

CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE SIMULACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES AUTOMOTRICES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN OBD 1 DEL MOTOR A GASOLINA DEL CORSA WIND 2001.

Fidel Villamarin, Daniel Godoy.

Abstracto—En el presente estudio se presenta la construcción de una maqueta de simulación de sensores y actuadores automotrices de un sistema de inyección. Para la construcción de la maqueta, se consideraron todos los componentes adecuados que permitan el funcionamiento correcto del sistema de inyección, que sirva como material didáctico para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz. La construcción de la maqueta se la realizó en función de las especificaciones técnicas que provee el fabricante del vehículo Chevrolet Corsa Wind modelo 2001. Para que la herramienta didáctica sea aún más efectiva se procedió a la construcción de un mueble ergonómico donde se colocaron todos los componentes del sistema de inyección, minimizando los riesgos de dolencias por una postura incorrecta de los estudiantes al momento de trabajar en la maqueta.

Finalmente se procedió a la comprobación del funcionamiento de cada uno de los sensores y actuadores, haciendo mediciones de voltaje, amperaje; que demostraron el correcto funcionamiento de la maqueta y una efectividad como herramienta didáctica para los estudiantes de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz, ya que al ser interactiva, los estudiantes pueden manipular los diferentes componentes de la misma y observar el funcionamiento de los diferentes sensores y actuadores.

Índice de términos—

ACTUADOR Elemento encargado de realizar las acciones comandadas por la ECU.

ECU Engine Control Unit (Unidad de control del motor).

MPFI MULTI-POINT FUEL INJECTION (Sistema de inyección electrónica multipunto).

RIEL DE INYECTORES Conjunto que aloja a los inyectores y provee de combustible.

SENSOR Elemento emisor de señales hacia la ECU.

I. INTRODUCCIÓN

EL sistema que se encarga de entregar el combustible al motor ha evolucionado, para mejorar el performance y a su vez cumplir con las normativas ambientales vigentes que cada día son más estrictas.

“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 (Tabla 1).”^[1]

Es así que los primeros sistemas de entrega de combustible eran los muy conocidos carburadores, estos entregaban combustible al motor según la succión que este generaba, es por eso que este sistema era muy ineficiente ya que entregaba altas cantidades de combustible generando mayor contaminación.

TABLA I

LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PERMITIDOS PARA FUENTES MÓVILES

| Año modelo | % CO* | | ppm HC* | |
|--------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
| | 0 - 1 500 ** | 1 500 - 3 000 ** | 0 - 1 500 ** | 1 500 - 3 000 ** |
| 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 | 1 000 | 1 200 |

* Volumen

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

La siguiente evolución a los sistemas de entrega de combustible, fueron los primeros sistemas de inyección mecánica, donde ya existía inyectores que entregaban el combustible según la succión generada por el motor mediante un distribuidor, seguían siendo ineficientes debido a que funcionaban de manera muy parecida a un carburador sin el monitoreo del funcionamiento del motor.²

Después de los sistemas de inyección mecánica, se dio un gran paso al introducir sistemas electrónicos, sin abandonar sistemas mecánicos que todavía eran indispensables para el funcionamiento, es aquí que empieza a introducirse sensores como el TPS (Sensor de Posición del Acelerador) entre otros, se logró una mejor eficiencia en la entrega de combustible pero seguía produciendo una gran cantidad de gases contaminantes ya que el combustible entregado continuaba siendo excesivo.

Es aquí que los ingenieros, introdujeron un sistema de inyección, utilizando información como el régimen del motor RPM (revoluciones por minuto), temperatura del refrigerante, posición del cigüeñal, logrando una mejor eficiencia en la entrega de combustible, estos sistemas presentaban un solo inyector, lo que los hacía muy parecidos al carburador pero mucho más eficientes.

