**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

# "ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL".

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**CARLOS ALEJANDRO CHUCUYAN PEREZ**

**GUAYAQUIL- SEPTIEMBRE 2016**

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

## CERTIFICADO

Ing. Edwin Puente

**CERTIFICA:**

Que el trabajo titulado **"ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL."** realizado por el estudiante: **CARLOS ALEJANDRO CHUCUYÁN PÉREZ,** ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Carlos Alejandro Chucuyán Pérez, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Septiembre 2016

Ing. Edwin Puente Moromenacho.

Director de Proyecto.

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

**Yo, CARLOS ALEJANDRO CHUCUYÁN PÉREZ**

**DECLARO QUE:**

La investigación de cátedra denominada: **"ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL.",** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Carlos Alejandro Chucuyán Pérez

C.I. 092537107-2

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

## AUTORIZACIÓN

**Yo, CARLOS ALEJANDRO CHUCUYÁN PÉREZ**

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **"ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL."** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Septiembre 2016

Carlos Alejandro Chucuyán Pérez

C.I. 092537107-2

# DEDICATORIA

Dedico el cumplimiento de este sueño a:

Dios, el guía de mis metas y las fuerzas de mi esperanza, cual confió ciegamente en él y su grande misericordia y sabiduría.

A mi abuela Teresa Ortega Robayo, quien por su perseverante trabajo nos ha tendido la mano para vivir y progresar de manera privilegiada tanto profesionalmente y moralmente.

A Carlos y Eugenia, el motivo de mi existencia en este tiempo y espacio quien me dieron la vida y me siento orgullosos de ellos, mis queridos padres.

A mis hermanas y mis amigos, sobrina y tíos, quienes gracias a ellos tengo la dicha de vivir momentos felices y siempre saber que cuento con ellos en todo momento.

A mi compañera fiel Krystel, quien me ha brindado su apoyo condicional y ganas de seguir adelante para poder terminar mi carrera.

# AGRADECIMIENTO

A la Universidad Internacional del Ecuador Sede Guayaquil, donde puede formarme en el ámbito profesional con bases y conocimientos solidos con respecto a la carrera y al buen vivir.

A mis profesores de la Universidad Internacional del Ecuador Sede Guayaquil de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, por sus enseñanzas adquiridas en el transcurso del desarrollo de la carrera que me acogieron en su gran familia, me ayudaron con sus conocimientos para hacer la posible conclusión de este proyecto.

A mis compañeros de la carrera de la Ingeniería Mecánica Automotriz, por su apoyo y amistad brindada durante todo el tiempo compartido y el día a día vivido juntos en la carrera del aprendizaje diario.

# INDICE GENERAL

CERTIFICADO ..... II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD ..... III
AUTORIZACIÓN ..... IV
DEDICATORIA ..... V
AGRADECIMIENTO ..... VI
PRÓLOGO ..... XV
RESÚMEN ..... XVII
ABSTRACT ..... XIX
INTRODUCCIÓN ..... XXI
CAPÍTULO I ..... 22
1.1. Planteamiento del problema ..... 22
1.3. Sistematización del Problema ..... 23
1.4. Objetivos de la Investigación ..... 24
1.4.1. Objetivo General ..... 24
1.4.2. Objetivos Específicos ..... 24
1.5. Justificación ..... 24
1.5.1. Justificación Teórica ..... 24
1.5.2. Justificación Metodológica ..... 25
1.5.3. Justificación Práctica ..... 25
1.5.4. Delimitación Temporal ..... 26
1.5.5. Delimitación Geográfica ..... 26
1.6. Hipótesis de Trabajo ..... 27
1.6.1. Variables de Hipótesis ..... 27
1.6.1.1. Variable independiente ..... 27
1.6.1.2. Variable dependiente ..... 27
1.7. Antecedentes ..... 28
1.7.1. Reseña del Chevrolet Sail ..... 28
1.7.2. Sistema del acelerador electrónico Chevrolet Sail ..... 29
1.7.3. Especificaciones del Vehículo Chevrolet Sail ..... 29
1.8. Combustible Ecopaís ..... 31
CAPÍTULO II ..... 32
MARCO TEÓRICO ..... 32
2.1. Generalidades del sistema del acelerador electrónico ..... 32
2.2. Sistema del acelerador con control electrónico ..... 34

2.2.1. Ventajas del sistema del acelerador electrónico ..... 36
2.3. Componentes del sistema del acelerador electrónico ..... 36
2.3.1. Pedal de posición de aceleración electrónico (APP) ..... 38
2.3.1.1. Parte interior del módulo del pedal del acelerador electrónico ..... 40
2.3.2. La unidad de control electrónico del vehículo sail ..... 42
2.3.2.1. Funciones de la ECM ..... 44
2.3.2.2. Almacenamiento de la información de la ECU ..... 46
2.3.2.3. Control del tiempo de inyección ..... 47
2.3.2.4. Control de inyección de combustible ..... 47
2.3.2.5. Sensores ..... 48
2.3.2.5.1. Sensor de posición del cigüeñal ..... 48
2.3.2.5.2. Los sensores de posición del árbol de levas ..... 49
2.3.2.5.3. De posición del acelerador throttle position (TP) del sensor ..... 52
2.3.2.5.4. Supervisión del catalizador sistema de sensor de oxígeno ..... 54
2.3.2.5.5. Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) ..... 55
2.3.2.5.6. Sensor de Velocidad del Vehículo (VSS) ..... 57
2.3.2.5.7. Sensor de presión absoluta (MAP) ..... 57
2.3.2.5.8. Sensor de detonación o de picado (KS) ..... 58
2.3.2.6. Actuadores ..... 59
2.3.2.6.1. Inyectores ..... 59
2.3.2.6.2. Válvula de recirculación de gases de escape ..... 60
2.3.2.6.3. Bobinas de encendido ..... 61
2.3.3. Cuerpo del acelerador electrónico (TAC) ..... 62
2.3.3.1. Componentes y funcionamiento interno del módulo del cuerpo de aceleración electrónico ..... 64
2.3.3.2. Regulación de la marcha mínima y régimen bajo ..... 65
2.3.3.3. Aceleración y régimen altos ..... 66
CAPÍTULO III ..... 67
CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS ..... 67
3.1. Material para el armado de la estructura del banco de pruebas ..... 67
3.2.1. Material de la estructura del banco de pruebas ..... 67
3.2.2. Diseño del panel del banco de pruebas ..... 68
3.2.2. Materiales para el montaje de elementos del sistema de inyección ..... 70
3.3. Instalación de los componentes del sistema de inyección electrónica del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail ..... 72
3.3.1. Instalación del sensor MAP ..... 72

3.3.2. Instalación del sensor IAT ..... 73
3.3.3. Instalación del pedal de aceleración ..... 74
3.3.4. Instalación del sensor de posición del árbol de levas ..... 74
3.3.5. Instalación del sensor de posición del cigüeñal ..... 75
3.3.6. Instalación del sensor de temperatura ..... 76
3.3.7. Instalación de sensor de detonación ..... 77
3.3.8. Instalación del sensor de velocidad ..... 78
3.3.9. Instalación del switch de encendido ..... 78
3.3.10. Instalación del cuerpo de aceleración electrónica ..... 79
3.3.11. Instalación de la válvula EGR ..... 80
3.3.12. Instalación de las bobinas de encendido ..... 80
3.3.13. Instalación de los inyectores ..... 81
3.3.14. Instalación de la ECM ..... 82
3.3.15. Instalación del puerto OBDII ..... 83
3.3.16. Instalación de la caja de fusibles ..... 83
3.3.17. Instalación del catalizador ..... 84
3.3.18. Instalación del manómetro de combustible ..... 84
3.3.19. Instalación de la válvula EVAP ..... 85
3.3.20. Instalación del EVAP ..... 85
3.3.21. Instalación del filtro de combustible ..... 86
3.3.22. Instalación del tanque y bomba de combustible ..... 87
3.3.23. Instalación del tablero de control ..... 87
3.4. Instalación de elementos auxiliares del banco de pruebas ..... 88
3.4.1. Instalación de la fuente de poder modelo AS-350-12 ..... 88
3.4.2. Instalación del conector de alimentación ..... 89
3.4.3. Instalación de botón de parado de emergencia ..... 89
CAPÍTULO IV ..... 91
ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL ..... 91
4.1. Pedal Electrónico del Vehículo Chevrolet Sail. ..... 91
4.1.1. Módulo del pedal del acelerador electrónico ..... 93
4.2. Unidad de control electrónico del motor (ECM) ..... 96
4.2.1. Descripción de los Pines de la ECM del Chevrolet Sail Motor S4A ..... 97
4.3. Cuerpo del acelerador electrónico del vehículo Chevrolet Sail ..... 97
CAPÍTULO V ..... 102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 102

5.1. Conclusiones ..... 102
5.2. Recomendaciones ..... 103
BIBLIOGRAFÍA ..... 104
ANEXOS ..... 106
ANEXO 1 ..... 107
ANEXO 2 ..... 111

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la universidad internacional extensión guayaquil ..... 26
figura 2. Chevrolet sail 1.4 l ..... 28
figura 3. Cuerpo de aceleración mecánico chevrolet aveo ..... 33
figura 4. Cuerpo de aceleración electrónico chevrolet sail ..... 34
figura 5. Tipos de accionamientos del pedal de aceleración ..... 35
figura 6. Partes del sistema del acelerador electrónico ..... 37
figura 7. Configuración de control del etc ..... 37
figura 8. Ubicación del app del chevrolet sail ..... 38
figura 9. Diagrama electrónico de comunicación entre el pedal y la ecm con un app de dos potenciómetros ..... 39
figura 10. Curva característica del app ..... 40
figura 11. Interior del módulo del app ..... 41
figura 12. Circuito de conexión del pedal de aceleración con la ecm ..... 42
figura 13. Parámetros que recibe la ecm ..... 43
figura 14. Funciones y partes de la ecu ..... 45
figura 15. Señal análoga y digital de voltaje que interpreta la ecu ..... 45
figura 16. Sensor ckp ..... 49
figura 17. Sensor cmp ..... 50
figura 18. Sensor de temperatura del refrigerante (ect) ..... 51
figura 19. Diagrama interno del tp con comunicación a la ecm ..... 53
figura 20. Sensor de oxigeno ..... 55
figura 21. Sensor iat ..... 56
figura 22. Sensor vss ..... 57
figura 23. Partes y funcionamiento del sensor map ..... 58
figura 24. Sensor de detonación ..... 59
figura 25. El inyector y sus partes ..... 59
figura 26 . Válvula egr ..... 60
figura 27. Bobinas de encendido tipo cop ..... 62
figura 28. Ubicación del cuerpo de aceleración electrónico ..... 63
figura 29. Comunicación entre el app, ecm y cuerpo de aceleración electrónico ..... 63
figura 30. Cuerpo de la mariposa del acelerador y sus componentes internos ..... 64
figura 31. Diagrama esquemático del funcionamiento del motor paso a paso ..... 65
figura 32. Pulsos entre ecu y motor ..... 66

figura 33. Señal pulsante al acelerar el motor ..... 66
figura 34 . Inicio del diseño para el banco de pruebas ..... 68
figura 35. Pegado del vinil sobre la lámina de acrílico..... 69
figura 36. Pegado de la lámina protectora sobre el vinil..... 69
figura 37. Diseño final del panel del banco de pruebas..... 70
figura 38. Montaje del sensor map ..... 73
figura 39. Montaje del sensor iat ..... 73
figura 40. Instalación del pedal de aceleración..... 74
figura 41. Instalación del sensor de posición del arbol de levas..... 75
figura 42. Instalación del sensor de posición del cigüeñal..... 76
figura 43. Instalación del sensor de temperatura..... 77
figura 44. Instalación del knock sensor..... 77
figura 45. Instalación del sensor de velocidad..... 78
figura 46. Instalación del switch de encendido ..... 78
figura 47. Instalación del cuerpo de aceleración electrónico ..... 79
figura 48. Instalación de la válvula egr ..... 80
figura 49. Instalación de las bobinas de encendido..... 81
figura 50. Instalación de los inyectores de combustibles..... 82
figura 51. Instalación de la ecm..... 82
figura 52. Instalación del puerto obdii..... 83
figura 53. Instalación de la caja de fusibles..... 83
figura 54. Instalación del catalizador ..... 84
figura 55. Instalación del manómetro ..... 85
figura 56. Instalación de la válvula evap..... 85
figura 57. Instalación del evap..... 86
figura 58. Instalación del filtro de combustible..... 86
figura 59. Instalación del tanque y bomba de combustible..... 87
figura 60. Instalación del tablero de control..... 88
figura 61. Fuente de poder del banco de pruebas..... 88
figura 62. Conector de alimentación..... 89
figura 63. Botón de parado de emergencia ..... 90
figura 64. Conector del ecm al app..... 92
figura 65. Modulo del pedal del acelerador electrónico del chevrolet sail..... 93
figura 66. Configuración interna del módulo del app del chevrolet sail con 2 tp .... 94
figura 67. Gráfica de voltaje vs porcentaje de aceleración..... 95
figura 68. Computadora ubicada a lado de la batería del vehículo..... 96

figura 69. Descripción de los pines del conector de la ecm del chevrolet sail. ..... 97
figura 70. Cuerpo de aceleración electrónico con su conector de 6 pines del chevrolet sail. ..... 98
figura 71. Descripción del conector de 6 pines del tac del vehículo chevrolet sail 98
figura 72. Diagrama electrico de comunicación entre el app, ecm y tac..... 101

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones del vehículo chevrolet sail ..... 30
Tabla 2. Rangos de funcionamientos del sensor ect ..... 52
Tabla 3. Listado de materiales..... 71
Tabla 4. Descripción del conector del app del chevrolet sail ..... 92
Tabla 5.Tensiones del sensor de posición del pedal del acelerador electronico vs porcentaje de apertura.....95
Tabla 6. Descripción de pines de la ecm del chevrolet sail ..... 107
Tabla 7. Descripción de los 6 pines del cuerpo de aceleración electrónico del vehículo chevrolet sail. ..... 99

# PRÓLOGO

La innovación con respecto al mundo automotriz se ha venido dando desde la época donde las carretas eran empujadas por caballos, luego autos con motores de combustión interna con principios mecánicos, y ahora estamos empezando a verlos como autos inteligentes, conectados, eh incluso autónomos y algún día levitando, cambiando la parte mecánica por netamente eléctrica, donde buscamos siempre la comodidad del usuario, confort y sobre todo la seguridad como medio de transporte y a su vez siendo amigable con el medio ambiente.

El sistema de inyección es uno de los sistemas más importantes para el funcionamiento de un vehículo y hemos decidido seleccionar al chevrolet sail del como modelo de prueba, debido a que es un vehículo que ha tenido una gran acogida desde su llegada al ecuador a finales del año 2011, y cuenta con partes y accesorios de fácil adquisición.

Para esto, decidimos diseñar y construir un banco de pruebas del sistema de inyección electrónica para el motor s4a del chevrolet sail, donde éste servirá para realizar prácticas para los estudiantes de la facultad automotriz en torno al sistema de inyección electrónico tomando en cuenta las especificaciones para este tipo de motor.

Se realizara el análisis del funcionamiento del sistema del acelerador electrónico del motor s4a del vehículo Chevrolet Sail ya que es un sistema que hoy

en día tiende a llevar la mayoría de los vehículos, donde este vehículo primordialmente es uno de los sistemas más básico y sencillo para poder aprender de manera efectiva, teniendo en cuenta que con comparación de los demás cumplirán el mismo principio pero variaran en forma y ubicación, ya que esto dependerá de cada fabricante.

Como elemento de apoyo se utilizara el manual de taller del Chevrolet Sail donde podremos ver su funcionamiento general y un poco más enfocado a la parte electrónica del sistema del acelerador.

Al momento de realizar las pruebas se tendrá en cuenta mucho las herramientas a usar y bajo qué parámetros realizar las mediciones para así poder obtener una determinada tabla de valores específicos de acuerdo a la carga exigida por el usuario al pisar el acelerador. De igual manera podremos simular las fallas en este sistema y así comprobar cómo se comporta de acuerdo a la falla seleccionada por el tutor.

# RESÚMEN

Básicamente se hizo un banco de prueba para el sistema de inyección electrónica del motor S4A del Chevrolet Sail, donde como objetivo principal de este tema es dar a conocer la parte del análisis del sistema de acelerador electrónico del Motor S4A del Vehículo Chevrolet Sail. Donde la función de esta tesis es brindar una herramienta que permita al estudiante a complementar de forma práctica los conocimientos teóricos sobre el sistema del acelerador electrónico del Chevrolet Sail y que abarque un poco con respecto a su funcionamiento, reconocimiento y análisis de partes de acuerdo a este sistema y su fabricante.

