

# Diseño y Construcción de un Tablero de Simulación para un motor con Sistema de Inyección electrónica.

Jipsson Fernando Villarreal Bolaños, Dennis Jonathan Lara Soto

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Mecánica Automotriz, FICA, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, Ibarra, Ecuador

jipssonfv4@hotmail.com, [denosjona@hotmail.es](mailto:denosjona@hotmail.es)

## Resumen.

La carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz ha identificado la necesidad de contar con un banco de pruebas para un motor con sistema de inyección electrónico en el taller de prácticas de la carrera, que tenga como características indicadores numéricos y ondas de funcionamiento en cada sensor con sus respectivos datos de alimentación, masa y señal[4]. El objetivo del Proyecto es construir un tablero electrónico para el análisis del funcionamiento, diagnóstico y detección de fallas en un motor; que facilite la variación de las señales de los sensores en un régimen requerido. El tipo de investigación es de carácter tecnológico-bibliográfica y los métodos de estudio utilizados en la investigación son analítico-sintético y el de ensayo-error. La metodología se basó en medir, variar y monitorear los sensores del sistema de inyección electrónica del motor [5], y así obtener resultados que se compararon con información bibliográfica obtenida en el manual de taller[14], para identificar sus variaciones y posibles causas. En el diseño de este tablero se utilizan softwares de análisis y diseño asistidos por computadora[13]; en la construcción del hardware se usó una tarjeta DAQ y módulos de relés. Con el desarrollo del Proyecto se obtiene un tablero de pines y un interfaz entre el computador y el motor.

## Palabras Clave

Banco de pruebas, inyección electrónica, indicadores numéricos, ondas de funcionamiento, monitoreo de sensores.

## Abstract.

The Engineering Automotive Maintenance career has identified the need to have a scheme a test for an engine with electronic injection system in the auto-repair shop practices of the career, which has the characteristics

numerical indicators and wave operation of each sensor with respective data supply, ground and signal [4]. The aim of the project is to build an electronic board for performance analysis, fault detection and diagnosis in an engine; facilitating the variation of sensor signals in a required regimen. The research is technology-literature character and study methods used in the research are analytic-synthetic and trial-error. The methodology was based on measuring, monitoring and vary sensors of electronic fuel injection system of the engine [5], and obtain results were compared with literature data obtained in the auto-repair shop manual [14], to identify possible causes and variations. In designing this board used analysis software and computer design [13] assisted; hardware in building a DAQ board and relay modules are used. With the development of the Project obtained board pin and an interface between the computer and the engine.

## Keywords

Test bench, fuel injection, numerical indicators, waves of operation, monitoring sensors.

## 1. Introducción

El diseño y construcción de un tablero de simulación del sistema de inyección del motor Chevrolet Aveo, es un tema de vital importancia para Ingenieros Mecánicos Automotrices y personas afines en el área automotriz, ya que permite de forma sencilla, mediante el uso de un sistema programable creado en un ordenador[13], que en interfaz con el motor mediante una tarjeta de datos se genere fallas, variaciones notables y comunes en sensores y actuadores[7], considerando datos de funcionamiento obtenidos de cada uno de ellos para realizar una tabla comparativa de valores entre los datos obtenidos y los que otorga el manual de taller del vehículo[14], y así tener características propias de cada falla.

El objetivo general se enfoca en diseñar y construir un tablero para simular datos del sistema de inyección de un motor [8], el desarrollo del Proyecto se logró a través de los objetivos específicos como diseñar un diagrama del tablero[11] para la ubicación de los distintos sensores, actuadores y la ECU, con su respectiva distribución de corriente y el montaje de los elementos e implementos necesarios para el funcionamiento del tablero[10]. Además, se realizaron una serie de pruebas enfocadas a verificar el buen funcionamiento del tablero mediante curvas y comparación de datos, pudiendo así realizar un estudio sobre los datos enviadas por los sensores hacia la ECU, y de esta a los actuadores, tanto cuando el sistema se encuentra en buen funcionamiento como cuando se genera una de las fallas planteadas en el sistema[4].