Es aquí que la industria automotriz da un gran paso al introducir el sistema MPFI o sistema de inyección electrónica multipunto, donde se tiene un inyector por cilindro, para el correcto funcionamiento de este se necesitan muchos más parámetros de funcionamiento ya que se regula la mezcla de

Para la construcción de la maqueta no se recibió apoyo económico, todo el trabajo se realizó mediante auto-sustentación del proyecto, se agradece al taller automotriz “GRAN PRIX”, y al Ingeniero Andrés Enríquez, por el apoyo técnico brindado para la construcción de la maqueta.

combustible según la mariposa de aceleración, la temperatura del refrigerante entre otros; toda esta información se envía a una centralita o ECU (unidad de control de motor) donde los datos son analizados y se envía una señal a los actuadores (inyectores, válvulas de control de ralentí, bobinas de encendido) logrando así una mejor combustión, en si un mejor funcionamiento del motor del vehículo logrando una gran eficiencia en el consumo de combustible y cumpliendo las normativas ambientales.

Los sistemas de inyección más modernos, monitorean la forma de conducir del chofer y pueden modificar ciertos parámetros para poder lograr la mayor eficiencia posible en el consumo de combustible.

En vista de que en la actualidad, los sistemas de carburador, inyección mecánica e inyección electromecánica están completamente obsoletos, se busca mantener a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, correctamente capacitados en sistemas MPFI que se encuentran en la mayoría de vehículos, es así que el objeto de este estudio es la construcción de una maqueta de simulación de sensores y actuadores donde, los estudiantes van a poder observar y hacer ciertas mediciones que permitan un adecuado entendimiento del funcionamiento de los del sistema de inyección MPFI.

II. MATERIALES Y MÉTODOS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA INTERACTIVA SOBRE EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA OBD 1 DEL VEHÍCULO CHEVROLET CORSA WIND MODELO 2001.

Para el correcto montaje de las diferentes partes que componen el sistema de inyección de un vehículo Chevrolet Corsa Wind modelo 2001, se fabricó un mueble a medida, ergonómicamente diseñado, para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz tengan una herramienta adecuada para el aprendizaje sobre los diferentes sensores y actuadores que se puede encontrar en el mismo, y, que todos los componentes estén disponibles para el análisis de una manera ágil, ya que la mayoría de estos componentes son difíciles de ubicar en un vehículo en funcionamiento.

A. Sensores que actúan en el sistema MPFI de un vehículo Chevrolet Corsa 2001 utilizados para la construcción de la maqueta

Es entonces que se puede definir como sensor a “los dispositivos encargados de monitorear las condiciones de operación del vehículo, y de enviar su información a la computadora para que esta ordene a los actuadores a operar sobre ciertos parámetros, de acuerdo a las condiciones cambiantes de funcionamiento del motor”^[3]. En esta tesis se utilizaron los siguientes sensores:

Sensor MAP.

De sus siglas MAP (Manifold Absolute Pressure), traducidas al español se lo conoce como el sensor de presión absoluta del múltiple de admisión, que expresa la variación de

la presión atmosférica y el vacío generado en el múltiple de admisión y el motor; para luego, producir señales que son enviadas a la ECU para que esta pueda regular el tiempo de ignición y programar la mezcla de aire/combustible según las características y condiciones de trabajo del motor en diferentes regímenes ambientales.

| MAP | | |
|------------------|--------------|-------|
| pinos del sensor | Color | señal |
| A | Marrón | 5v |
| B | Verde | señal |
| C | negro/blanco | masa |

CUADRO 1

Sensor TPS.

De sus siglas TPS (Throttle Position Sensor Sensor de Posición de la Mariposa de Aceleración, que indica a la ECU el ángulo de apertura de la aleta del cuerpo de aceleración. Este permite ajustar el pulso de inyección enriqueciendo o empobreciendo la mezcla según se la posición del pedal del acelerador. Para generar esta señal cuenta con un potenciómetro de posición que indica la carga del motor según la variación de voltaje.

| TPS | | |
|------------------|--------------|-------|
| Pines del Sensor | Color | Señal |
| A | Marrón | 5v |
| B | negro/blanco | masa |
| C | Azul | señal |

CUADRO 2

Sensor ECT.