Al hablar de estudios y análisis se realizaran diferentes tipos de pruebas para obtener ciertos resultados, además de realizar comparaciones y mediciones de acuerdo a los datos obtenidos ya sean en funcionamiento del 100% del sistema o con alguna falla seleccionada. Toda esta información la obtuvimos revisando los manuales de talleres de Chevrolet con respecto al vehículo Sail, basándonos en cursos obtenidos certificados por la ASE (Automotive Servicie Excellence) y comprobando y verificándolo personalmente con las herramientas adecuadas como multímetro, osciloscopio y scanner.

En el Capítulo I, se encuentra la información que detalla el alcance, planteamiento del problema, objetivos, justificación e hipótesis que se han desarrollado en este proyecto y una breve reseña del vehículo Chevrolet Sail con sus especificaciones técnicas de fábrica y combustible que usara este vehículo.

En el Capítulo II, consta de una introducción y análisis del sistema del acelerador electrónico del vehículo Chevrolet Sail Motor S4A, funciones, partes y generalidades de este sistema.

En el capítulo III, se incluye el proceso de construcción del banco de pruebas del sistema del acelerador electrónico del vehículo Chevrolet Sail motor s4a con su respectiva instalación y montaje de los componentes.

En el Capítulo IV, se registran las pruebas y simulaciones de diagnóstico realizadas al sistema del Acelerador Electrónico del Vehículo Chevrolet Sail.

En el Capítulo V, se encuentran las conclusiones y recomendaciones del proyecto que sirven para su correcta manipulación y cuidado con respecto al banco de pruebas elaborado y análisis en general de lo mencionado.

# ABSTRACT

Basically developed a test bench for the electronic injection system of the engine S4A of the Chevrolet Sail, where as the main objective of this topic is to make known the part of the analysis of the system of electronic engine throttle S4A of Vehicle Chevrolet Sail. Where the function of this thesis is to provide a tool that will allow the student to complement in a practical way the theoretical knowledge of the system of electronic accelerator of the Chevrolet Sail and covering a bit with regard to its functioning, recognition and analysis of parties according to this system and its manufacturer.

To speak us of studies and analyzes are carried out different types of tests to obtain certain results, in addition to perform comparisons and measurements according to the data obtained are already in operation of 100 per cent of the system or with any failure selected. All this information was collected by reviewing the manuals of workshops of Chevrolet with respect to the vehicle Sail, based on courses obtained certificates by the Automotive Service Excellence (ASE) and checking and verifying personally with the proper tools as multimeter, oscilloscope and scanner.

In Chapter 1, find the information detailing the scope, approach the problem, objectives, rationale and assumptions that have developed in this project and a brief outline of the vehicle Chevrolet Sail with its technical and fuel factory will use this vehicle specifications.

In Chapter 2, an introduction and analysis of electronic throttle system of the vehicle Chevrolet Sail Motor S4A, functions, parties and generalities of this system is mentioned.

In Chapter 3, the construction process Tested System Electronic Throttle Motor Vehicle Chevrolet Sail S4A with their respective installation and assembly of components is included.

In Chapter 4, the diagnostic tests and simulations performed electronic throttle system Vehicle Chevrolet Sail recorded.

In Chapter 5, the conclusions and recommendations of the project to serve for proper handling and care with respect to the test and analysis made generally mentioned.

# INTRODUCCIÓN

El estudio del Sistema de Inyección Electrónica en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Automotriz UIDE Extensión Guayaquil, permite a los estudiantes adquirir los conocimientos teóricos sobre el funcionamiento del sistema de inyección electrónica aplicado en un vehículo; sin embargo ya en la parte práctica posee deficiencia, debido a que la facultad no cuenta con un banco de pruebas adecuado para este tipo de práctica. En donde nos enfocaremos en el Análisis del Funcionamiento del Sistema de Aceleración Electrónica del Motor S4A del vehículo Chevrolet Sail.

Para relevar la falta de un banco que sea de ayuda a los estudiantes para la realización de las prácticas, el presente proyecto propone la construcción de un banco de entrenamiento, donde se implemente el sistema de inyección electrónica.

Se selecciona al Chevrolet Sail como modelo de pruebas, ya que es un vehículo estándar y ha tenido una gran acogida desde su llegada al Ecuador a finales del año 2011, y gracias a su apariencia deportiva con buen desempeño y bajo consumo de combustible al ser un motor 1.4 se ha consolidado como uno de los más vendidos a escala nacional.

# CAPÍTULO I

# PRELIMINARES

## 1.1. Planteamiento del problema

La innovación con respecto al mundo automotriz se ha venido dando desde la época donde teníamos carretas empujadas por caballos, luego autos con motores de combustión interna con principios mecánicos, y ahora estamos empezando a verlos como autos inteligentes, conectados, e incluso autónomos y algún día cambiando la parte mecánica netamente eléctrica. Donde buscamos siempre la comodidad del usuario, confort y sobre todo la seguridad como medio de transporte y a su vez siendo ecológico para el medio ambiente.

Uno de los sistemas más importante de los vehículos es la parte del sistema de inyección, ya que si no se inyecta combustible no tenemos combustión y como consecuencia no arrancaría ningún motor de combustión interna, también juega un papel muy importante con respecto al antes y después de la inyección del combustible y mediante esto obtenemos como resultado un buen performance del motor. En este caso se decidió seleccionar el Chevrolet Sail, ya que impacto por su sofisticado diseño, gran espacio en su interior y sin duda el Chevrolet SAIL es en uno de los vehículos de mayor demanda en el Ecuador, de hecho se ha

convertido en el más vendido dentro de la Industria con nada menos que 1220 unidades entregadas mensualmente por lo cual obtendremos una gran demanda de vehículos para aprender, diagnosticar y dar mantenimientos preventivos y correctivos.

Con la ayuda de nuestros docentes y tutores como parte de las líneas de investigación de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE). La que afirmo que con este proyecto fortalecemos a los actores y desarrollo empresarial, impartiendo el conocimiento adquirido en innovación tecnológica, modelación y simulación de procesos.

El proyecto está dirigido a concesionarias, talleres y empresas las cuales manejan reparaciones de vehículos livianos y pesados del área automotriz con ello se ayuda a facilitar y disminuir en tiempo y costo de reparaciones.

## 1.2. Formulación del problema

¿Realmente es necesario El Análisis del Funcionamiento del Sistema del Acelerador Electrónico del Motor S4A del Vehículo Chevrolet Sail?

## 1.3. Sistematización del problema

- ¿Cómo podemos diagnosticar el sistema del acelerador electrónico?
- ¿Bajo qué parámetros actúa el acelerador electrónico?
- ¿Qué tipos de cargas o exigencias tendremos en un acelerador electrónico?
- ¿Cómo ayudaría el sistema del acelerador electrónico a medio ambiente?

## 1.4. Objetivos de la investigación

### 1.4.1. Objetivo general

- Analizar el funcionamiento del sistema de aceleración electrónica del motor s4a del vehículo chevrolet sail.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Conocer y analizar el funcionamiento del sistema de aceleración electrónica.
- Identificar las partes específicas del cuerpo de aceleración y del pedal.
- Definir el reglaje de voltajes de funcionamiento del sistema de aceleración electrónica.

## 1.5. Justificación

### 1.5.1. Justificación teórica

Como justificación teórica vamos a tomar los datos y manuales que son dados por el propio fabricante. Luego de esto podremos decir que nuestra herramienta principal será el banco de pruebas de inyección electrónica basado en el análisis del funcionamiento del sistema del acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail que permita al estudiante tener una idea precisa y eficaz de este sistema que opera con la ayuda del acelerador electrónico, cuerpo de aceleración y mandos de le ECM, donde dependerá del usuario la carga exigida para el motor mediante el acelerado electrónico, este a su vez de acuerdo a la carga envía una señal al cuerpo de aceleración electrónico por el cual permitirá la apertura de la mariposa para poder dar paso a una mayor cantidad de aire que es

testeada por la computadora y a su vez regulada, y así pueda entrar un mayor volumen del aire al motor para que sea atomizada con el combustible y se genere el proceso de la inyección.

La mejor manera de comprobar su funcionamiento y aplicación es observando cómo trabaja este sistema conjuntamente y realizando las mediciones, pruebas y tablas que se podrán obtener en este proceso de análisis.

### 1.5.2. Justificación Metodológica

Para llevar a cabo este tipo de metodología a utilizar en esta investigación será de tipo científico, cualitativa, investigativo, descriptivo y de campo donde se consultara talleres de acuerdo a la marca y empresas a fines con respecto a la parte del sistema electrónico del motor Sail S4A.

### 1.5.3. Justificación práctica

Dada la construcción del banco de pruebas de inyección a gasolina del Motor S4A del vehículo Chevrolet Sail, se espera como resultado entender toda la parte electrónica del sistema de inyección de combustible, donde nos enfocaremos en el sistema del acelerador electrónico donde se podrá realizar reconocimientos del sistema, pruebas activas con respecto a los sensores y actuadores para poder simular fallas y entender cómo se van dando. Entre otros factores podremos apreciar los códigos de diagnósticos y poder analizarlo con su respectiva herramienta de diagnóstico.

### 1.5.4. Delimitación temporal

La delimitación temporal se llevara a cabo durante un periodo de cinco meses de Mayo a Septiembre del 2016, tiempo en el cual se desarrollará la investigación y se presentará la propuesta pertinente.

### 1.5.5. Delimitación geográfica

La delimitación geográfica se realizara en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador Extensión Guayaquil, en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz donde se encuentra situada en las calles Tomas Martínez 520 entre General Córdova y Vicente Rocafuerte.

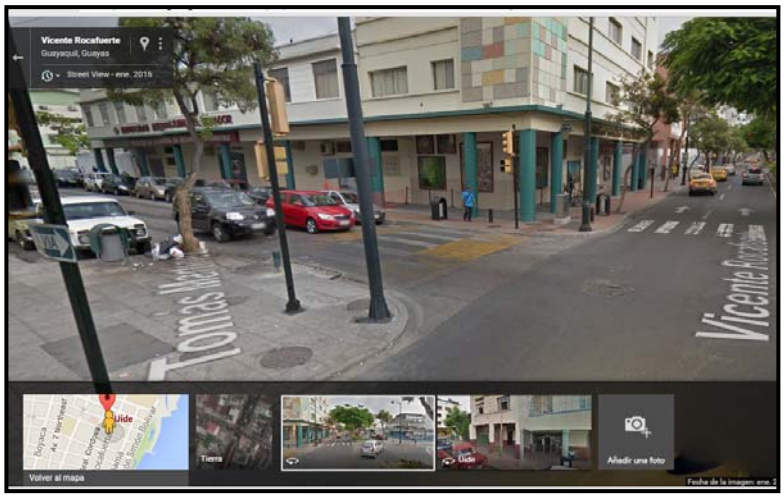



**Figura 1**. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Extensión Guayaquil

**Fuente:** https://goo.gl/iT2yo6

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 1.6. Hipótesis de trabajo

La elaboración de un banco de pruebas del sistema de inyección de combustible del Chevrolet Sail motor serie S4A en el que se podrá comprobar el funcionamiento real del mismo y el sistema de aceleración electrónico, donde podremos realizar varios entrenamientos y simular varias fallas para ver cómo se comporta el sistema y bajo qué parámetros funcionaria de acuerdo a lo solicitado en el banco de entrenamiento.

### 1.6.1. Variables de hipótesis

#### 1.6.1.1. Variable independiente

Carga del vehículo proporcionada por el usuario, tiempo de pisado del acelerador y cantidad de aire suministrada al motor, clima y presiones atmosféricas del ambiente.

#### 1.6.1.2. Variable dependiente

Análisis del funcionamiento del sistema del Acelerador Electrónico del Motor S4A del Vehículo Chevrolet Sail.

## 1.7. Antecedentes

### 1.7.1. Reseña del Chevrolet Sail

En todas sus versiones, el vehículo Chevrolet Sail viene equipado con un confiable motor de 1.4 litros a gasolina de 4 cilindros, 16 válvulas DOCH que alcanzan una potencia máxima de 102hp @6000rpm y se acopla a una transmisión manual de 5 velocidades.

La motorización del Chevrolet Sail incorpora un sistema de admisión de geometría variable (VGIS en inglés), donde gracias a esto logra ser potente y ecológico, generando un consumo de 60km/Gal.

La planta donde se fabricó el nuevo Chevrolet Sail es la segunda planta con mayor elaboración de autos y cumple con todas las normalidades de calidad del sistema de manufactura global de la General Motors; Vista del vehículo figura 2.

**Figura 2.** Chevrolet Sail 1.4 **L**

**Fuente:** Concesionaria Chevrolet Vallejo Araujo

**Fotografiado por:** Carlos Chucuyán Pérez

### 1.7.2. Sistema del acelerador electrónico Chevrolet Sail según el fabricante

El sistema del Acelerador Electrónico del Vehículo Chevrolet Sail que se estará analizando consta de un pedal electrónico Marca GM, un cuerpo de aceleración marca Bosch y el calculador o centralita Delphi de 100 pines.

El sistema del acelerador electrónico tiene como función llevar una aceleración controlada para tener ventajas como una precisa aceleración, reducción de contaminación y protección al motor en aceleraciones bruscas. Estos sistemas motorizados nacen por normas de anticontaminación que imponen países como Estados Unidos mediante la EPA (Environmental Protection Agency).

Esta gestión electrónica se basa en modificar todas las condiciones de aceleraciones del motor con ayuda de un control directo de la PCM del vehículo, permitiendo la aceleración del motor en límites seguros y en condiciones que no logren un exagerado nivel de emisiones.

### 1.7.3. Especificaciones del vehículo Chevrolet Sail

A continuación se presentaran los datos del vehículo, especificaciones dados por el fabricante Tabla 1.

**Tabla 1** Especificaciones del vehículo Chevrolet Sail

| **DATOS** | **ESPECIFICACIONES** |
|---|---|
| Motor | 4 Cilindros en Líneas |
| Desplazamiento | 1399 cm |
| Diámetro del Cilindro X Carrera | 73.8 x 81.8 |
| Compresión | 10.2:1 |
| Orden de Encendido | 1-3-4-2 |
| Potencia Máxima: 6200 Rev/Min | 76/6000 KW / (r/min) |
| Torque Máximo: 4400 Rev/Min | 131/4200 N.M |
| Tipo de Lubricación | Por Bomba |
| Tipo del Filtro del Aceite Motor | Filtro de Tambor (flujo total) |
| Tipo de Aceite | API SL 15W40 |
| Cantidad de Aceite incluido filtro | 3.751 (3.96 Quart) |
| Bomba de Aceite | Tipo Trocoide |

**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán Pérez

## 1.8. Combustible ecopaís

La gasolina ecopaís es el reemplazo de la gasolina extra en ecuador se la utiliza en algunas provincias del país como plan piloto, entre estas esta la provincia del guayas, la ciudad de Guayaquil. La gasolina ecopaís está compuesta por 95 % de gasolina extra y un 5% de etanol derivado de la caña de azúcar. Esta combinación de combustible la realizo el gobierno para tratar de generar más producción de etanol y generar más trabajo por medio de los cultivos de caña de azúcar que se incrementaran con la necesidad de la producción de etanol y también para importar menos gasolina base y disminuir un poco la contaminación que se genera con la gasolina extra pura ya que con la gasolina ecopaís debido a que tiene un 5% de etanol le es más fácil alcanzar el octanaje de la gasolina extra ya que reduce un poco el porcentaje de nafta de alto octano. El combustible ecopaís según la NORMAS INEN 0935:2010 séptima versión, posee los mismo octanaje que la gasolina extra que es de 87 octanos dentro de nuestro país eso es lo mínimo.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se explicará los temas mencionados en el capítulo anterior de manera más profunda de modo que los puntos queden claros y de fácil comprensión para el lector para que en los próximos puntos a tratar sean entendibles para el análisis del funcionamiento del sistema del acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail.

## 2.1. Generalidades del sistema del acelerador electrónico

Debido a la rápida evolución de los vehículos, el viejo carburador ya no viene más para los nuevos motores, hoy en día lo que se busca es reducir la contaminación del medio ambiente, economía del combustible, aumento de potencia y respuestas rápidas en las aceleraciones, etc., donde el sistema del acelerador electrónico juega un papel muy importante.

Entonces Bosch desarrolló un sistema de inyección electrónica de combustible, que tiene como objetivo proporcionar al motor un mejor rendimiento con más economía en todos los regímenes de funcionamiento, y principalmente menor contaminación del medio ambiente.

