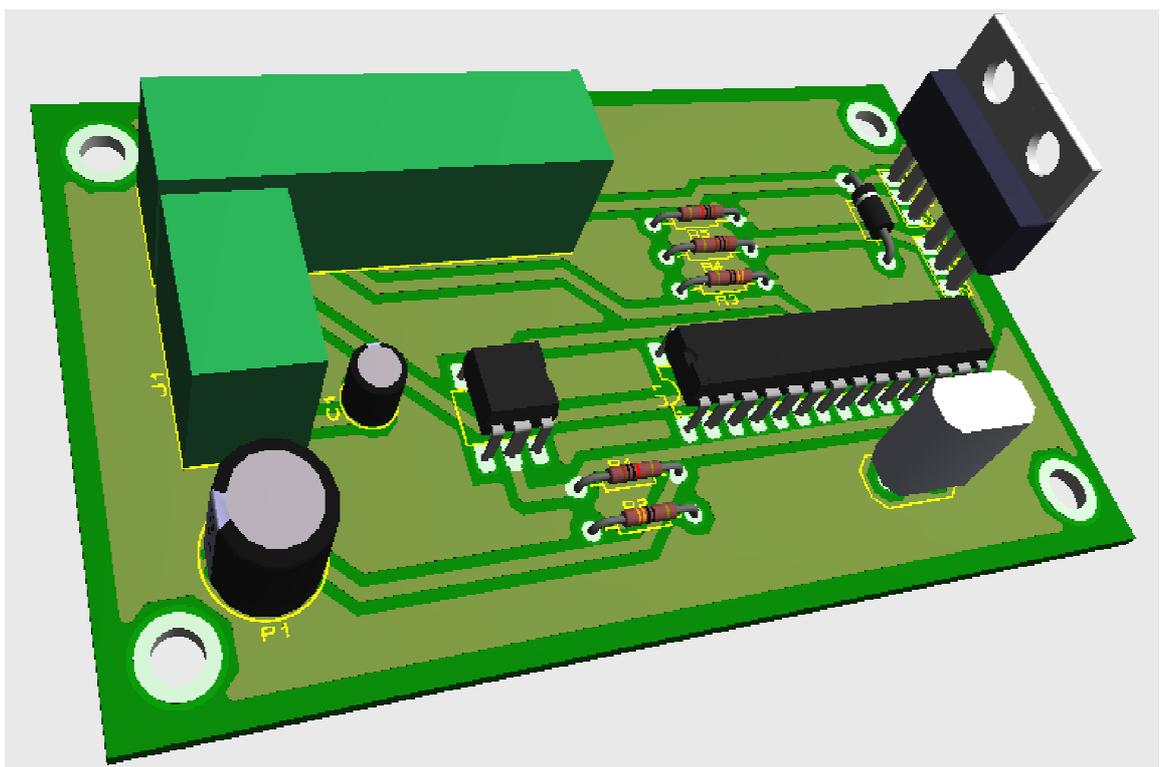
En la figura anterior se puede visualizar el montaje del circuito que utilizamos para las pruebas, en éste se emplea un diodo led como dispositivo de chequeo de funcionamiento, se nota también que las terminales de conexión del sensor de depresión están conectadas a los pines de entradas del microcontrolador, observamos además un regulador de voltaje que permite el circuito tenga un funcionamiento más estable y otros elementos de acople para el correcto desempeño.

Después de muchas pruebas realizadas y haciendo un análisis muy detallado de los resultados se logra establecer unos rangos entre los cuales el comportamiento del sistema en general se acerca a los requerimientos exigidos por el proyecto, la estructura tanto del circuito como del programa se tornan mucho más concretas.

Fue necesario modificar los valores de funcionamiento del programa con respecto a las señales emitidas por el sensor de depresión variando los rangos de funcionamiento de 2 inHg (pulgadas de mercurio) a 7 inHg (pulgadas de mercurio), y modifica el tiempo de operación de la salida del microcontrolador.

Estando seguros ya del funcionamiento del circuito, lo siguiente fue pasar al diseño de la tarjeta electrónica, para el cual empleamos la aplicación ARES del software PROTEUS 7.7, y como resultado se obtuvo un esquema muy completo y detallado de lo que sería el circuito físico y real de control.

Figura 20: Diseño de circuito impreso.



7. CONCLUSIONES

Se pudo demostrar que en la fase de calentamiento del motor no se necesitó combustible extra, pues resultados arrojados demostraron que los gases expulsados fueron suficientes para cumplir dicha tarea.

Este proyecto permite determinar mediante los resultados obtenidos, que es posible contribuir a la reducción de los agentes contaminantes generados principalmente por las fuentes de energía móvil que emplean combustibles fósiles para su funcionamiento, esto a partir de tecnologías de bajo costo que pueden empleadas a gran escala. Este tipo de alternativas más allá de emplear tecnología para tales fines están ligadas a crear una conciencia más humana con relación a la generación de estos componentes, a la preservación del medio ambiente y el calentamiento principalmente.

Conocer las consecuencias que trae consigo la generación de agentes contaminantes gracias a una investigación detallada y profunda permite determinar acciones de índole tecnológica y humana que ayudan a contrarrestar la generación de estos elementos que afectan de una u otra manera la generación de vida sana en el planeta

Afrontar un problema de tal envergadura como lo es contaminación, parecería ser una tarea épica, pero se demostró que con algo de conocimiento podemos lograr resultados muy satisfactorios, y no se puede descartar la posibilidad de que en un futuro este sistema de control se puede aplicar en la industria.

8. RECOMENDACIONES

Se sugiere en posteriores investigaciones, tener en cuenta los objetivos planteados al comienzo del proceso investigativo, los cuales son determinantes para el correcto desarrollo y el alcance de las metas planteadas.

El presente proyecto es una antesala a futuras investigaciones que permitan disminuir aún más los agentes contaminantes, se recomienda hacer un análisis más profundo sobre dichas investigaciones.

Se aconseja hacer una mejora en las estrategias implementadas, pues se puede hacer una investigación realizando proyecciones futuras sobre los resultados dados

BIBLIOGRAFÍA.

MADDOX, Robert y HAYNES, John. Manual de Códigos de la Computadora y Sistemas de Control Electrónico del Motor. Grupo de Publicaciones Haynes, California E.E.U.U.1996.

ARIAS PAZ. Manual de Automóviles. 56ª Edición Editorial DOSSAT CIE DE INVERSIONES EDITORIALES, 2006.

ARIAS PAZ. Motocicletas. 33 Edición, Editorial DOSSAT CIE DE INVERSIONES EDITORIALES, 2006.

CIBERGRAFÍA

Motor de 4 tiempos: http://www.todomotores.cl/mecanica/el_motor.htm

Electroválvula: <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>.

Sensor Map: http://www.todomotores.cl/mecanica/el_motor.htm

El motor de combustión Interna. <http://www.monografias.com/trabajos14/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml>

Microcontroladores. <http://www.neoteo.com/microcontroladores>

Curso de Micros: http://www.electronicaestudio.com/docs/Curso_de_PICs.pdf

Microship: <http://www.microchip.com/>

Anexo A: Sensores de Depresión y Temperatura.



Anexo B: Posición de Sensor de Depresión en el motor



Anexo C: Pruebas de Medición de Depresión.



Anexo D: Relación de Depresión vs Tensión



Anexo E: Acople de electroválvula.