De sus siglas en inglés (Engine Coolant Temperature), Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante, que indica la temperatura real del líquido refrigerante según el régimen del motor; para enriquecer o empobrecer la mezcla de aire/combustible, y obtener una mezcla adecuada al régimen de funcionamiento del motor.

Este trabaja con un termistor tipo NTC, esto quiere decir que al aumentar la temperatura del refrigerante su

resistencia disminuye, su cuerpo es recubierto en bronce para resistir la corrosión que produce el refrigerante de suerte que no afecte al funcionamiento del mismo.

| ECT | | |
|------------------|--------|-------|
| Pines del Sensor | Color | Señal |
| 1 | marrón | 5v |
| 2 | azul | señal |

CUADRO 3

Sensor IAT.

De sus siglas en inglés (Intake Air Temperature), Sensor de Temperatura de Entrada de Aire, indica la temperatura a la que ingresa el aire al múltiple de admisión; este sensor nos ayuda a medir la temperatura y masa de aire que ingresa al motor, “Dependiendo de la masa de aire medida, la computadora decidirá el valor exacto de combustible que debe ser inyectado, para que mezcla sea ideal en todas las condiciones de aceleración.”^[4]; Para poder conocer la cantidad real de aire que ingresa a la cámara de combustión para que la ECU procese estos datos e inyecte una cantidad precisa de combustible.

| IAT | | |
|------------------|----------------|-------|
| Pines del sensor | Color | señal |
| 1 | Marrón | 5v |
| 2 | marrón/celeste | señal |

CUADRO 4

Sensor CKP.

De sus siglas en inglés (Crankshaft Position Sensor), Sensor de Posición del Cigüeñal “que recibe la fuerza de los pistones por medio de la biela y la transforma en movimiento giratorio”, (Martínez, 2003) , ayuda a conocer el estado de giro del cigüeñal en cada momento y la velocidad del motor en RPM; este sensor permite a la ECU conocer el ángulo de giro del cigüeñal para poder regular el tiempo de inyección y sincronizar el encendido de la mezcla; en el cuerpo del sensor presenta un imán permanente, una núcleo de hierro y una bobina, estos se encuentran sobre la polea dentada, cada diente que se encuentra con la punta del sensor produce un voltaje que induce a la bobina interna del sensor, la variación de voltaje depende de la velocidad de giro de la polea dentada, mientras más rápido gire, el voltaje del sensor aumentará.

| CKP | | |
|------------------|------------|--------------|
| Pines del Sensor | Color | Señal |
| 1 | gris/negro | Señal salida |
| 2 | gris/rojo | señal salida |
| 3 | marrón | Masa |

CUADRO 5

Sensor KS.

De sus siglas en inglés (Knock Sensor), Sensor de golpeteo, este regula el tiempo si existen auto detonaciones debido a pre-igniciones en la cámara; este sensor permite a la ECU controlar la regulación del tiempo de ignición o encendido, debido a auto detonaciones que se pueden presentar en la cámara de combustión, fenómeno conocido como “cascabeleo”.

| KS | | |
|------------------|----------------|---------|
| Pines del Sensor | Color | Señal |
| 1 | amarillo/negro | Voltaje |

CUADRO 6

Sensor de Oxígeno.

Este sensor es conocido como sensor de O₂ o sonda lambda, ayuda a la ECU a determinar un correcto porcentaje de mezcla de aire/combustible que ingresa al motor; está ubicado en el centro del múltiple de escape, en la parte frontal del motor, su cuerpo está constituido de material de zirconio, este genera una señal que compara la cantidad de oxígeno en el ambiente y la de los gases de escape, presenta un conector de color negro y verde, y un solo pin de comunicación, la coloración del cable es púrpura.

B. Actuadores del sistema MPFI de un vehículo Chevrolet Corsa 2001 utilizados para la construcción de la maqueta

Inyectores electrónicos.