En este sistema ya contábamos con un acelerador más sencillo, donde dependía de un cable conectado al pedal del acelerador y de acuerdo a lo exigido por el usuario al pisar el acelerador varía la posición de la mariposa del cuerpo de aceleración, donde este a su vez teníamos acoplado al cuerpo de aceleración una válvula denominada IAC (Idle Air Control Valve) que es un motor de paso controlado electrónicamente por la ECU (Electronic Control Module), cual su función es de regular las revoluciones del motor en el ralentí permitiendo el ingreso de aire a las cámaras de combustión de los cilindro de acuerdo a la temperatura del aire, temperatura del refrigerante del motor, y presión del aire.

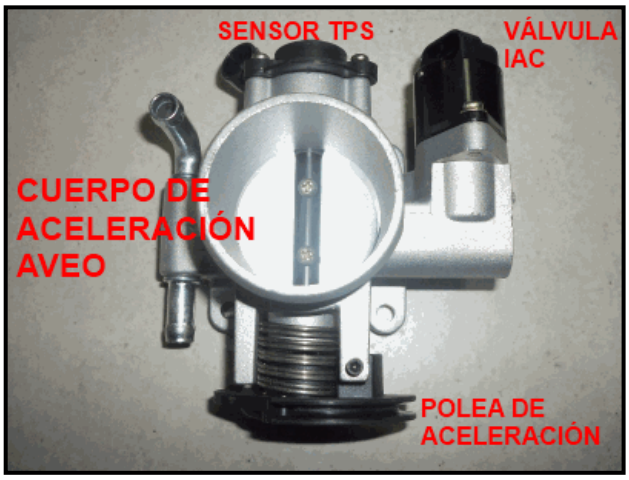



**Figura 3**. Cuerpo de Aceleración Mecánico Chevrolet Aveo

**Fuente:** Concesionaria Chevrolet – Vallejo Araujo

**Editado por:** Carlos Chucuyán Pérez

## 2.2. Sistema del acelerador con control electrónico

Hoy en día lo sistemas de aceleración electrónica no necesitan de un cable conectado al pedal, actualmente el cuerpo de aceleración sin cable o cuerpo de mariposa motorizado (Mariposa Motorizada), tiene grandes ventajas con respecto a los sistemas de aceleración tradicionales o sistemas de control de marcha mínima que utiliza cable en el pedal del acelerador, los cuerpos de mariposa motorizado o cuerpo de aceleración motorizado brindan una mejor eficiencia en el consumo de combustible, un mayor control en la aceleración, mayores ventajas en estrategias relacionas con sistemas de control crucero y un control para cumplir con las normas de emisiones de gases de escape bajo las normativas exigidas para cada país.

Este sistema controlado electrónicamente depende de un pequeño motor eléctrico paso a paso que es el encargado del movimiento de la mariposa mediante el accionamiento del mando del motor.

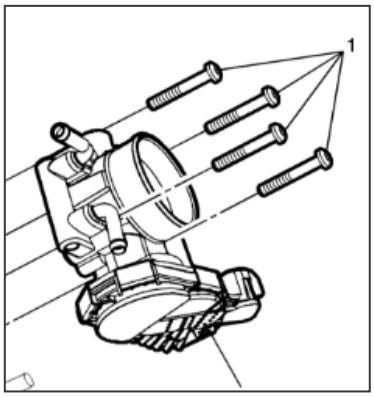



**Figura 4**. Cuerpo de Aceleración Electrónico Chevrolet Sail

**Fuente:** Manual GM del Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán Pérez

El pedal del acelerador también ha sufrido modificaciones, de tal manera que el conductor, al accionar el pedal del acelerador no realiza ningún trabajo mecánico, sino que actúa sobre un potenciómetro que transforma su deseo en una magnitud eléctrica. Esta magnitud es transmitida hacia la unidad de control del motor (ECU), lo cual interpreta la posición exigida por el usuario y mediante esto acciona el motor eléctrico paso a paso para mover la mariposa de acuerdo a la carga deseada o calcula por la ECU, teniendo en cuenta parámetros como la activación del electroventildor, del compresor del aire acondicionado, etc.., la unidad de control re calcula la posición angular de la mariposa, independientemente de que el conductor reaccione sobre el pedal del acelerador.

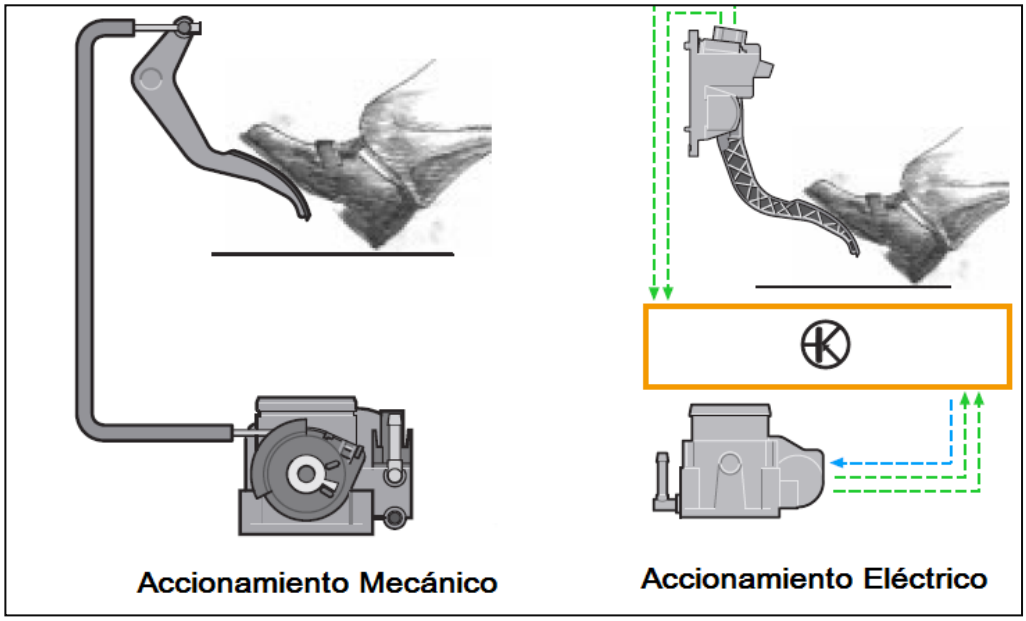



**Figura 5.** Tipos de Accionamientos del Pedal de Aceleración

**Fuente**: Libro de Electrónica Avanzada, Sistema de Alimentación

**Editado por:** Carlos Chucuyán Pérez

### 2.2.1. Ventajas del sistema del acelerador electrónico

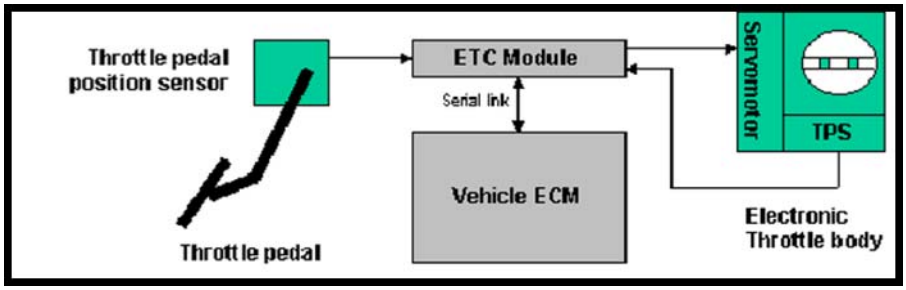
Las ventajas de poseer este sistema residen en que justamente el ángulo de la mariposa puede adaptarse de acuerdo a las exigencias planteadas, sobre esto también tenemos:

- Mayores ventajas en estrategias relacionas con controles de tracción.
- Permite variar la relación entre la posición del acelerador y la apertura de la mariposa con multitud de posibilidades.
- Mejor desempeño de las transmisiones automáticas.
- Mejor control electrónico en la relación Aire/Combustible.
- Compensación por altitud.

## 2.3. Componentes del sistema del acelerador electrónico

Por tratarse de un sistema que controla toda la aceleración del motor no se permite ni un solo error por parte de la ECM por esta razón el cuerpo de mariposa quedara en una estrategia de límites de revoluciones en el momento que se detecte alguna inconformidad del funcionamiento del motor o de los sistemas de verificación como el TP, TAC, APP. Donde cada fabricante dispone de un arreglo para sus cableados y mecanismos, pero por lo general se puede presentar dos configuraciones diferentes basándose en el mismo principio, las cuales son:

**1era Configuración:**




**Fuente:** **Figura 6**. Partes del Sistema del Acelerador Electrónico Libro BOSCH, Sensores del Automóvil

**Editado por:** Carlos Chucuyán

**2da Configuración:** Donde en esta configuración el control del cuerpo de aceleración del motor actuador está dentro de la ECM.

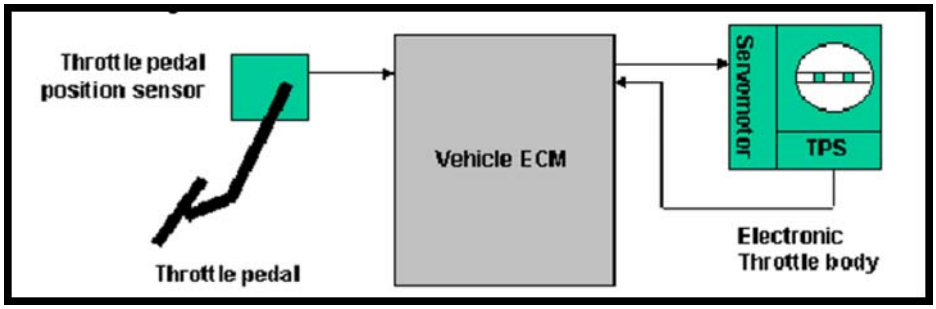



**Figura 7**. Configuración de control del ETC

**Fuente**: Libro BOSCH, Sensores del Automóvil

**Editado por:** Carlos Chucuyán

En este caso tendremos que la segunda configuración en el Sail donde es sincronizada y testeada directamente desde el Acelerador al PCM y del PMC y Elementos externos al Cuerpo de Aceleración Electrónico (TAC o ECT).

### 2.3.1. Pedal de posición de aceleración electrónico (APP)

El modulo del pedal del acelerador, con los sensores de posición del mismos tiene como función detectar la posición instantáneamente del pedal y transmitirla en una señal en función de las exigencias solicitadas por el usuario

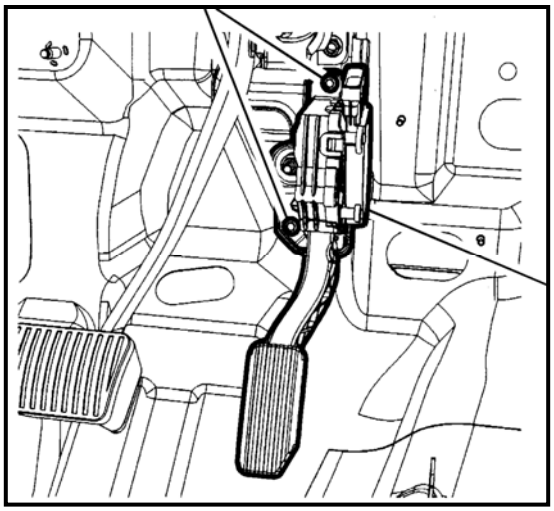


**Figura 8.** Ubicación del APP del Chevrolet Sail
**Fuente:** Manuel de GM Chevrolet Sail
**Editado por:** Carlos Chucuyán

El APP (Acelerador-Pedal-Posición) o sensor de posición del pedal del acelerador puede ir colocado en el conjunto del mismo pedal. Existe también la posibilidad de que un cable de comando se dirija hasta este sensor y el mismo se encuentre bajo el capot. El conductor ahora ejerce su acción sobre un resorte y mueve un conjunto de potenciómetros dentro del APP. Existen APP de dos y tres potenciómetros. En la figura 9 se puede apreciar las conexiones de un APP de dos potenciómetros

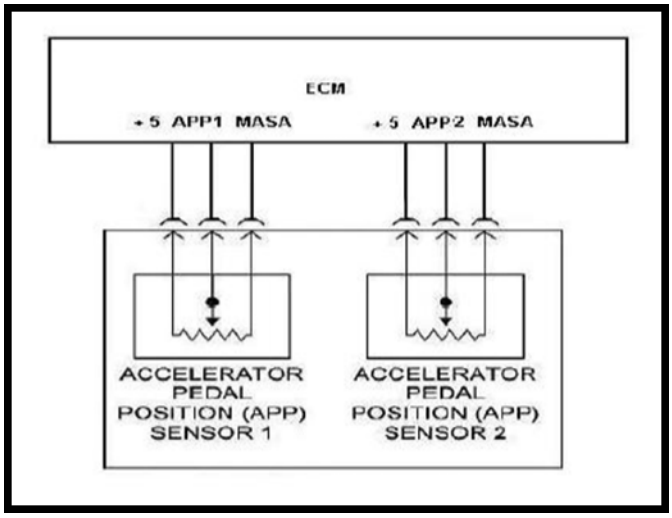



**Figura 9**. Diagrama Electrónico de comunicación entre el Pedal y la ECM con un APP de dos Potenciómetros.

**Fuente:** Manual de Electrónica Avanzada, Cise Training

**Editado por:** Carlos Chucuyán

En el caso del APP de dos potenciómetros, las señales de estos suelen ser diferentes, por lo general mientras el voltaje de un potenciómetro aumenta al mover el pedal del acelerador, la del otro disminuye proporcionalmente. La unidad de control permanentemente analiza cómo evolucionan los potenciómetros, esto significa que las tensiones que recibe de estos deben estar dentro de rangos prefijados por el fabricante

Si un potenciómetro para una posición del acelerador da un valor de tensión, el otro debe dar también un valor que debe estar dentro del rango esperado por la unidad de control. En otras palabras, si un voltaje está en un valor el otro debe estar también en un valor esperado por la unidad de mando.

En el caso de APP de tres potenciómetros, utilizados en muchos autos de General Motors, los voltajes de salida de dos potenciómetros son descendentes y uno es ascendente, tal como se muestra en la figura.

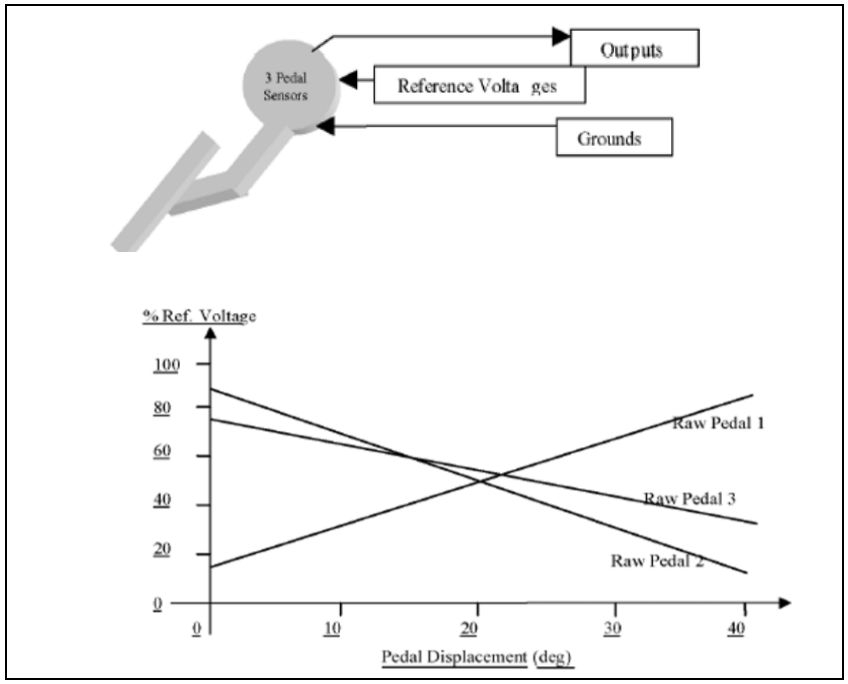



**Figura 10.** Curva característica del App

**Fuente:** Manual de Electrónica Avanzada, Cise Training

**Editado por:** Carlos Chucuyán

### 2.3.1.1. Parte interior del módulo del pedal del acelerador electrónico

El interior del Módulo del Pedal del Acelerador Electrónico encontraremos dos potenciómetros fijado al mismo eje, por lo que ambos reflejaran una señal de salida de concordancia. La posición del pedal en reposo y a plena carga (Kick Down o Pedal Hundido) es interpretada en dependencia del usuario al pisar el pedal.