Finalizado el Proyecto se obtuvo una serie de conclusiones, que ayudan a identificar características importantes como: obtener datos reales de señales de sensores y actuadores, tanto en contacto, ralentí y altas revoluciones[1]. También se pudo encontrar la falla más notoria en cada sensor, lo que permite identificar síntomas como desestabilización del motor, consumo de combustible, encendido del checkengine, falta de aceleración, ahogamiento, entre otros, que son propios de cada falla[6], y los cuales se detallan en el Proyecto. Además, se considera al Proyecto como un sistema de alta precisión, porque puede medir una variación decimal de hasta el sexto dígito[13].

## 2. Materiales y Métodos

En el desarrollo del proyecto se logró una investigación tecnológica porque se implementa algo innovador, que es crear un sistema programable donde de manera controlada por un ordenador se pueda medir, variar y abrir el circuito de señal de cada uno de los sensores[13] las cuales son recibidas por la ECU, quien procesa y genera una respuesta de trabajo a los actuadores; este sistema innovador permite una adquisición de datos de forma numérica y gráfica, para mejorar el rendimiento del motor e identificar la ubicación de la falla en el mismo de manera más eficaz.

### 2.1 Metodología

Dentro de este proyecto se usa un método analítico-sintético que tiene como fin explorar toda la información relacionada con el tema de grado, logrando así reafirmar conocimientos y adquirir nueva información. Esta información es tomada de libros referentes a inyección electrónica, ECU, inyectores, actuadores y códigos de

fallas, es decir a todo lo relacionada con la gestión electrónica de un vehículo[2], esta documentación se encontrará en la web, en libros de la biblioteca de la universidad y en libros de investigación referente al tema; además se busca ayuda de personas especializadas en los aspectos mencionados anteriormente. Toda información encontrada es sintetizada para identificar una realidad y un problema actual y de esta forma buscar la solución mediante la implementación de un proyecto innovador en un tema de interés social, tecnológico, educativo.

También es fundamental usar el método ensayo error donde se realiza pruebas de funcionamiento enfocadas a la detección y corrección de errores que se pueden presentar en el diseño, ensamblaje y funcionamiento del tablero de adquisición de datos, para corregir averías y obtener un funcionamiento adecuado del tablero.

### 2.2 Materiales

En el proyecto ya mencionado se usó un motor de 1.6L con 16v DOHC (Doble Árbol de Levas) del año 2006; considerando que tiene gran accesibilidad en repuestos y accesorios a un precio económico. A continuación se detalla la ficha técnica del motor [14] indicado en la siguiente tabla.

TABLA I. FICHA TÉCNICA DEL MOTOR UTILIZADO EN EL PROYECTO

Motor	
<b>Motor</b>	1.6L 16v (103hp)
<b>Potencia (HP / Rpm)</b>	103 / 6000
<b>Volumen del Motor</b>	1598 cm <sup>3</sup>
<b>Torque kg-m (Nm) / RPM</b>	14.7/3600
<b>Sistema de combustible</b>	Inyección Multipunto
<b>Distribución</b>	DOHC
<b>Posición de los cilindros</b>	Lineal
<b>Número de cilindros</b>	4
<b>Diámetro del cilindro</b>	79 mm.
<b>Carrera del cilindro</b>	81,5 mm.
<b>Relación de compresión</b>	9.5
<b>Válvulas por cilindro</b>	4
<b>Bloque /culata</b>	Hierrofundido / aluminio
<b>Combustible</b>	Gasolina
<b>Bomba de gasolina</b>	Electrónica
<b>Sistema de encendido</b>	Electrónico

Continuando con el desarrollo del proyecto se realiza un plano técnico de la estructura donde se montará el motor con sus respectivos accesorios. La estructura se diseña en el programa Solidworks con especificaciones de espesor y respectivas mediciones. Se muestra en la siguiente ilustración, la vista isométrica del diseño de la estructura donde se aprecia sus elementos y respectivas acotaciones.