El vehículo Chevrolet Corsa Wind 2001, con motor de 4 cilindros, cuenta con un sistema de 4 inyectores, MPFI (Multi Point Fuel Injection), Inyección de Combustible Multi-Punto, uno para cada cilindro; estos inyectores son los encargados de suministrar combustible a la cámara de combustión por el método de pulverización, estos se encuentran montados sobre el riel encargado de entregar el combustible a cada uno de los mismos, denominado también como flauta o riel de inyectores; cuenta con un regulador de presión ubicado al final del riel, donde el excedente de combustible retorna al reservorio. Este regulador mantiene una presión en el riel de 3 Bar, la apertura del inyector está regulada por la ECU, quien se encarga de la apertura de los mismos por un periodo de tiempo; esta apertura permanece abierta aproximadamente por 1,6 milisegundos en marcha lenta y hasta 10.1 milisegundos en altas RPM.

| Inyectores | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| | inyector 1 | inyector 2 | inyector 3 | inyector 4 |
| pinos | 2 | 2 | 2 | 2 |
| color | Negro | Negro | negro | negro |
| voltaje | 9 | 9 | 9 | 9 |
| ohmios | 2-3 | 2-3 | 2-3 | 2-3 |

CUADRO 7

Bobina de ignición.

La bobina de ignición, transforma el voltaje entregado por la batería a uno mayor que produce la chispa adecuada, para que se realice el trabajo de combustión; este sistema se denomina por encendido DIS (Direct Ignition System), Sistema de Ignición Directa, eliminando completamente al distribuidor, estableciendo el encendido de la chispa mediante la señal enviada por la ECU utilizando la señal de los sensores.

En el Chevrolet Corsa Wind 2001, la bobina envía la chispa de encendido en el orden 1-4, 2-3; lo que quiere decir que la bujía del cilindro 1 y el cilindro 4 van a recibir al mismo tiempo el salto de chispa, lo mismo se repite para los cilindros 2 y 3. Se encuentra ubicado en la parte lateral derecha del cabezote o culata.

| Bobina de encendido | | |
|---------------------|----------------|----------|
| pinos del acudador | color | señal |
| 1 | Marrón | masa |
| 2 | Negro | Positivo |
| 3 | Negro/rojo | Señal |
| 4 | Negro/amarillo | Señal |

CUADRO 8

Válvula de control de aire.

De sus siglas en inglés IAC (Inlet Air Control), Válvula de Control de Aire Flujo, se encarga de proporcionar el aire necesario para un correcto funcionamiento del vehículo en ralentí; está ubicada en un conducto de aire independiente junto a la mariposa de aceleración, ya que su funcionamiento permite el paso de aire extra hacia el motor sin accionar la misma.

Esta válvula está regulada para mantener el motor a un régimen de 700 a 1000 RPM, según la información enviada por la ECU y los diferentes sensores.

Bomba de combustible.

Es la encargada de proporcionar el combustible necesario para el correcto funcionamiento mediante conductos desde el reservorio, pasando por el filtro de combustible hasta el riel, donde se entrega a cada inyector para ser pulverizado en el Múltiple de Admisión para su posterior combustión; está ubicado dentro del tanque de combustible y genera una presión de 3 bar.

C. Otros componentes necesarios para el correcto funcionamiento del tablero

En vista de que es una maqueta de simulación, para un correcto funcionamiento se adquirió componentes extras para tener lo más similar al vehículo Chevrolet Corsa Wind modelo 2001, a continuación enumerados.

Unidad de control del motor ECU.

La ECU es un componente primordial para el correcto funcionamiento del tablero, ya que es el encargado de procesar toda la información que envían los sensores, procesarla y enviar los comandos correspondientes a los diferentes actuadores.

Sistemas de conexión.

Para la conexión de los diferentes componentes del sistema se adquirió el arnés de conexión original del vehículo, ya que estos cuentan con conectores especiales para cada sensor y actuador; y todos estos se unen a la ECU.

Estos sistemas de conexión están montados en la parte posterior del tablero y no se encuentran a la vista de los estudiantes, para evitar daños en el mismo.