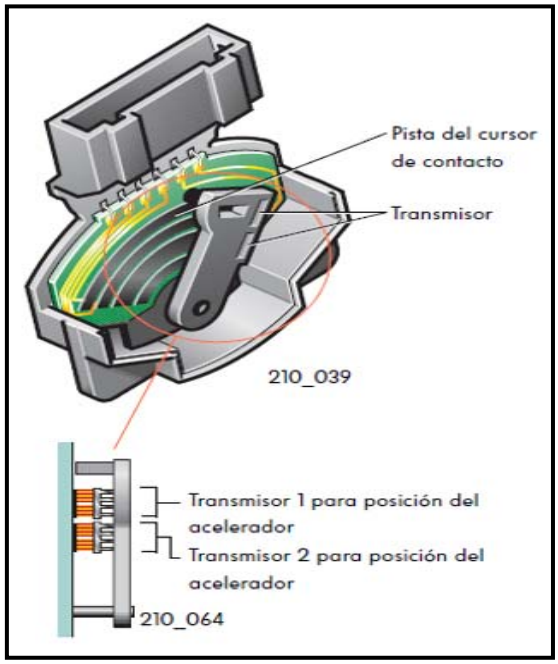



**Figura 11**. Interior del Módulo del APP

**Fuente:** Libro el Motor a Gasolina, Sistema de Alimentación

**Editado por:** Carlos Chucuyán

La ECM alimenta los potenciómetros con 5 voltios, uno de los transmisores posee una resistencia en serie haciendo así que los valores de ambos que sean diferentes, de manera que la ECM reconoce la señal de cada una de ellos, puesto que el valor de tensión de salida es diferente. La ECM compara en todo momento la señal recibida por cada uno de ellos, de manera que puede detectar cualquier anomalía de fallo en el sistema y así entra a una etapa de seguridad denominada “Modo Fallo”.

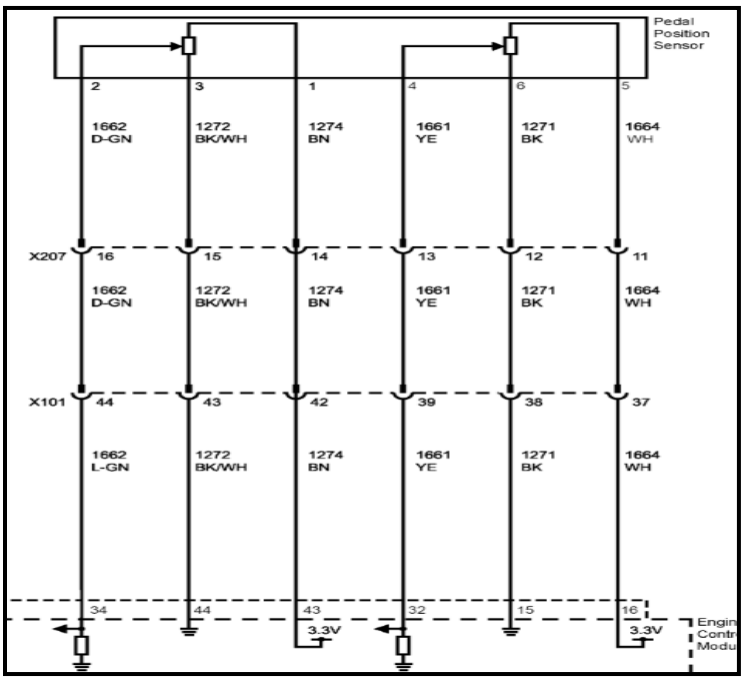



**Figura 12**. Circuito de Conexión del Pedal de Aceleración con la ECM
**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.2. La unidad de control electrónico del vehículo sail

En algunos países se conoce al Módulo de Control Electrónico ECM como ECU: Electronic Control Unit o Unidad de Control Electrónico. El Módulo de Control Electrónico ECM, tiene una apariencia de caja metálica, con un gran conector, que lleva una serie de cables desde el ECM hacia sensores y actuadores del motor.

Cuando se dice el módulo de control electrónico (ECM) es el cerebro del vehículo. Cuando el ECM está presentando fallas, puede hacer que el auto funcione con problemas o que ni siquiera funcione. El reemplazo toma tan solo unos minutos, ya que el ECM es de fácil acceso. La ubicación del ECM depende de la marca y el modelo del vehículo.

En la mayoría de los vehículos el ECM se encuentra en el compartimiento del motor, aunque en algunos vehículos el ECM está montado debajo del asiento del conductor o el acompañante.

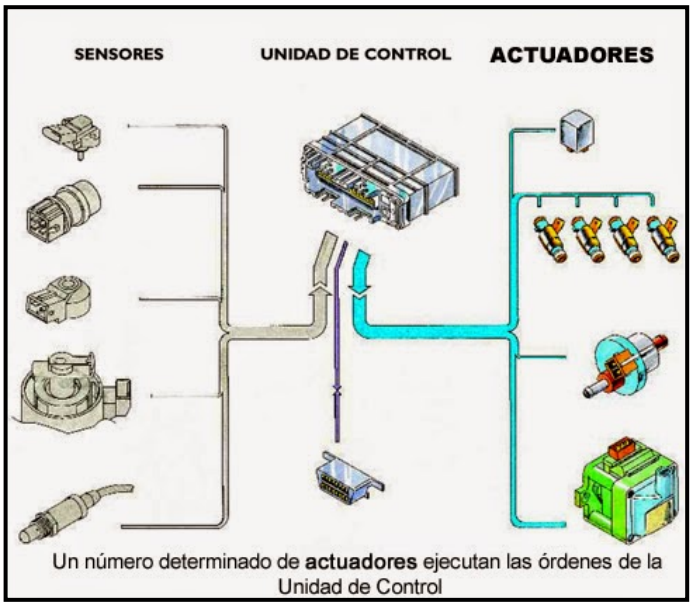



**Figura 13**. Parámetros que recibe la ECM
**Fuente:** Libro, Manual práctico de inyección electrónica
**Editado por:** Carlos Chucuyán

Una de las funciones principales es realizar el diagnóstico del sistema y así pueda reconocer las condiciones operativas y alertar al conductor a través de la luz MIL (Malfunction Indicator Light) y almacenar los DTC (Data Trouble Code) con el fin de indicar dónde está el fallo. La ECM puede suministra 5 o 12 voltios dependiendo de cada componente que lo necesite, posee una impedancia de 10 Mega Ohmios con el fin de garantizar lecturas precisas de tensión.

La ECM no consta de cambio por partes de servicio con el avalúo de la concesionaria, lo que sí se puede realizar es actualizaciones, copiado y reprogramación de la EPROM o PROM, que son las memorias en donde se almacena toda la información del vehículo predeterminado.

### 2.3.2.1. Funciones de la ECM

La ECM determinan la cantidad del combustible, punto de ignición, y otros parámetros para el desempeño del motor. Luego de esto cumple con 4 funciones básicas, cuales son:

1. Entrada
2. Procesamiento
3. Almacenamiento
4. Salida

Es la encargada de recibir y procesar toda la información obtenida por los sensores que van instalados estratégicamente en el motor, una vez procesada esta información se encarga de mandar órdenes a los actuadores (Relé, Bobinas, Inyectores) para poder controlar el tiempo de inyección de combustible y tiempo de encendido.

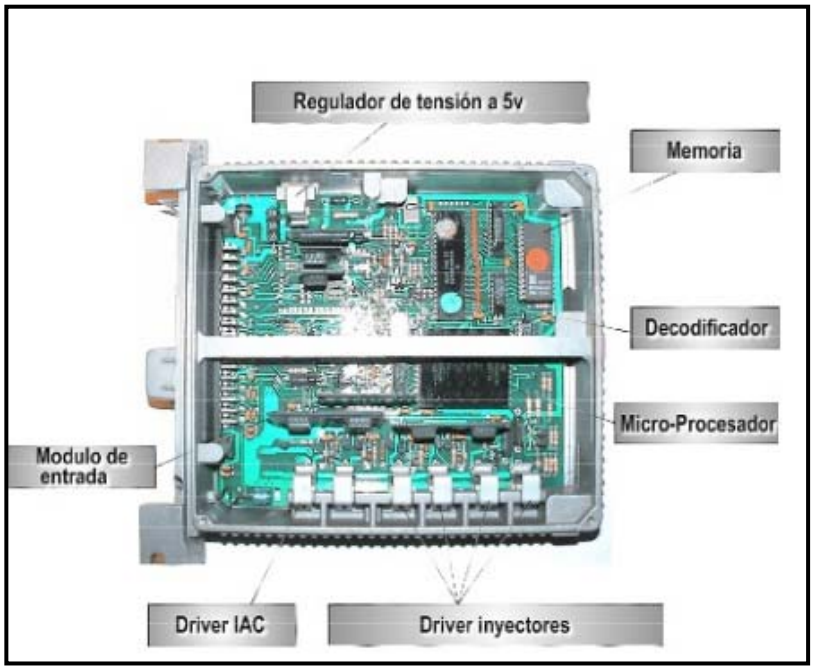



**Figura 14**. Funciones y Partes de la ECU

**Fuente:** Libro, Sistemas de inyección electrónica de gasolina 2005

**Editado por**: Carlos Chucuyán

La ECM no puede leer palabras ni números solo puede leer señales de voltajes, ya sean señales análogas o digitales.

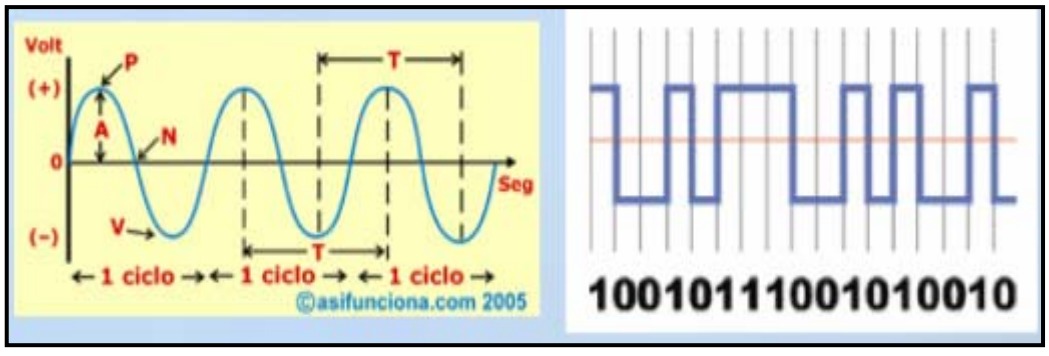



**Figura 15.** Señal Análoga y Digital de Voltaje que Interpreta la ECU

**Fuente:** Manual de redes y multiplexado, Cise Training

**Editado por:** Carlos Chucuyán

### 2.3.2.2. Almacenamiento de la información de la ECU

La ECM posee memorias de almacenamiento donde hablaremos de cada una a continuación:

- **Memoria RAM.-** Todas las señales de entrada y salida que son almacenadas temporalmente en la ECM se las conoce como Memoria de Acceso RAM. Esta memoria puede cambiarse, es alimentada por voltaje de encendido, es decir la memoria RAM se borra cuando se apaga el vehículo.
- **Memoria ROM.**- Es la memoria permanente instalada por el fabricante y es parte del software donde programa operaciones y posee tablas de consultas organizadas para realizar una tarea ya establecida de acuerdo a los parámetros leídos. Este tipo de memoria no se pierde aun si el vehículo está sin energía.
- **Memoria PROM.**- Memoria permanente de la ECM que se instala para el funcionamiento correcto del motor de un modelo especifico. Esta memoria si es sustituible.
- **Memoria EPROM**.- Se puede escribir nueva información permanente y así mismo volverla a programar, por lo general son usadas para almacenar el odómetro y otros datos.
- **Memoria EEPROM**.- La característica de esta memoria es que se puede borrar la información alterándola eléctricamente o exponiéndola a la luz ultravioleta. Es muy usada para servicios de mantenimiento periódicos, códigos de fallas del motor, registra información del odómetro, etc.
- **Memoria KAM**.- Se almacenan los registros de códigos de falla.

El encargado de procesar todo la información es el microprocesador, ya que en base al software del fabricante realiza cálculos matemáticos y envía señales hacia los actuadores.

### 2.3.2.3. Control del tiempo de inyección

Un motor del Ciclo Otto necesita una buena chispa para iniciar la combustión dentro de la cámara del cilindro. Una ECM puede variar el tiempo justo de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proporcionar una mejor potencia y un menor consumo de combustible. Una segunda, y más común causa que debe detectar este sistema es cuando el motor gira a muy bajas revoluciones para el trabajo que se le está solicitando al vehículo mediante el usuario. Este caso se resuelve impidiendo a los pistones moverse cortando la señal de encendido hasta que no se haya producido la chispa, evitando así que el momento de la combustión se produzca cuando los pistones ya han comenzado a expandir la cavidad.

### 2.3.2.4. Control de inyección de combustible

Los vehículos con inyección de combustible, la ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo, el ECU abrirá ciertas entradas que harán que la entrada de aire al motor sea mayor. La ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor.

### 2.3.2.5. Sensores

Son los dispositivos delegados a monitorear las condiciones de operación del vehículo, y de enviar su información a la ECM para que éste ordene a los actuadores a operar sobre ciertos parámetros, de acuerdo a las condiciones cambiantes de funcionamiento del motor.

Los sensores cambian las condiciones de trabajo del motor (temperatura, presión absoluta del múltiple, movimientos mecánicos.) en un voltaje eléctrico que es enviado a la ECM para ser procesado y comparado con datos de referencia grabados en sus memorias.

### 2.3.2.5.1. Sensor de posición del cigüeñal

El sensor CKP (Crankshaft Position Sensor) a través de su base se extiende 1,3 mm (0,05 pulgadas) o menos más allá de la rueda del cigüeñal. La función que cumple es la de ubicar la posición del cigüeñal (Pistón # 1) y el cambio de velocidad del giro del cigüeñal o RPM del motor, con el objetivo de que el PCM controle la activación del relé de la bomba de combustible, la dosificación de combustible y el punto de encendido. Este sensor puede ser de tipo inductivo, efecto hall o óptico. Por lo general posee 2 pines correspondiente a la bobina interna, y en ciertos casos encontraremos de 3 pines, siendo el 3er pin para blindaje o evitar interferencias al encendido.

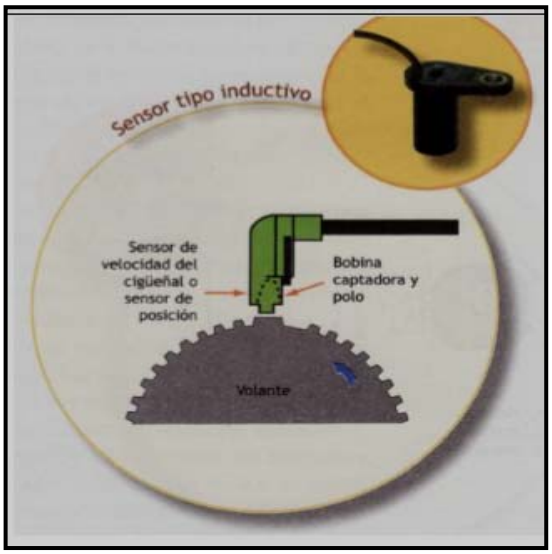



**Figura 16**. Sensor CKP

**Fuente:** Libro de Inyección Electrónica Avanzada

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.2.5.2. Los sensores de posición del árbol de levas

El sensor CMP censa el Punto Muerto Superior del primer cilindro en el tiempo de compresión y lo convierte en una señal eléctrica. Este a diferencia del CKP va ubicado junto al eje de levas. Al igual que el anterior pueden existir tres tipos, inductivos, efecto hall y ópticos. El ECM utiliza esta señal de que un impulso de sincronización para activar los inyectores de combustible en la secuencia correcta.

Esto permite que la ECM pueda calcular cierto modo de inyección de combustible secuencial de operación. Si el ECM no detecta ninguna señal del sensor de posición del árbol de levas cuando el motor está en marcha el sistema de inyección de combustible pasará a un modo de inyección secuencial de combustible calculado en base al pulso de la inyección de combustible, y el motor

seguirá funcionando mientras el DTC esté presente, es posible poner en marcha el motor.