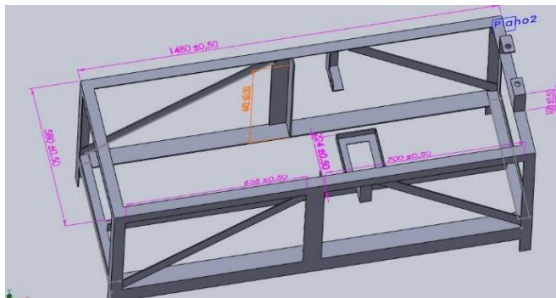


Figura 1: Diseño de la estructura en Solidwork que será de soporte en el motor.

Un elemento de gran importancia en el proceso de construcción del proyecto es la ECU (Unidad de control Electrónico) que se conforman de 2 módulos A y B de 32 pines cada uno. El módulo A es el principal ya que alberga la totalidad de los sensores, en cambio el módulo B tiene la misma cantidad de pines, que se enfoca a los actuadores y accesorios eléctricos[14].

Otros dispositivos fundamentales son los módulos relés que amplifican el amperaje (mA)[12], puesto que la tarjeta de adquisición de datos (DAQ) no abastece para activar un solo relé. Con este módulo se puede amplificar los 200 mA, que brinda la DAQ a 20mA que necesita el relé. Entre las características más notables tenemos: canales independientes protegidos con optoacopladores, relés de 1 polo 2 tiros, el voltaje de la bobina del relé es de 5 V, led indicador para cada canal (enciende cuando la bobina se activa), pueden ser controlado directamente por circuitos lógicos[11].



Figura 2: Módulo relé del tablero.

La DAQ 6008 es una tarjeta de adquisición de datos no muy común en nuestro medio, utilizado por electrónicos y electromecánicos y muy poco en el ámbito automotriz; permite una programación sencilla y fácil; facilitando la adquisición y monitoreo de datos.

Esta tarjeta facilita una sincronización e interfaz con un ordenador que tenga instalado el software Labview, para monitorear, evaluar y registrar datos que se obtienen de un sistema, sea de un automotor, una empresa o industria[13].

Se caracteriza por poseer 12 puertos digitales, que generan un amperaje de 200mA, los cuales pueden usarse como entradas y salidas; también posee 10 puertos analógicos, que generan un amperaje de 10mA, de los cuales 8 puertos se usan como entradas y 2 puertos como salidas. Las cualidades más importantes de esta tarjeta son su precisión y resolución, con las cuales se puede obtener datos con variaciones mínimas y a una iteración muy pequeña (en milésimas de voltaje) [10].

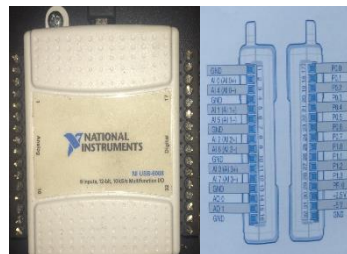


Figura 3: Tarjeta de Adquisición de Datos con su distribución de pines

### 3. Resultados

Al finalizar el diseño de la estructura se realiza cálculos de resistencia utilizando la opción de simulador de fuerzas de Solidworks para verificar si esta soporta el peso que genera el motor. En las siguientes figuras se observa los cálculos realizados en la estructura de forma dinámica basándose en los principios de Von-Mises.

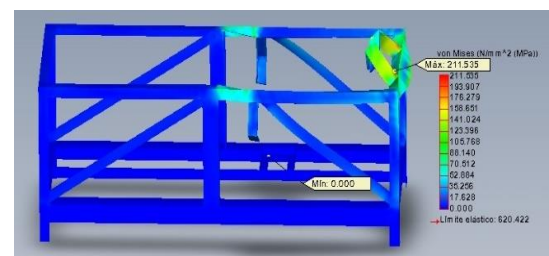


Figura 4: Desplazamientos Estáticos (vonMises)