Por motivos de facilidad para la toma de datos en futuros trabajos prácticos, se realizó un puenteo en cada uno de los cables de los sensores y actuadores, y se colocó pines especiales que facilitan la toma de datos.

Bases de acrílico.

Para el montaje de algunos componentes, se envió a fabricar bases de acrílico, que facilitaron el montaje y a su vez mejoraron la presentación de la maqueta.

Probetas.

Ya que el sistema provoca el funcionamiento de los inyectores, es necesario probetas que recojan el líquido utilizado en remplazo al combustible.

Tablero de instrumentos.

El tablero de instrumentos, es indispensable en la maqueta ya que informa mediante la lámpara MIL o más conocida como LUZ CHECK ENGINE, si la ECU tiene registrada códigos de falla.

El tablero de instrumentos, también nos indica la temperatura del refrigerante, muy importante para saber si el sensor ECT trabaja correctamente.

También se utilizó el mismo para simular el movimiento en el velocímetro, ya que la ECU necesita esta información para trabajar correctamente.

C. Proceso

Para el correcto montaje y manipulación de los diferentes componentes del tablero se fabricó un armario a medida.

El armario tiene las siguientes dimensiones; desde el piso hasta una altura de 90 cm, un ancho de 110cm y 60 cm de profundidad con acabados en color negro y madera; este armario que sirve de base para sostener el tablero central, en su interior contiene el tablero de control central. Se diseñó de esa manera con el objetivo de proteger y prever la inadecuada manipulación. Tiene además 2 puertas abatibles con su correspondiente seguridad.

Sobre el armario, que sirve de base, está ubicado el tablero central cuyas dimensiones son 110 cm x 120cm, elaborado en madera y en el que van ubicados los sensores y actuadores que conforman el sistema del vehículo Chevrolet Corsa Wind modelo 2001.

Por sobre el tablero anteriormente descrito, está ubicado el panel de iluminación en posición horizontal, con 110cm de ancho, 20cm de alto y de ancho 50 cm de profundidad, en el que están incrustados 2 “ojos de buey” con focos de tecnología led de 100 watts.

Obtención de los diferentes materiales para la construcción del tablero interactivo como son los sensores, actuadores, el tablero de instrumentos, conector de diagnóstico, polea dentada, electro-ventilador, cuerpo de aceleración, ECU, bujías, cables de bujías, probetas de medición, baso de precipitación, taladros, entre otras cosas complementarias.

Para la obtención de los elementos menos comunes, se realizaron varios viajes a otras ciudades en las que fue factible adquirirlas puesto que en las ciudades de Ibarra y Otavalo fue imposible su adquisición. Esto sucedió con el tablero de instrumentos del vehículo Chevrolet Corsa Wind modelo 2001, conector de diagnóstico, riel de inyectores, polea dentada, el cuerpo de aceleración, entre otras.

Los demás partes constitutivas del tablero fueron encontrados en la ciudad de Otavalo.

Para la ubicación de los componentes en la maqueta interactiva, se tomó en cuenta la posición de los componentes en el vehículo Chevrolet Corsa Wind, con esto se los ubico lo más parecido al vehículo para ayudar a los estudiantes a identificar de manera más interactiva los sensores y actuadores, de esta manera poderlos ubicar en un vehículo en funcionamiento.

A continuación se realizó la ubicación de los arnés de conexión, por la parte posterior del tablero sin que quede a la vista; ya que el arnés de conexión que se adquirió era original de un vehículo, solamente se procedió a ubicar en el tablero y realizar el respectivo paso de los conectores de cada uno de los sensores y actuadores hacia la parte delantera del tablero.

Algunos conectores no tenían la distancia adecuada para llegar a su respectivo sensor o actuador, por lo que se aumentó cable de conexión hasta llegar a la distancia deseada.

Con todos los componentes correctamente ubicados y conectados, se procedió a realizar una reconexión por la parte posterior en los diferentes cables de conexión para colocar los pines para la toma de datos, facilitando a los estudiantes al momento de trabajar en el tablero.