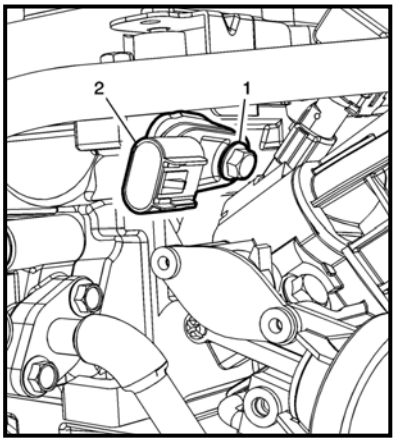



**Figura 17**. Sensor CMP
**Fuente:** Manual del Taller GM Chevrolet Sail
**Editado por:** Carlos Chucuyán

### 2.3.2.5.3 La temperatura del refrigerante del motor (ECT) Sensor

La temperatura del refrigerante del motor (ECT) es un sensor termistor que varía en resistencia como los cambios de temperatura. El sensor ECT del motor está montado en el block donde pasa la corriente de refrigerante. Mientras que el refrigerante del motor está frío, la resistencia es alta; a 40 ° C (-40 ° F), el valor de la resistencia es de 100.000 ohmios; a una temperatura alta, la resistencia es baja; a 130 ° C (266 ° F), el valor de la resistencia es de 70 ohmios.

La ECM suministra 5 V al sensor de ECT través de una resistencia en el interior de sí mismo, y mide el cambio de voltaje. La tensión aumenta en el caso de que el motor este frío, mientras que las caídas de tensión en el caso de que el motor este caliente.

La función principal de este sensor es empadronar la temperatura del líquido refrigerante del motor y enviarle una señal a la ECM para que realice las siguientes operaciones:

- Corregir la dosificación del combustible
- Corregir el avance del encendido
- Controla la marcha ralentí
- Controlar la activación de la EGR
- Controlar la activación del electroventilador

**Figura 18.** Sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT)

**Fuente:** Libro Bosch, Técnica del Automóvil, Regulación Electrónica

**Editado por:** Carlos Chucuyán

El ECM puede determinar la temperatura del refrigerante mediante la medición del cambio de voltaje. Pueden ser tipo NTC (Coeficiente Negativo) en donde a mayor temperatura menor voltaje y el PTC (Coeficiente Positivo) viceversa del NTC dependiendo del fabricante.

**Tabla 2.** Rangos de Funcionamientos del Sensor ECT

| Temperatura °F | Temperatura °C | Tensión V |
|---|---|---|
| **248** | 120 | 0.25 |
| **212** | 100 | 0.46 |
| **176** | 80 | 0.84 |
| **150** | 66 | 1.34 |
| **140** | 60 | 1.55 |
| **104** | 40 | 2.27 |
| **86** | 30 | 2.60 |
| **68** | 20 | 2.93 |
| **32** | 0 | 3.59 |
| **-4** | -20 | 4.24 |
| **-40** | -40 | 4.9 |

**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.2.5.3. De posición del acelerador throttle position (TP) del sensor

El sensor de posición del acelerador (TP) es un potenciómetro que está unido al eje del acelerador del cuerpo del acelerador. El circuito del sensor TP incluye un cable de alimentación de 5 V y un cable de tierra ambos proporcionados por el ECM. El ECM calcula la ubicación del acelerador mediante el control de la tensión de este circuito de señal. La señal de salida del sensor TP varía con el movimiento del pedal del acelerador, haciendo que el ángulo del acelerador para cambiar.

Cuando el acelerador está cerrado, la tensión de salida del sensor de TP es bajo, y es aproximadamente de 2,5 voltios. La tensión de salida aumenta a medida que la placa del acelerador se abre; la tensión de salida se elevará a aproximadamente 5 voltios el acelerador abierto.

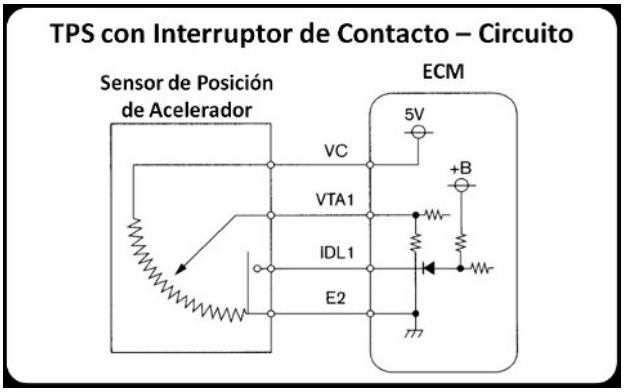



**Figura 19**. Diagrama interno del TP con comunicación a la ECM
**Fuente:** Manual de inyección electrónica avanzada, Cise Training
**Editado por:** Carlos Chucuyán

El ECM puede determinar la cantidad de combustible requerida en base al ángulo del acelerador, es decir, los requisitos del usuario del vehículo. Un sensor de IP roto o suelto puede causar que el combustible se inyecta desde el inyector de combustible de manera intermitente y causar ralentí inestable, ya que el acelerador considera que el acelerador está en movimiento. Mientras hay un mal funcionamiento de un circuito del sensor de TP, el sistema establecerá el DTC P0121 o P0122. Si alguno de los DTC se establece, el ECM utilizará un valor por defecto en lugar del sensor de TP para que algún rendimiento del vehículo será restaurado. DTC P0121 causará un ralentí alto.

### 2.3.2.5.4. Supervisión del catalizador sistema de sensor de oxígeno

Un convertidor catalítico de 3 vías controla las emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno ($NO_x$). El catalizador promueve una reacción química. Esa reacción oxida los hidrocarburos y CO presentes en el gas de escape, la conversión de los hidrocarburos y el CO en vapor de agua y dióxido de carbono inocuo. El catalizador también reduce $NO_X$ mediante la conversión del $NO_X$ en nitrógeno. La ECM tiene la capacidad de controlar este proceso utilizando los sensores de calefacción de oxígeno ($HO_2S$) 1 y el sensor de oxígeno calentado ($HO_2S$) 2. Estos sensores producen una señal de salida que indica la cantidad de oxígeno presente en la entrada de los gases de escape.

Esto indica si existe la capacidad del catalizador para convertir las emisiones de escape de manera eficiente. Si el catalizador está funcionando de manera eficiente, la señal del sensor de oxígeno calentado ($HO_2S$) 1 será mucho más activa que la producida por el sensor de oxígeno calentado ($HO_2S$) 2. El sensor de sistema de seguimiento de catalizador opera de forma idéntica al sensor de control de combustible. La función principal del sensor es supervisar el catalizador con una cierta acción de control de combustible. Habrá un poco de corrección para el suministro de combustible por el ECM en respuesta a la considerable cantidad de tiempo que el voltaje del sensor de oxígeno de control de combustible pasa por encima o por debajo de la tensión de polarización de 450 mV para asegurar la cantidad de combustible satisfacer el catalizador requisitos de seguimiento.

**Figura 20**. Sensor de Oxigeno

**Autor:** Carlos Chucuyán

Un circuito fallado $HO_2S$ 1 hará que el DTC p0131, P0132, P0133 o P0134 para establecer, como sea el caso. Un circuito fallado $HO_2S$ 2 hará que el DTC P0137, P0138, P0140 o P0141 para establecer, como sea el caso.

Un $HO_2S$ 2: Fallo del elemento calentador o la ignición de alimentación o el circuito de tierra provocarán una respuesta lenta del sensor de oxígeno. Esto puede causar un mal resultado del catalizador de control de diagnóstico.

## 2.3.2.5.5. Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) es una resistencia, o termistor, que cambia el valor basado en el cambio de la temperatura del aire que entra en el motor. A una temperatura baja, la resistencia es alta; a 40 ° C (-40 ° F), el valor de la resistencia es de 4, 500 ohmios; a una temperatura alta, la resistencia es baja; a 130 ° C (266 ° F), el valor de la resistencia es de 70 ohmios.

**Figura 21**. Sensor IAT del Chevrolet Sail

**Autor:** Carlos Chucuyán

El módulo de control del motor (ECM) suministra 5 V para el sensor de IAT través de una resistencia en el ECM, y mide el cambio de la tensión para determinar el IAT. El voltaje es alto cuando la temperatura del aire en el colector de admisión motores es baja, y viceversa. El ECM mide el voltaje para adquirir el IAT.

Cuando la temperatura del aire en el colector de admisión motores es baja, el sistema también utiliza el sensor IAT para controlar el tiempo de encendido.

DTC P0112 o P0113 establece cuando se produce una avería en el circuito del sensor de IAT.

## 2.3.2.5.6. Sensor de velocidad del vehículo (VSS)

La ECM usa la señal del sensor de velocidad (VSS) para modificar las funciones del motor y poner en marcha rutinas de diagnóstico, esta señal se origina por un sensor que mide la velocidad de salida de la transmisión o velocidad de las ruedas.

**Figura 22**. Sensor VSS
**Fuente**: Manual GM Chevrolet Sail
**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.2.5.7. Sensor de presión absoluta (MAP)

El sensor MAP envía una señal que puede ser análoga o digital, de acuerdo a la presión absoluta del múltiple de admisión, para informar sobre la carga del motor a la ECM con el objetivo de obtener una mejor dosificación del combustible.

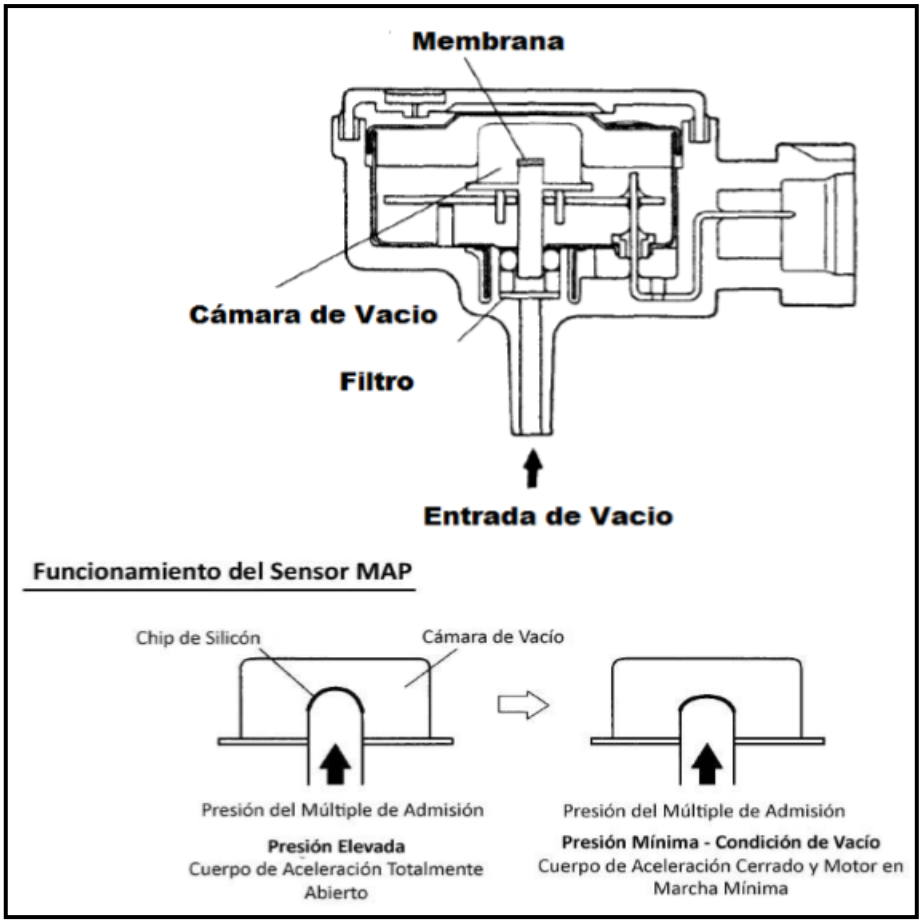



**Figura 23.** Partes y Funcionamiento del Sensor MAP

**Fuente:** Manual Masterkey – Inyección electrónica nivel I

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.2.5.8. Sensor de detonación o de picado (KS)

El sensor de detonación o de picado también conocido por sus siglas en inglés KS (Knock Sensor), es similar a poseer un “micrófono” en el block del motor, en caso que se generen detonaciones, la ECU deberá modificar el avance del encendido, atrasándolo.

**Figura 24**. Sensor de detonación

**Fuente:** Carlos Chucuyán

## 2.3.2.6. Actuadores

Son componentes que reciben informaciones de la unidad de comando y actúan en el sistema de inyección, variando el volumen de combustible que el motor recibe, corrigiendo el punto de encendido, ralentí, etc.

## 2.3.2.6.1. Inyectores

Los inyectores son electroválvulas que poseen una bobina en su interior el cual recibe corriente de la ECM que pasa por la bobina interior de este, permitiendo así la apertura de la tobera y el comienzo de la inyección del combustible.

**Figura 25.** El Inyector y sus Partes

**Fuente:** Cise Training

**Editado por:** Carlos Chucuyán

Es uno de los componentes que se destacan dentro del sistema que tienen un doble objetivo:

- Suministrar la cantidad de combustible con precisión para formar la mezcla aire/combustible.
- Atomizar el combustible para favorecer la expansión dentro del cilindro y facilitar una combustión más homogénea.

El inyector es fabricado en acero inoxidable para resistir el desgate originado por impurezas existentes en el carburante. Se ubican en posición vertical con un ángulo de inclinación y su punta en dirección a la válvula de admisión.

## 2.3.2.6.2. Válvula de recirculación de gases de escape

La válvula de recirculación de gases de escape (EGR) es una válvula cuyo objetivo es el de volver los gases presentes en el escape de nuevo al cilindro para volver a ser quemados, logrando así reducir los gases de óxidos de nitroso ($NO_x$)

**Figura 26**. Válvula EGR
**Autor:** Carlos Chucuyán

### 2.3.2.6.3. Bobinas de encendido

La función esencial de las bobinas consiste en crear la alta tensión que salta en la bujía del cilindro entre los electrodos medios y de masa y genera la chispa de encendido. Por ello, resulta esencial el papel que desempeña la bobina en la seguridad del encendido, así como para garantizar una marcha del motor eficiente y redonda.

La alimentación de este componente es directa del sistema de carga, y es parte fundamental para un buen funcionamiento que este se encuentre siempre en valores adecuados.

Por el otro lado del circuito primario, se encuentra la activación de la bobina. Esta activación es dada por una masa la cual proviene directamente del PCM. Esta masa la coloca un transistor de potencia o un circuito integrado que cumpla esta función (Driver).

La gestión electrónica que permite calcular el momento exacto para generar el pulso de masa al primario de la bobina, estará dado por la respectiva posición del CKP y el CMP.

La duración y avance de este pulso dependen de la respectiva carga del motor y las condiciones de operación.

**Figura 27.** Bobinas de Encendido tipo COP

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 2.3.3. Cuerpo del acelerador electrónico (TAC)

La ECM es encarga de recibir la señal del APP y mediante otros parámetros externo calcula la carga solicitado y permite la excitación el motor paso a paso que posee le cuerpo de aceleración para permitir la apertura del papalote de acuerdo a los parámetros exigidos.

En esta nueva innovación de tecnología en donde tenemos un cuerpo de aceleración totalmente electrónico que consta de un novedoso sistema donde la activación del papalote del cuerpo de aceleración es activada por un motor eléctrico accionado directamente desde la ECM con la ayuda del APP que interpreta la posición deseada por el usuario y acciona el motor eléctrico hasta alcanzar el valor calculado. La ECM regula y recalcula la posición angular del papalote o mariposa del cuerpo de aceleración, independientemente de que el usuario reaccione al aplastar el pedal.

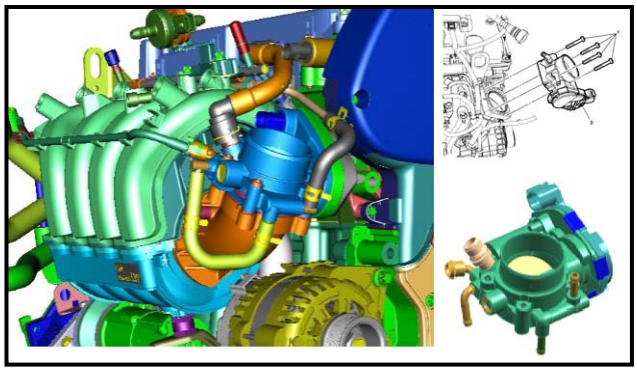


**Figura 28**. Ubicación del Cuerpo de Aceleración Electrónico

**Fuente:** Manual de Taller GM Chevrolet Sail

**Edito por:** Carlos Chucuyán

La ventaja de usar este sistema reside en que el ángulo de la mariposa se puede adaptar o acoplar de acuerdo a las exigencias de contaminación, consumo de combustible, necesidad de sistemas de seguridad de frenos, ABS, limitación de régimen de giro, adecuación del par de acuerdo a temperatura y condiciones externas.