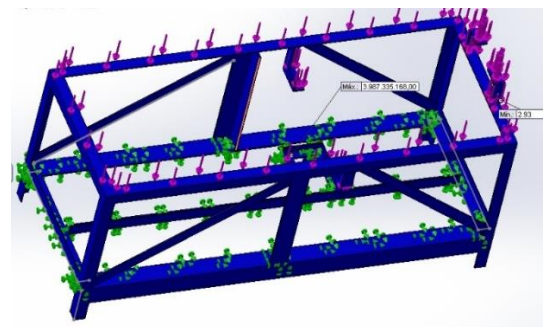


Figura 5: Análisis estático tensión nodal Stress (vonMises)

Uno de los resultados obtenidos es la capacidad de generar códigos de fallas, entre la más notable es el proceso que cortar el circuito de voltaje de un sensor o actuador, siendo masa, alimentación o señal[12]. Su funcionamiento empieza al conectar a un módulo relé que interfaza con la tarjeta DAQ, y esta con el programa Labview activa o desactiva dicho relé, y así abrir o cambiar el circuito del sensor o actuador.

Para generar la falla más notable en el sensor, se toma en consideración condiciones como: tipo de señal, fuente de alimentación, forma de onda y tipo de masa, que son características propias de los distintos sensores y actuadores, que se encuentran en el motor[1].

Al finalizar el Proyecto, se tiene un sinnúmero de componentes que trabajan en conjunto y que permiten el correcto funcionamiento del sistema diseñado. Dentro de las pruebas a realizar, es necesario revisar el óptimo trabajo de todos los elementos que intervienen, para de esa forma garantizar que los datos obtenidos sean reales. Los elementos que se usan en el Proyecto se indican en la siguiente tabla, verificando si el funcionamiento es correcto.

TABLA II: VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE CADA UNOS DE LOS ELEMENTOS EN EL TABLERO

**Verificación de funcionamiento de los elementos**

Elementos	Funcionamiento
Módulo Relé.	Correcto
Tarjeta DAQ.	Correcto
Programa en Labview.	Correcto
Cables de conexión entre la DAQ y el módulo relé.	Correcto
Corte de voltaje en sensores y actuadores.	Correcto
Interfaz entre el módulo relé, DAQ y la programación.	Correcto

Al finalizar el Proyecto, se obtiene las mismas señales (voltajes) en diferentes puntos del tablero de simulación, los cuales son: un tablero de pines, los sensores y tarjeta DAQ (en el programa Labview), que se diferencian por su capacidad de captar las variaciones existentes en los voltajes de cada sensor. En los sensores y tablero de pines se realiza la medición con un multímetro, el cual presenta una variación con dos decimales con retardo de un segundo; en cambio, en el programa Labview mediante la tarjeta DAQ, se presenta una variación hasta de seis decimales en tiempo real.

Una de las características más importantes del Proyecto es la capacidad del tablero para generar fallas en los sensores y actuadores del motor, dependientemente de la demostración que se desee hacer. Al abrir un circuito de voltaje para cortar alimentación, masa y señal de un sensor o actuador, se obtienen valores de voltaje diferentes a los que generan los elementos electrónicos mencionados en buen estado.



Figura 6: Proyecto en su estado final y en funcionamiento

Otro resultado obtenido es la programación realizada dentro del desarrollador Labview; se tiene como áreas de trabajo dos ventanas: la primera, corresponde al panel frontal donde se observa toda la forma estética del Proyecto, entendiéndose por esta tamaño, color, tipo de instrumentos como: botones, gráficas e indicadores; en cambio, en la segunda, se observa el diagrama de bloques donde se encuentra toda la programación gráfica que tiene el Proyecto en general y donde está desglosado cada una de sus partes.

## 4. Conclusiones

Los valores de voltaje obtenidos a través de la interfaz Labview y tarjeta DAQ 6008, tienen un rango de variación promedio del 3%, respecto a las lecturas tomadas con el multímetro directamente en los sensores del motor; por tal razón, cumplen con las necesidades requeridas en el presente Proyecto.