Debido a que se necesita generar movimiento circular para simular el movimiento del motor, se fijó 1 taladro con velocidad regulable para simular este movimiento, y se lo conecto con un eje construido a medida a la polea dentada con el sensor CKP. Para realizar las pruebas en este sensor, se utilizó el escáner especializado, llegando a tener lecturas que oscilan entre las 0 a 2700 RPM, al ser una maqueta netamente didáctica, no es necesario un número más alto de RPM

De manera muy similar se utilizó otro taladro para generar movimiento en el velocímetro, ya que este envía una señal a la ECU muy necesaria para un correcto funcionamiento. Con esta se logró hacer girar al velocímetro a una velocidad de 140 km/h, muy similar a la velocidad que alcanza un vehículo y a los límites permitidos por la ley.

El sensor de oxígeno se ubicó bajo la polea dentada, con un recubrimiento en amianto para evitar que el calor emanado por la fuente de calor no afecte el funcionamiento del sensor CKP, las pruebas realizadas en este sensor, se dieron sometiéndolo a contacto directo con una fuente de calor, logrando simular el funcionamiento del mismo con los gases de escape.

Debido a que el sensor de posición de la aleta de aceleración TPS y el actuador IAC (intake air control), están montados en el cuerpo de aceleración, para motivos didácticos se montó uno en el tablero. Para observar el funcionamiento que realiza la válvula IAC, se realizó un corte en el cuerpo de aceleración, así se logró observar la apertura y cierre de la misma.

Para accionar la mariposa de aceleración, se colocó un cable muy parecido al original, con la diferencia que este se extendía desde la parte superior al tablero de control, uno de sus extremos se encuentra enlazado con la mariposa y el otro con un mango que facilita el accionamiento, al momento de realizar las pruebas se comprobó que con un 0% de accionamiento se tenía un voltaje de 0,4 voltios y al estar accionado un 99% se tiene un voltaje de 4,8 voltios, lo que corresponde al funcionamiento normal en un vehículo.

La bobina de encendido, la cual se encarga de proporcionar un voltaje alto a las bujías, para producir la chispa necesaria para la combustión, este vehículo cuenta con una bobina de 2 cuerpos, es decir genera la chispa para los cilindros 1-4 y 2-3 simultáneamente; desde esta se une mediante cables especiales la bobina a la bujía, la cual es la encargada de producir la chispa necesaria para la combustión.

Se constató que la bobina instalada en el tablero, genera un voltaje correcto para producir la chispa en la bujía, así como en el tiempo exacto sincronizado con la inyección de combustible. Se debe tomar la precaución de no topar las bujías cuando el tablero esté en funcionamiento, ya que al ser un voltaje muy alto puede provocar daños personales.

Los inyectores de combustible, que son los encargados de entregar la cantidad correcta y en el tiempo preciso, van montados en un riel especialmente diseñada, con un regulador de presión.

El tablero permitió observar cómo se realiza la inyección de combustible y en qué orden, el tablero también puede ser utilizado como un comprobador de inyectores, ya que nos permite constatar la calidad en la pulverización del combustible y consecuentemente el estado de los inyectores.

El sensor MAP, es el encargado de informar a la ECU sobre la depresión que se forma en el múltiple de admisión, este funciona mediante un diafragma que genera una resistencia según sea la fuerza de vacío que actúa sobre el mismo.

En el tablero al no tener el vacío generado por el motor, se procedió a simularlo mediante una jeringuilla, conectada por cañerías al sensor MAP, logrando simular correctamente el funcionamiento del sensor en un vehículo en funcionamiento.

El sensor IAT, es el encargado de censar la temperatura del aire que ingresa al múltiple de admisión, este va montado antes de la mariposa de aceleración, después del filtro de aire.

En la maqueta se lo monto en una base de acrílico construida a medida, ya que mide la temperatura del aire que ingresa al múltiple, este se lo puede tomar como la temperatura del aire ambiente, por lo que se lo dejo al ambiente, logrando una correcta medida en comparación con un vehículo en funcionamiento. Este sensor puede presentar variaciones en su voltaje cuando la temperatura ambiente varía en varios grados centígrados.