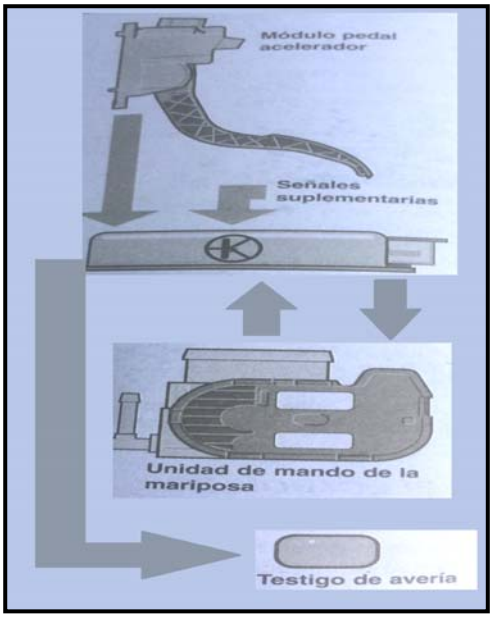



**Figura 29.** Comunicación entre el APP, ECM y Cuerpo de Aceleración Electrónico

**Fuente:** Libro del CEAC del automóvil

**Editado por:** Carlos Chucuyán

Cuando el cuerpo de aceleración esta en reposo, la mariposa o papalote se encuentra un poco abierta entre las 800 a 900 R.P.M., esta condición se debe gracia a que posee unos resortes antagónicos en el eje de la mariposa. A partir de esa posición es posible abrir y cerrar la mariposa dependiendo de la polaridad aplicada al motor para mover la mariposa o papalote jugando con la polaridad de este de acuerdo a la carga solicitada.

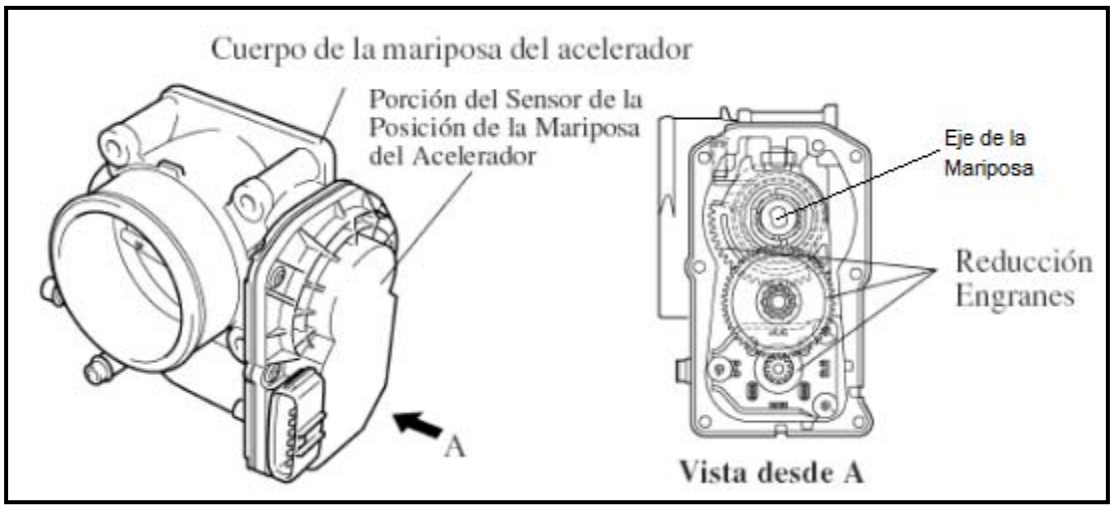



**Figura 30**. Cuerpo de la Mariposa del Acelerador y sus Componentes internos

**Fuente:** Manual de Entrenamiento de Electrónica Avanzada, Cise Training

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.3.1. Componentes y funcionamiento interno del módulo del cuerpo de aceleración electrónico

El modulo tiene en su interior un pequeño motor eléctrico encargado de mover la mariposa mediantes los engranajes y señales recibidas de la ECM. En el interior del cuerpo de aceleración encontraremos un juego de resortes antagónicos que

tienen como función mantener la posición de reposo en 1200 R.P.M. debido a que si un problema es detectado por la ECM, la misma suspenderá la alimentación del motor quedando así en la posición de reposo con un ralentí acelerado, denominándose así como funcionamiento degradado o funcionamiento en modo falla.

El pequeño motor paso a paso que posee el cuerpo de aceleración electrónico es el encargado de mover el papalote o mariposa del cuerpo de aclaración mediante la polaridad que este reciba de la ECM donde una alimentación es directamente proporcionada y la otra con pulsaciones enviadas desde la ECM de acuerdo a la necesidad del usuario y parámetros calculados.

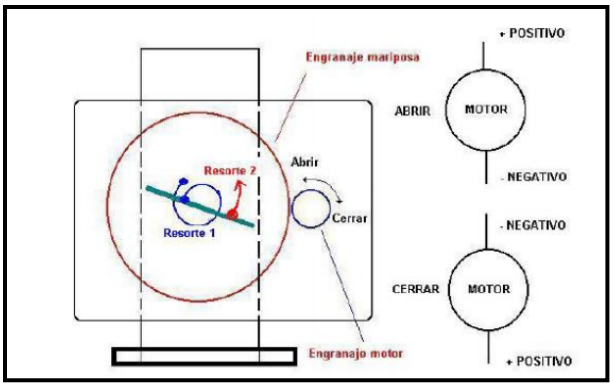



**Figura 31.** Diagrama Esquemático del Funcionamiento del Motor Paso a Paso

**Fuente:** Manual de Entrenamiento de Electrónica Avanzada, Cise Training

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 2.3.3.2. Regulación de la marcha mínima y régimen bajo

Para cerrar la mariposa el control electrónico debe colocar masa a un lado del

bobinado del motor y pulsar positivamente el otro extremo. Cuanto más grande es el pulso positivo tanto más se cierra la mariposa. Se consigue así regular la marcha mínima.

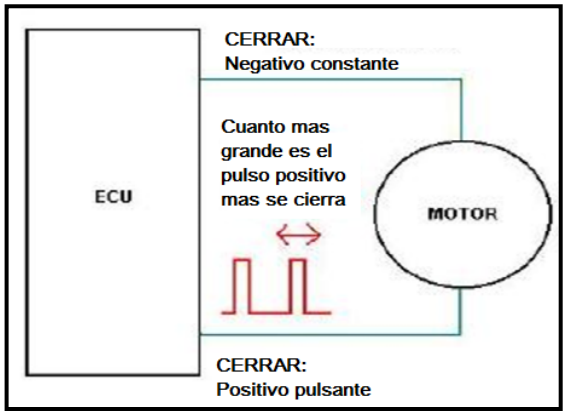



**Figura 32.** Pulsos entre ecu y motor

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 2.3.3.3. Aceleración y régimen altos

Para abrir la mariposa el control electrónico debe colocar masa al otro extremo del bobinado del motor y pulsar positivamente el que anteriormente estaba a masa. Cuanto más grande es el pulso positivo tanto más se abre la mariposa se consigue así acelerar el motor.

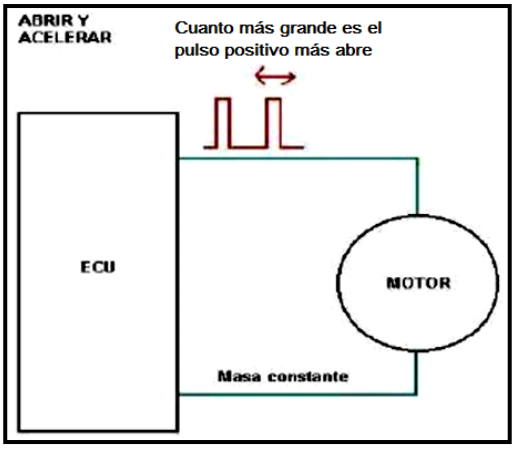



**Figura 33.** Señal pulsante al acelerar el motor

**Autor:** Carlos Chucuyán

# CAPÍTULO III

# CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

## 3.1. Material para el armado de la estructura del banco de pruebas

Para armar los componentes del sistema de inyección, se empleó un acrílico transparente con normas INEM 2042:1996 de 5 mm de espesor para soportar los trabajos de perforación, ya que la estructura de acrílico se tiende a trisar con espesores por debajo de lo citado, se usaron medidas de 1.30 metros de ancho x 1.60 metros de largo.

El material seleccionado para el armado de la estructura, consiste en tubos cuadrados de 40 mm por 1.5 mm de espesor bajo la norma de calidad INEN 2415:2008, usados como pilares de soporte de la estructura. En las caras de la estructura se usaron planchas laminadas en caliente con norma de calidad ASTM A 36, bajo la norma INEN 115:2008.

### 3.2.1. Material de la estructura del banco de pruebas

La estructura metálica fue ensamblada en una empresa que se dedica a la fabricación de modulares metálicos, usando técnicas de corte, soldadura y acabados con aceros al carbono.

### 3.2.2. Diseño del panel del banco de pruebas

Se realiza una posición esquemática de los componentes del sistema de inyección los cuales se van a colocar en el banco de pruebas con el objetivo de acomodarlos de manera ordenada y en secuencia.

Se dibuja el perfil de los componentes del sistema en sus respectivos lugares, donde más adelante ocupara dicho espacio el respectivo componente, todo esto realizándose a escala real 1:1.

**Figura 34 .** Inicio del diseño para el banco de pruebas

**Autor:** Carlos Chucuyán

El bosquejo del panel se imprimió en papel vinil, el cual tiene en su lado posterior un material adhesivo que servirá para plegarlo y pegarlo sobre la lámina de acrílico, además se procedió a pegar sobre el vinil una lámina protectora que le da un acabado brillante que le brinda una protección contra la suciedad y rayones leves.

**Figura 35.** Pegado del vinil sobre la lámina de acrílico
**Autor:** Carlos Chucuyán

**Figura 36.** Pegado de la Lámina Protectora Sobre el Vinil
**Autor:** Carlos Chucuyán

Como resultado obtuvimos un área ideal para realizar las perforaciones que nos servirán para empezar a ubicar los componentes del sistema de inyección del vehículo Chevrolet Sail en sus respectivos lugares según el diseño final del panel del banco de pruebas.

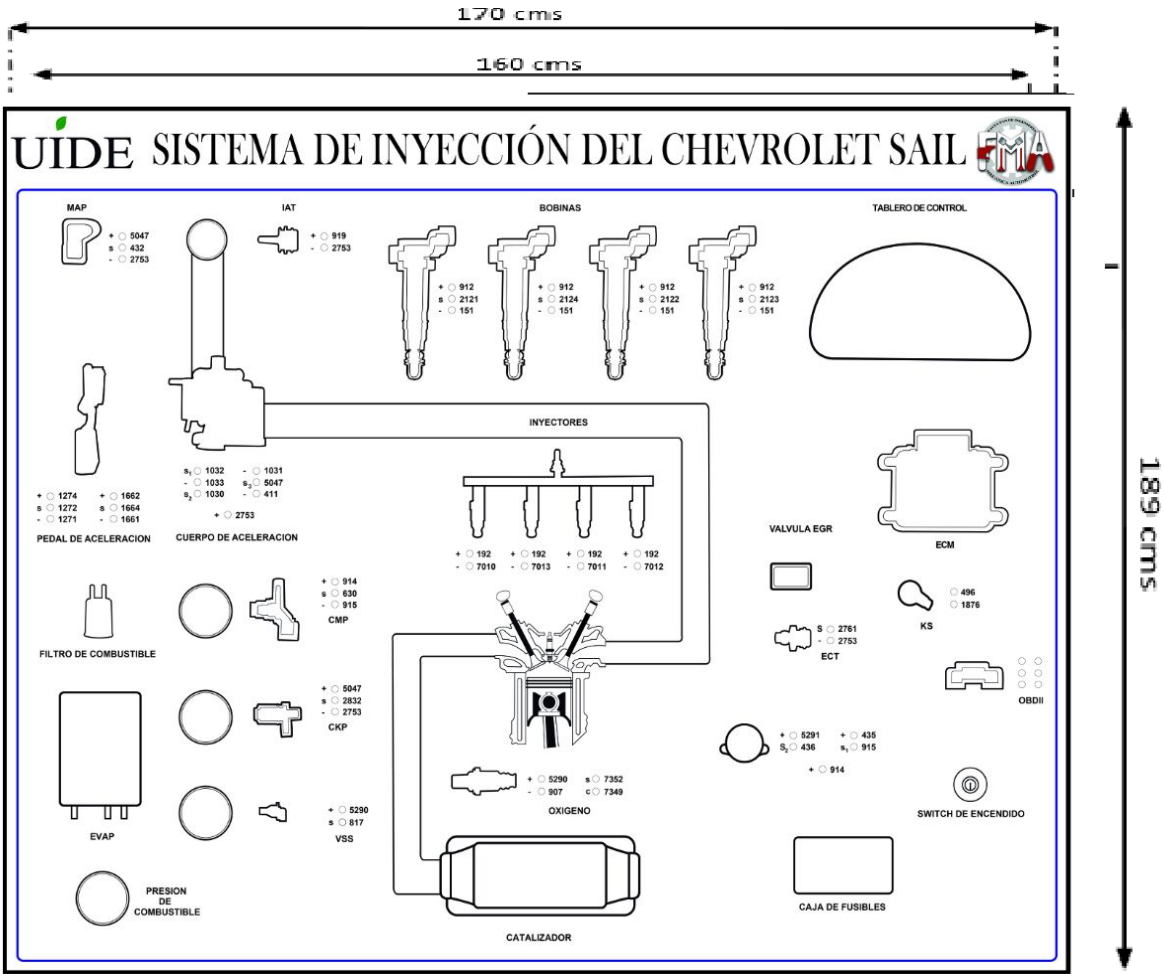



**Figura 37.** Diseño final del panel del banco de pruebas

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.2.2. Materiales para el montaje de elementos del sistema de inyección

A continuación se detallan los materiales empleados para la construcción del banco de pruebas mostrados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Listado de materiales

| Listado de materiales | |
|---|---|
| **Descripción** | **Cantidad** |
| Pernos de varios tamaños | 50 |
| Base para amarras | 10 |
| Probetas plásticas | 4 |
| Manguera de combustible | 1 (5 m) |
| Plug banana | 80 |
| Switch redondo | 20 |
| Abrazaderas | 10 |
| Motor eléctrico 6000 rpm 100w | 3 |
| Tubos de silicón | 4 |
| Fuente de poder 12v 30 A | 1 |
| Conector auto enclavado azul 30 A 110V | 1 |
| Cable toma corriente | 1 |
| Enchufe 110v | 1 |
| Perno tipo U | 1 |
| Manómetro de presión | 1 |
| Tubo cuadrado de aluminio | 1 (1 m) |
| Switch de encendido universal | 1 |
| **Lista de componentes del sistema** | |
| Pedal de aceleración | 1 |
| Cuerpo de aceleración electrónico | 1 |
| Válvula EVAP | 1 |
| Reservorio del EVAP | 1 |
| ECM | 1 |
| CKP | 1 |
| ECT | 1 |

| | |
|---|---|
| CMP | 1 |
| MAP | 1 |
| VSS | 1 |
| Bobinas de encendido | 4 |
| Riel de inyectores | 1 |
| Inyectores | 4 |
| Válvula EGR | 1 |
| Sensor de oxigeno | 1 |
| Bomba de combustible | 1 |
| IAT | 1 |
| Puerto OBDII | 1 |
| Clúster de instrumentos | 1 |
| Caja de fusibles | 1 |
| Filtro de combustible | 1 |
| Catalizador | 1 |

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3. Instalación de los componentes del sistema de inyección electrónica del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail

### 3.3.1. Instalación del sensor MAP

Se identifican los cables provenientes de la ECM que conectan las señales del sensor, una vez realizado se procede a la instalación del sensor MAP en su respectivo lugar ya antes determinado en el diseño del banco de pruebas. Dado que este sensor tiene tres cables de conexión, se usan tres plugs tipo banana para realizar futuras revisiones del estado del sensor. Asimismo se usara un switch para la simulación de un fallo.

**Figura 38.** Montaje del sensor MAP

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.2. Instalación del sensor IAT

Para este sensor se utilizara una secadora de cabello y así simular el flujo de aire y la temperatura a través del sensor IAT, de este modo se enviar señales a la ECM de la manera más real posible. Este sensor se colocó en su respectivo lugar ya marcado por el diseño y se sujetara con una amarra plástica, además tendrá dos plugs tipo banana correspondiente al número de cables del conector del mencionado sensor.