Las principales limitantes de operación de la tarjeta de adquisición de datos DAQ se enfocan en sus puertos análogos y digitales. Los primeros, no reciben señales mayores a 10v; y los segundos, generan un voltaje máximo de 5v a un amperaje de 8,5 mA, valor de corriente que no es suficiente para activar un relé; por lo que, es necesario el uso de un módulo de optocopladores para amplificar el valor de dicho amperaje.

La conexión en paralelo de los diferentes circuitos de alimentación, masa, señal de sensores y actuadores del sistema de inyección del motor, permite simular fallas y realizar lecturas de voltaje, sin afectar el funcionamiento normal del motor.

La generación de fallas del tablero de simulación se la realiza interrumpiendo una de las líneas de alimentación del sensor o actuador; pues, mediante la utilización de módulos relés ubicados en serie con dichas líneas, se logra producir fallas en el funcionamiento normal del motor.

Conociendo las especificaciones de la DAQ se realiza el cálculo y comprobación de datos, con los cuales se puede concluir que la precisión y resolución de los datos adquiridos son muy eficientes; pues, permiten identificar

variaciones de 0,14 voltios en cada uno de los sensores con 4000 iteraciones por segundo, teniendo así datos reales y precisos.

## Agradecimientos

Agradecemos el valioso aporte del Mcs. Fredy Rosero al compartir conocimientos relacionados al proyecto, y a la revisión del mismo en su desarrollo tanto de manera escrita como práctica.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Arellano Parada. 2008. Manual modulo a-8, Primera edición.
- [2] BOSH. Sistema de inyección electrónica.
- [3] BOSH, Robert, Manual de la técnica del automóvil, 2005, Alemania, 4ta Edición.
- [4] Chiavetto, Gabriel, Curso de inyección electrónica, 2010, Buenos Aires, Leicester – San Justo.
- [5] Coello Serrano, Efrén, Sistemas de Inyección Electrónica de gasolina, 2002
- [6] Gil, Hermógenes, Manual del automóvil reparación y mantenimiento, 2005, Madrid-España, ANETO-ETAI, Segunda edición.
- [7] Pallas Ramón, Sensores y Accionadores de Señal, 2005, Marcombo. 4ta Edición.
- [8] Ribbens William, Electrónica automotriz, 2007, LIMUSA.
- [9] Rueda Jesús, Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz Segunda generación, 2010 Colombia, Diesel Editores, segunda edición.
- [10] Boylestad Robert, Introducción al análisis de circuitos, 2006, México, Pearson Educación, Décima edición
- [11] RelaAgustin, Electricidad y Electrónica, 2010, Argentina, Ministerio de Educación
- [12] Miraya Federico, Conversores D/A y A/D, 2004, segunda edición
- [13] National Instruments Corporation, LabVIEW™ Core 1 Manual de Curso, 2010.
- [14] General Motors (Chevrolet), Manual de taller del vehículo Chevrolet Aveo, 2006.

## Autores:

**Jipsson VILLARREAL**, tuvo su educación inicial en el Jardín de infantes “1ero de Mayo” (Carchi, Bolívar), su educación General Básica en la escuela “Manuel Quiroga” (Carchi, Bolívar), su Bachillerato con la especialidad de Físico Matemático en el colegio “Fiscomisional Sánchez y Cifuentes” (Imbabura, Ibarra) y culminó su carrera de Ingeniería en Mantenimiento Mecánico Automotriz en la universidad “Técnica del Norte” (Imbabura, Ibarra).

**Denis LARA**, tuvo su educación inicial en el “Jardín de infantes Ángel de la Guarda” (Pichincha, Quito), su educación General Básica y su Bachillerato con la especialidad de Físico Matemático en la Unidad Educativa “San Pedro Pascual” (Pichincha, Quito) y culminó su carrera de Ingeniería en Mantenimiento Mecánico Automotriz en la universidad “Técnica del Norte” (Imbabura, Ibarra).