Para simular la temperatura que alcanza el líquido refrigerante, se utiliza una probeta de 1000 ml, con una niquelina controlada desde el tablero principal, en esta se encuentran sumergidos tanto el sensor ECT como el trompo de temperatura, que permite que trabaje el manómetro de temperatura presente en el tablero de instrumentos.

Para realizar las pruebas en este sensor, se utilizó líquido refrigerante, presentado el inconveniente que llegaba al punto de ebullición a los 89°C, sin activar el electro ventilador instalado en la maqueta; se intentó otra prueba con agua común, logrando una temperatura de ebullición de 93°C, sin lograr la activación del electro ventilador. Por último se utilizó líquido de frenos, ya que tiene un punto de ebullición más alto, al activar la niquelina, el líquido de frenos no llegó al punto de ebullición, lo que permitió observar que el electro ventilador se enciende a los 103°C. Para tener una lectura correcta de la temperatura del líquido refrigerante, se utilizó un escáner especializado que nos permitía leer correctamente utilizando el mismo sensor ECT.

El tablero de instrumentos, aparte de indicar la velocidad y la temperatura del refrigerante, nos ayuda a identificar los códigos de falla mediante la lámpara MIL (mal function indicator lamp), este es un foco de color amarillo, con una figura de un motor o a su vez se la suele encontrar con las palabras CHECK ENGINE. Cuando esta se enciende es debido a que se tiene códigos de falla almacenados en la ECU.

La lámpara MIL del tablero de instrumentos colocado en la maqueta siempre permanece encendida y registra códigos de

falla, esto debido a que es un tablero interactivo y varios de los sensores están programados para trabajar en conjunto, y al no tener concordancia un sensor con otro, se generan códigos de falla.

Por último se instaló la caja de fusibles y relés, ya que en esta se encuentra el conector de diagnóstico, muy importante para el tablero ya que este permite establecer una comunicación entre la ECU y el escáner, para poder monitorear el trabajo de los diferentes sensores y actuadores y a su vez leer los códigos de falla.

Al ser un conector OBD-1, tiene una figura en particular, ya que las patentes del vehículo Chevrolet Corsa Wind modelo 2001, corresponden a la marca Opel, se debe utilizar un adaptador especial para la lectura de códigos de falla.



Ilustración 1 Maqueta de simulación finalizada.

D. *Discusión.*

Los sistemas de inyección no han cambiado mucho desde el sistema MPFI, la mejora más importante es la homologación de los sistemas de diagnóstico al sistema OBD-2, donde los conectores son universales así como los códigos de falla, facilitando al momento de realizar mantenimientos y diagnósticos.

En si los sensores y actuadores no se han modificado, solamente la manera de interpretar los códigos de falla se han homologado para todas las marcas, ya que en los sistemas OBD-1, cada constructor tenía su código de fallas así como su propio conector de comunicación.⁵

Es así que la maqueta proporciona una manera interactiva de observar el funcionamiento de cada uno de los sensores y actuadores, además de aprender a medir correctamente los valores de los mismos.

E. Referencias.

¹Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes de transportes, requisitos. "AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA." INEN, Primera edición. Quito 2002.

² Pacheco, Dennis Costa, and José L. Carmona. 2008. "2009 Dodge JOURNEY." *Caribbean Business* 36, no. 25: 42-44. Business Source Complete, EBSCOhost (accessed June 3, 2015)

³IC Rodríguez,
<http://www.tutallermecanico.com.mx/recursos/catalogo/17.pdf>, pag 6.

⁴E. C. Serrano. "Sistemas de inyección Electrónica de Gasolina. Ediciones América. Quito 2006.

⁵ Inyección Diesel Con Gestión Electrónica [e-book]. Ediciones Paraninfo, S.A; 2001. Available from: Gale Virtual Reference Library, Ipswich, MA. Accessed May 26, 2015