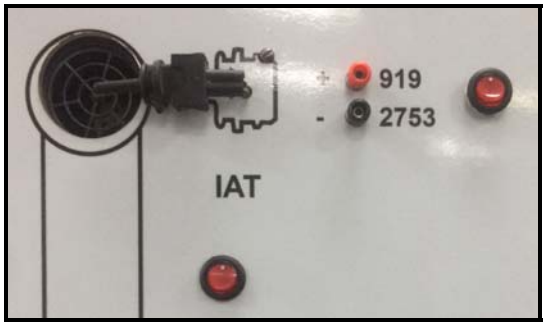



**Figura 39**. Montaje del Sensor IAT

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.3. Instalación del pedal de aceleración

Para la adherencia del pedal del acelerador, se usaron dos pernos con sus respectivas tuercas, se procedió a colocarlo en la posición asignada.

Posee 6 cables en el conector de los cuales 2 son positivos, 2 señales y 2 tierras, además se ubicó un switch para la simulación de fallo.

**Figura 40**. Instalación del Pedal de Aceleración

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.4. Instalación del sensor de posición del árbol de levas

La unión del sensor de posición del árbol de levas, a la lámina acrílica se lo realiza con 2 pernos con tuerca, 1 ángulo en l y una amarra plástica para garantizar su fijación. Además se elaboró una rueda fónica con un diente que representara la posición del árbol de levas.

Dicho sensor posee 3 cables que son: 1 positivo, 1 negativo y 1 señal con sus respectivos plugs tipo banana y un switch para simulación de fallo.

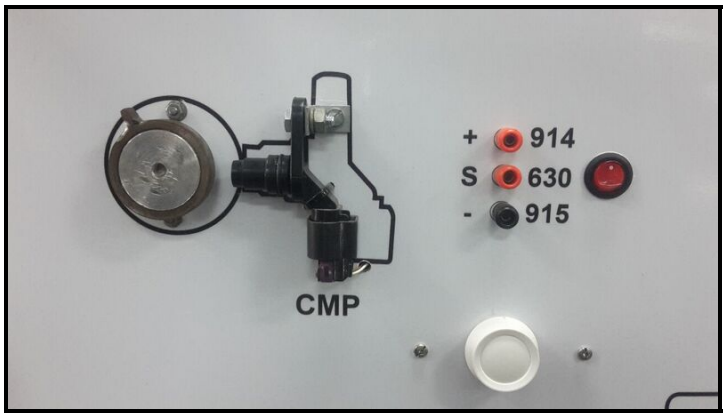



**Figura 41.** Instalación del sensor de posición del árbol de levas

**Autor**: Carlos Chucuyán

### 3.3.5. Instalación del sensor de posición del cigüeñal

Se confeccionó una rueda fónica para lograr la captación por parte del sensor de posición del cigüeñal dicho sensor va sujeto por medio de un ángulo y dos pernos con sus tuercas a la lámina de acrílico.

Como elementos adicionales se ubicó 3 plugs que corresponden a los 3 cables del conector del sensor que son: señal, positivo y tierra. Lleva un switch que simula el fallo del sensor, un motor de máquina de coser y también un regulador de revoluciones para la rueda dentada que gira asociado al motor.

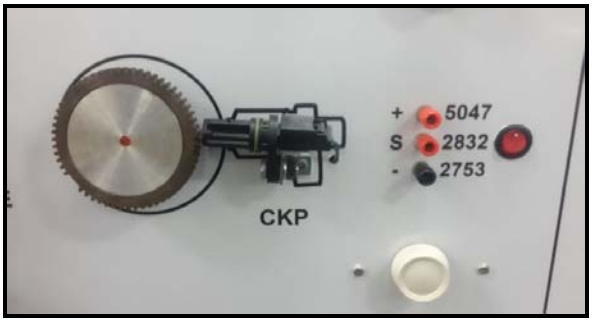



**Figura 42.** Instalación del sensor de posición del cigüeñal

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.6. Instalación del sensor de temperatura

Para el sensor de temperatura, no fue necesario sujetarla directamente a la lámina de acrílico, se empleó un recipiente hermético al cual se le realizaron 4 perforaciones que son 2 para la fijación del recipiente a la lámina de acrílico, 1 para la inserción del sensor al recipiente y 1 para el cableado de la resistencia que ira sumergido en el líquido refrigerante.

Como elementos adicionales, se usara una termocupla para el calentamiento controlado del líquido refrigerante, el cual se programó desde un control digital instalado a presión en la lámina acrílica.

El sensor de temperatura en su conector usa 2 cables de los cuales una es señal a la ECM y la otra es tierra, además posee 2 switch, el superior controla el encendido y apagado de la termocupla y el inferior para la simulación de fallo del sensor.

**Figura 43.** Instalación del sensor de temperatura

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.7. Instalación de sensor de detonación

Para la adherencia con la lámina de acrílico se usó un perno con tuerca, colocado en su respectivo lugar designado, el sensor de detonación posee dos cables que se encuentran dentro de un tubo flexible de protección, adicional al sensor también se instalaron dos plugs que corresponden a la alimentación y señal y un switch para simulación de fallo del sensor.

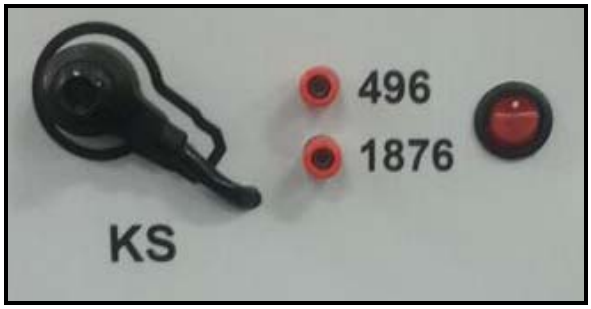



**Figura 44.** Instalación del knock sensor

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.8. Instalación del sensor de velocidad

Se realizó dos perforaciones en la lámina de acrílico, una para la entrada del eje del sensor y la otra para la fijación cuerpo del sensor de velocidad mediante ángulos al acrílico, como elementos auxiliares colocamos: 2 plugs tipo banana que corresponden a los cables del conector del sensor (positivo y señal), 1 switch tipo on/off, un motor eléctrico que va situado en la parte posterior del banco de pruebas y un regulador de revoluciones para controlar las RPM.

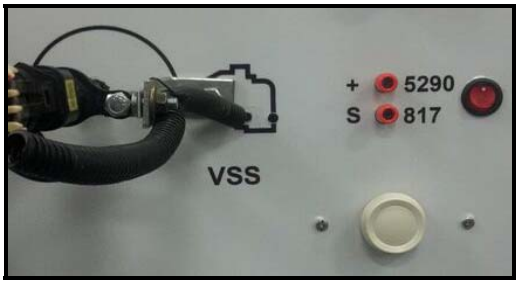



**Figura 45.** Instalación del sensor de velocidad

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.9. Instalación del switch de encendido

Se empleó un switch de encendido universal, con su respectiva llave, el cual es instalado a presión sobre la lámina de acrílico en lugar designado por el diseño.

**Figura 46.** Instalación del switch de encendido

**Autor**: Carlos Chucuyán

### 3.3.10. Instalación del cuerpo de aceleración electrónica

Para el acoplamiento del cuerpo de aceleración se emplearon cuatro pernos con 4 suplex para lograr una separación de unos 3 con respecto a la lámina acrílica, y así permitir el movimiento libre de la mariposa.

El conector del cuerpo de aceleración posee 6 cables, 2 señales del TPS, 1 masa, 1 referencia de 5v y 2 controles alto y bajo del motor. Asimismo se usaron plugs tipo banana para cada uno de ellos y un switch para simulación de fallo en el cable de alimentación.

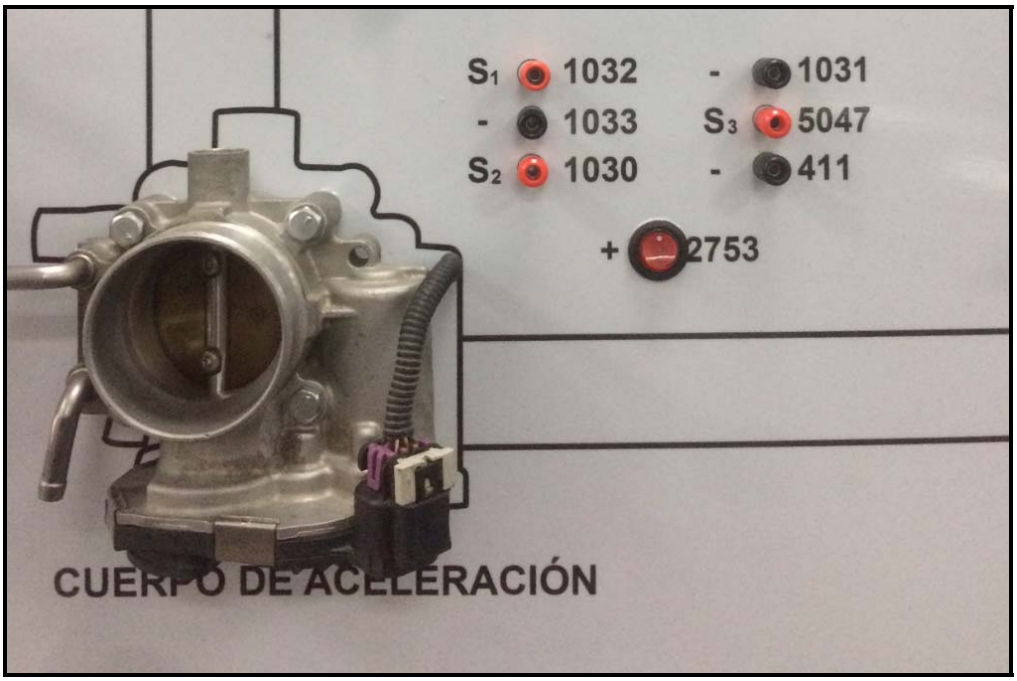



**Figura 47.** Instalación del Cuerpo de Aceleración Electrónico

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.11. Instalación de la válvula EGR

Se procedió a inmovilizar a la lámina de acrílico por medio de dos pernos y tuercas en el lugar ya indicado por el diseño, este actuador posee un conector con 5 cables de los cuales 3 son positivos y 2 son señales, van conectados a través de sus respectivos plugs que servirán para realizar diagnósticos a la válvula EGR. Posee un switch que corta la alimentación directa simulando así el fallo de la válvula.

**Figura 48**. Instalación de la válvula EGR

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.12. Instalación de las bobinas de encendido

En la instalación del grupo de bobinas de encendido, se empleó materiales como: 2 barras de metal tipo ángulo para la adhesión vertical por el extremo superior y el extremo inferior, también se usaron 8 pernos de los cuales 4 son para la sujeción superior de las bobinas, 2 para la sujeción del ángulo inferior con sus

suplex para lograr una separación de 3 cm con respecto a la lámina de acrílico y finalmente 2 para el ángulo superior fijado a la lámina ya antes mencionada.

Cada bobina posee 3 cables y 3 plugs tipo banana respectivamente, de los cuales 1 es positivo, 1 negativo y 1 corresponde a la señal proveniente de la ECM.

**Figura 49.** Instalación de las bobinas de encendido

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3.13. Instalación de los inyectores

En conjunto con los inyectores, se ensamblaron sobre 4 probetas plásticas de 100 ml cada uno recortados a 80 ml; se usó el propio riel de inyectores para el montaje de los mismos, una tubo cuadrado de aluminio de aproximadamente 25 cm de largo como base y una cañería para los retornos ubicados en las bases de las probetas, además se usó una llave de paso en la línea de retorno de combustible.

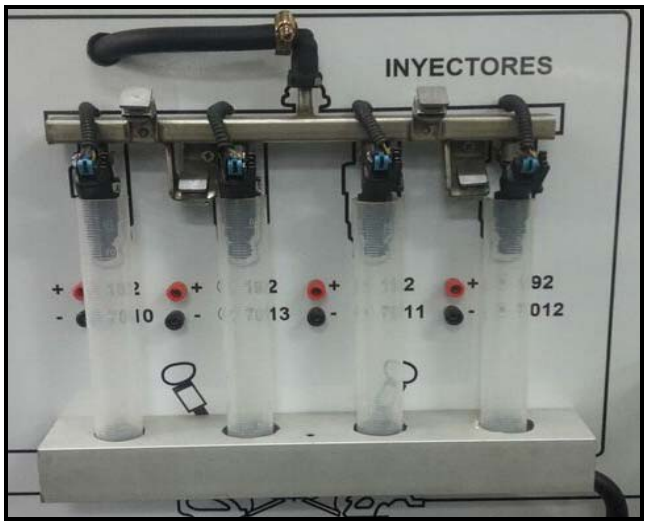



**Figura 50.** Instalación de los inyectores de combustibles

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3.14. Instalación de la ECM

Para la fijación del módulo de control del motor, en su lugar establecido por el diseño, se usaron 4 pernos con tuercas y las conexiones del mismo se realizaron de acuerdo al manual de servicio, conexiones que corresponden a señales de entrada de los sensores, salidas a los actuadores y al tablero.

**Figura 51.** Instalación de la ECM

**Autor**: Carlos Chucuyán

### 3.3.15. Instalación del puerto OBDII

Se usaron dos pernos de diámetro pequeño con sus respectivas tuercas para la sujeción del puerto a la lámina de acrílico, además fue necesario usar el manual del taller para realizar las conexiones en la parte posterior del OBII.

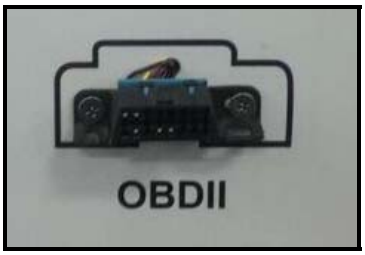



**Figura 52.** Instalación del puerto obdii

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.16. Instalación de la caja de fusibles

Se inmovilizó la caja de fusibles, por medio de 4 ángulos y 8 pernos que ayudaron a la fijación, también se realizó una perforación de aproximadamente 6 cm de diámetro para el paso del cableado hacia la parte posterior, para luego realizar las conexiones correspondientes según el manual del taller del vehículo.

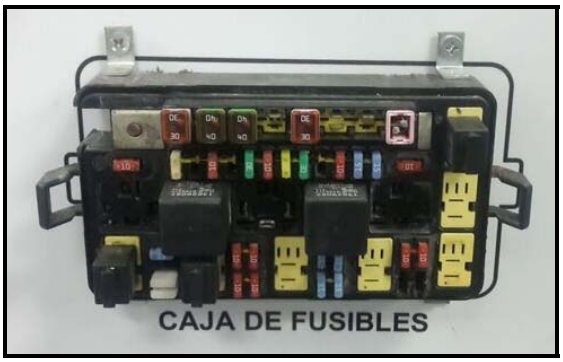



**Figura 53. Instalación de la caja de fusibles**

**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.17. Instalación del catalizador

Antes de proceder a la instalación del catalizador, se realizó varios cortes al mismo, removiéndole el protector y parte de la carcasa superior para así exponer el interior del catalizador. Se empleó dos pernos para la fijación sobre la lámina de acrílico.

**Figura 54**. Instalación del Catalizador
**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.3.18. Instalación del manómetro de combustible

Para la instalación del manómetro, se realizó una perforación de la misma medida del diámetro del cuerpo del elemento que es de 5.5 cm, para luego ser colocado a presión en la lámina de acrílico.

Va conectado en la parte posterior con la manguera de combustible que pertenece a la línea de alimentación, sujetos con amarras metálicas.

**Figura 55**. Instalación del manómetro

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3.19. Instalación de la válvula EVAP

Se realizó dos perforaciones que servirían para la sujeción de la válvula EVAP, por medio de un perno tipo U con sus respectivas tuercas.

**Figura 56.** Instalación de la Válvula EVAP

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3.20. Instalación del EVAP

Se ejecutó 3 perforaciones al acrílico: 2 para el paso de la amarra plástica que sujetara desde la parte superior al EVAP y uno para fijación de la base por medio de un perno y un ángulo con forma de L.

**Figura 57.** Instalación del EVAP

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3.21. Instalación del filtro de combustible

Para la instalación del filtro de combustible, se empleó una amarra plástica alrededor del filtro y un perno con su respectiva tuerca para ajustarla contra la lámina de acrílico y dejarla fija, se hicieron 2 agujeros adicionales por encima del filtro para lograr conectar las mangueras de combustible que finalmente estarán sujetas con amarras metálicas.

**Figura 58**. Instalación del filtro de combustible

**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.3.22. Instalación del tanque y bomba de combustible

La bomba de combustible va instalada en el interior del recipiente de plástico que reemplazara la función del tanque de combustible ambos irán situados en la parte inferior izquierda de la estructura metálica del banco de pruebas, el conjunto del tanque y bomba de combustible, ira sujeto a la estructura por medio de 4 ángulos con forma de L, sujetos en la base.

**Figura 59.** Instalación del Tanque y Bomba de Combustible
**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 3.3.23. Instalación del tablero de control

Para la instalación del tablero de control, se usaron 2 pernos con tuerca y 2 suplex en cada una de ellas, las conexiones del tablero de control se realizaron gracias al manual de servicio del vehículo, con el cual se procedió a conectar los cables del conector del tablero uno a uno.

**Figura 60.** Instalación del tablero de control
**Autor:** Carlos Chucuyán

## 3.4. Instalación de elementos auxiliares del banco de pruebas

### 3.4.1. Instalación de la fuente de poder modelo AS-350-12

La fuente de poder, de 12 voltios a 30 amperios fue ubicada dentro de la estructura, lado derecho con vista de frente del banco de pruebas. Fueron necesarios 4 perforaciones en la estructura metálica para colocar los 4 pernos pequeños con sus respectivas tuercas para fijar la fuente en su lugar.

**Figura 61.** Fuente de poder del banco de pruebas
**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.4.2. Instalación del conector de alimentación

El conector de alimentación a instalarse será uno 110 voltios a 30 amperios, auto enclavado y color azul. El lugar donde se instalara será en la pared de la estructura metálica del lado derecho con vista de frente al banco de pruebas a aproximadamente 20 cm del borde superior, para ello fue necesario la perforación de la estructura con una broca con cierra circular del mismo diámetro del cuerpo del conector para luego insertarse a presión y ser sujeto con 4 pernos a su base para dejarlo fijo en la estructura.

**Figura 62.** Conector de alimentación
**Autor:** Carlos Chucuyán

### 3.4.3. Instalación de botón de parado de emergencia

El botón de parado de emergencia tipo hongo color rojo, será ubicado a aproximadamente 30 cm por debajo del conector de alimentación, para ello se usara una broca con cierra circular del diámetro similar al del cuerpo del botón de parado, será incrustado a presión sobre la estructura metálica.

**Figura 63.** Botón de parado de emergencia

**Autor:** Carlos Chucuyán

# CAPÍTULO IV

# ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL

En este capítulo se menciona el análisis del sistema del acelerador electrónico del Vehículo Chevrolet Sail Motor S4A. Donde interpretaremos todos sus diagramas, describiremos todas sus conexiones para así poder analizarlos más profundamente y entender sus funcionamientos.

## 4.1. Pedal Electrónico del vehículo Chevrolet Sail.

El pedal de aceleración electrónico del Chevrolet Sail posee 2 potenciómetros donde consta de un conector de 6 pines. A continuación se mencionara cada uno de estos pines y su función que cumplen:

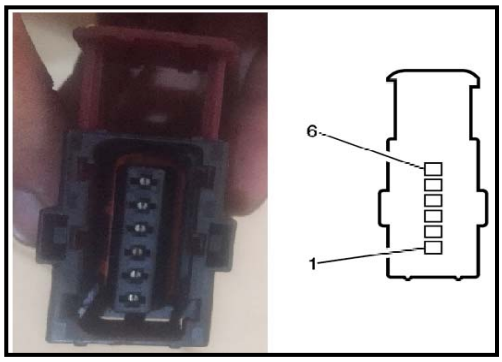



**Figura 64.** Conector del ECM al APP

**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

**Tabla 4 . Descripción del conector del app del chevrolet sail**

| Sensor Posición Pedal Acelerador | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Clavija** | **Tamaño** | **Color** | **Circuíto** | **Función** |
| 1 | 0.5 | BN | 1274 | Referencia de voltaje 5 de posición del pedal del acelerador (2) |
| 2 | 0.5 | D-GN | 1662 | Referencia de voltaje 5 de posición del pedal del acelerador (TP 1) |
| 3 | 0.5 | BK/WH | 1272 | Señal de posición del pedal del acelerador (1) |
| 4 | 0.5 | BK | 1271 | Referencia baja de posición del pedal del acelerador (1) |
| 5 | 0.5 | YE | 1661 | Referencia baja de posición del pedal del acelerador (TP 2) |
| 6 | 0.5 | WH | 1664 | Señal de posición del pedal del acelerador (2) |

**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

### 4.1.1. Módulo del pedal del acelerador electrónico

El modulo del APP se encuentra en el mismo pedal de aceleración, cual lo podremos encontrar de manera dependiente, cual se encontrara fijo al pedal y en caso de reemplazo deberá cambiarse todo el pedal de aceleración, o independiente del pedal cual se podrá cambiar simplemente el modulo.

**Figura 65.** Módulo del pedal del acelerador electrónico del Chevrolet Sail

**Autor:** Carlos Chucuyán

El sensor de posición de pedal del acelerador va conectado directamente con el ECM por su parte de alimentación positiva, de 3.3v, su conexión a masa, y su conexión de señal, que en el ECM se diverge con una resistencia a masa.

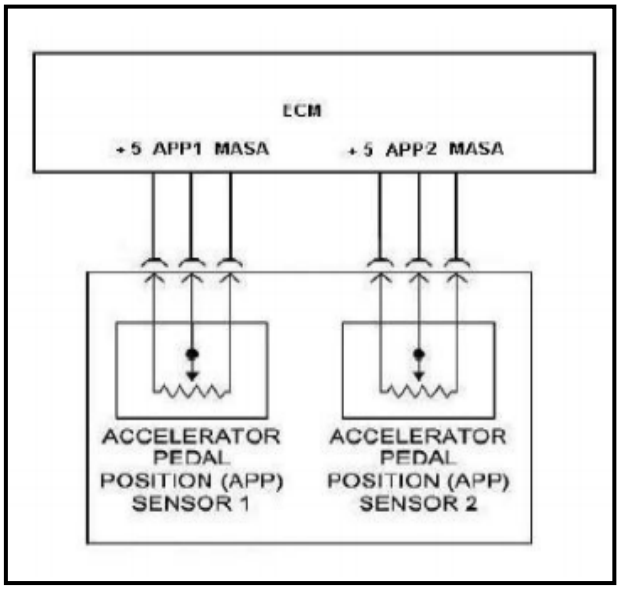



**Figura 66.** Configuración interna del módulo del APP del Chevrolet Sail con dos potenciómetros

**Editado por:** Carlos Chucuyán

**Fuente:** Cise Training

Como se puede observar en la Figura 66, el APP del Chevrolet Sail consta de 2 potenciómetros, donde estos dos potenciómetros tienen similitud, pero a la hora de su función al empujar el pedal el TP1 va aumentando el voltaje proporcionalmente al ir presionando el pedal, mientras que el TP2 decrece su voltaje, donde la ECM entra en función y empieza analizar cómo evolucionan los potenciómetros el cual ya deben estar en un rango establecido por el fabricante para la carga deseada y calcula por el motor.

**Tabla 5. Tensiones del sensor de posición del pedal del acelerador vs porcentaje de apertura**

| Posición del pedal del acelerador (% aplicado) | Tension del sensor APP1 | Tension del sensor APP2 |
|---|---|---|
| **0** | 0,50 V | 1,50 V |
| **5** | 0,65 V | 1,65 V |
| **10** | 0,80 V | 1,80 V |
| **15** | 0,95 V | 1,95 V |
| **20** | 1,10 V | 2,10 V |
| **25** | 1,25 V | 2,25 V |
| **40** | 1,70 V | 2,70 V |
| **50** | 2,00 V | 3,00 V |
| **60** | 2,30 V | 3,30 V |
| **75** | 2,75 V | 3,75 V |
| **80** | 2,90 V | 3,90 V |
| **100** | 3,50 V | 4,50 V |

**Fuente:** Manual del fabricante GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

Las resistencias variables las cuales difieren de manera similar y generan de oscilograma un par de líneas paralelas, a medida que se va presionando el pedal de acelerador la señal de tensión cambian en el pin de señal de la ECM, aumentando de manera progresiva.

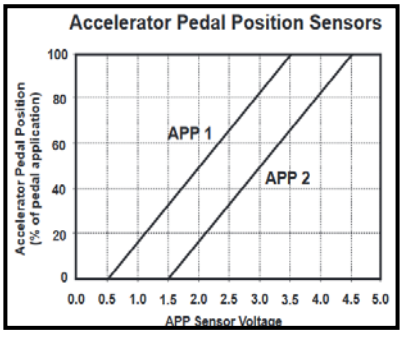



**Figura 67.** Gráfica de voltaje vs Porcentaje de Aceleración

**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

Esta medida se realizó para poder tener un mejor rendimiento al momento de medir las prestaciones solicitadas por el usuario y poder controlar de manera más precisa al acelerar, evitar contaminación del medio ambiente, optimizar el combustible y obtener mayores respuestas por la parte electrónica.

Una vez enviada la señal del APP solicitada, la que la recibirá para su funcionamiento es la ECM.

## 4.2. Unidad de control electrónico del motor (ECM)

La ECM es encarga de recibir la señal del APP y mediante otros parámetros externo calcula la carga solicitado.

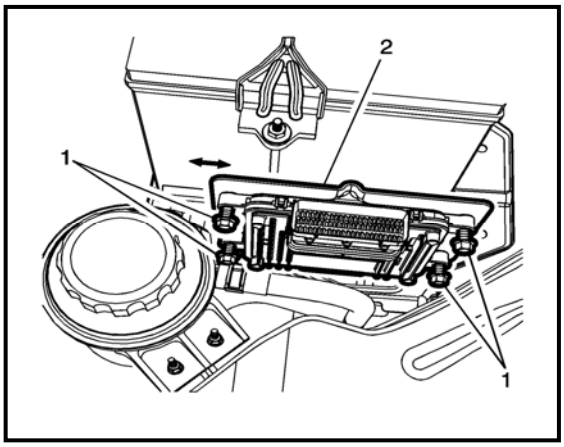



**Figura 68.** Computadora ubicada a lado de la batería del vehículo

**Fuente**: Manual de GM del Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 4.2.1. Descripción de los pines de la ECM del Chevrolet Sail Motor S4A

La ECM del Chevrolet Sail posee la abreviatura de ubicación C14 el cual también nos indica en el manual con respecto a su conector de 100 pines como se muestra en la figura 69.

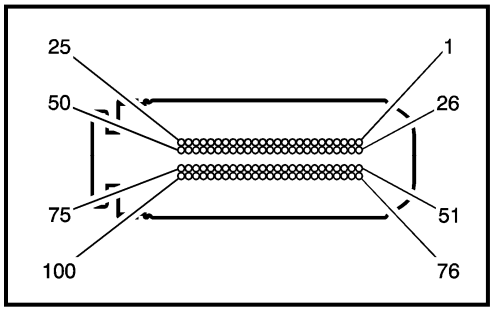



**Figura 69. Descripción de los pines del conector de la ECM del Chevrolet Sail.**

**Fuente:** Manual de GM del Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

Luego de que la ECM de respuesta al haber recibido la señal del APP, mediante los cables 21, 24, 65, 66, 67 y 49 va hacia el cuerpo de aceleración electrónico del vehículo Chevrolet Sail.

## 4.3. Cuerpo del acelerador electrónico del vehículo Chevrolet Sail

Una vez recibida la señal de posición del pedal la ECM calcula y analiza en función de los parámetros exigidos por el usuario un valor de par y potencia concreto de acuerdo a las prestaciones tanto internas como externas y ajuste la apertura o cierre ideal para el Cuerpo de Aceleración Electrónico.

Para poder invertir el giro es necesario adoptar un pole negativo o positivo y el otro pulsante. En el vehículo Chevrolet Sail el Cuerpo de Aceleración consta de un conector de 6 pines como se muestra en la tabla #7.

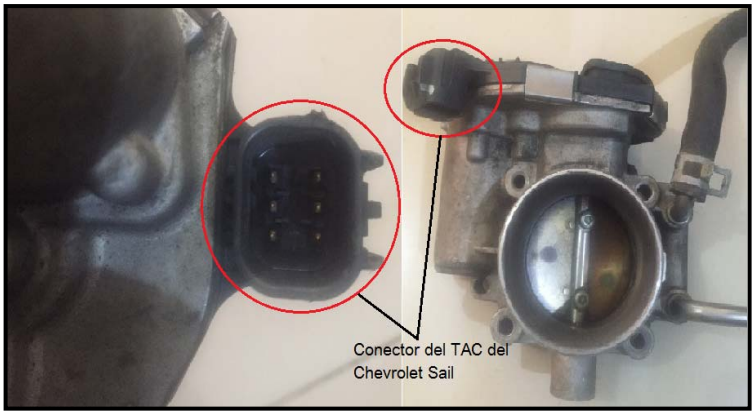



**Figura 70.** Cuerpo de aceleración electrónico con su conector de 6 pines del Chevrolet Sail.

**Autor:** Carlos Chucuyán

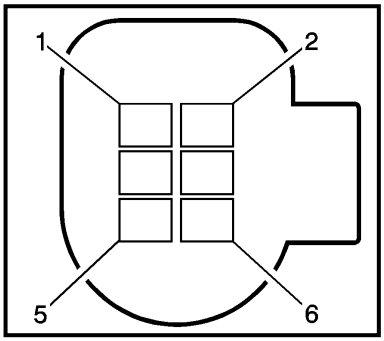



**Figura 71.** Descripción del conector de 6 pines del tac del vehículo Chevrolet Sail

**Fuente:** Manual de GM del Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

**Tabla 6. Descripción de los 6 pines del cuerpo de aceleración electrónico del vehículo Chevrolet Sail.**

| Electronic Throttle Control (B12 AMT) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Pin** | **Tamaño** | **Color** | **Circuito** | **Función** |
| 1 | 0.5 | BN | 485 | TPS 1 Señal |
| 2 | 0.5 | WH | 3201 | 5V Referencia |
| 3 | 0.5 | YE | 7336 | Señal para la Activación de la Mariposa |
| 4 | 0.5 | BN/BK | 486 | TPS 2 Señal |
| 5 | 0.5 | BN/D-GN | 7335 | Señal para la Activación de la Mariposa |
| 6 | 0.5 | WH/BK | 3202 | Baja Referencia |

**Fuente:** Manual de GM del Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

## 4.3.1. Recomendaciones al revisar el TAC

- Un ancho de pulso modulado bidireccional del motor de corriente continua es el encargado de controlar la mariposa del acelerador.

- Al leer valores del TAC con el scanner si se encuentra en el 0% la ECM mantendrá cerrada completamente la mariposa del acelerador.

- Al leer valores del TAC con el scanner si se encuentra en el 100% la ECM mantendrá abierta totalmente la mariposa del cuerpo de aceleración.

- Cualquier falla del circuito de motor del actuador de control del regulador establece un DTC y haciendo que el TAC se inutilice, cargado por resorte placa del acelerador volverá a la posición de 15% por defecto (ralentí rápido). Cuando está desactivado, el valor del TAC de la herramienta de análisis indicará 15%.

- La corriente máxima que resiste el actuador de control del acelerador es de 6 amperios.

Para realizar el diagnostico, le recomendamos las siguientes pruebas:

Prueba con código de Falla existente APP o TPS: Al realizar esta prueba, no debemos centrar nuestra atención en el número de la falla existente, ya que estos números cambian de acuerdo a la marca del vehículo que se diagnostica, lo importante es prestar atención a las descripciones de los mismos, como por ejemplo:

- Bajo voltaje en el sensor APPX
- Alto Voltaje en el sensor APPX
- Bajo voltaje en el sensor TPSX
- Alto Voltaje en el sensor TPSX

Para realizar el diagnostico, le recomendamos las siguientes pruebas:

A continuación recomendamos hacer las siguientes verificaciones para evaluar estas fallas:

- Verificar que el sistema de carga y voltaje de la batería sea el adecuado.
- Revisar las alimentaciones a la ECU (Fusibles y Líneas de voltaje de batería y tierras estén correctas).
- Verificar el voltaje los sensores APP y TPS. Tenga en cuenta que están alimentados por 5V referenciados a una tierra.
- Identifique las líneas de alimentación y señal.
- Verifique que no existan cortocircuito o circuitos abiertos en las líneas. Pruebe que AAP1 y APP2, así como TPS1 Y TPS2, varíen al accionar el pedal de aceleración y la mariposa.
- Use el scanner (línea de datos) para verificar voltajes de cada sensor. De acuerdo a la marca del vehículo, veremos el valor en voltaje o porcentaje de cada sensor.
- Para identificar que exista un circuito abierto se debe revisar APP y TPS en valor de voltaje y ver que este valor no esté por debajo de los 0.3V o que supere los 4.7V. Se debe tener en cuenta este valor ya que la computadora permite un margen inalcanzable para los sensores APP y TPS, dado el arreglo de polarización, si se presenta un circuito abierto, los valores de estos sensores estarán entre 0V y 5V.

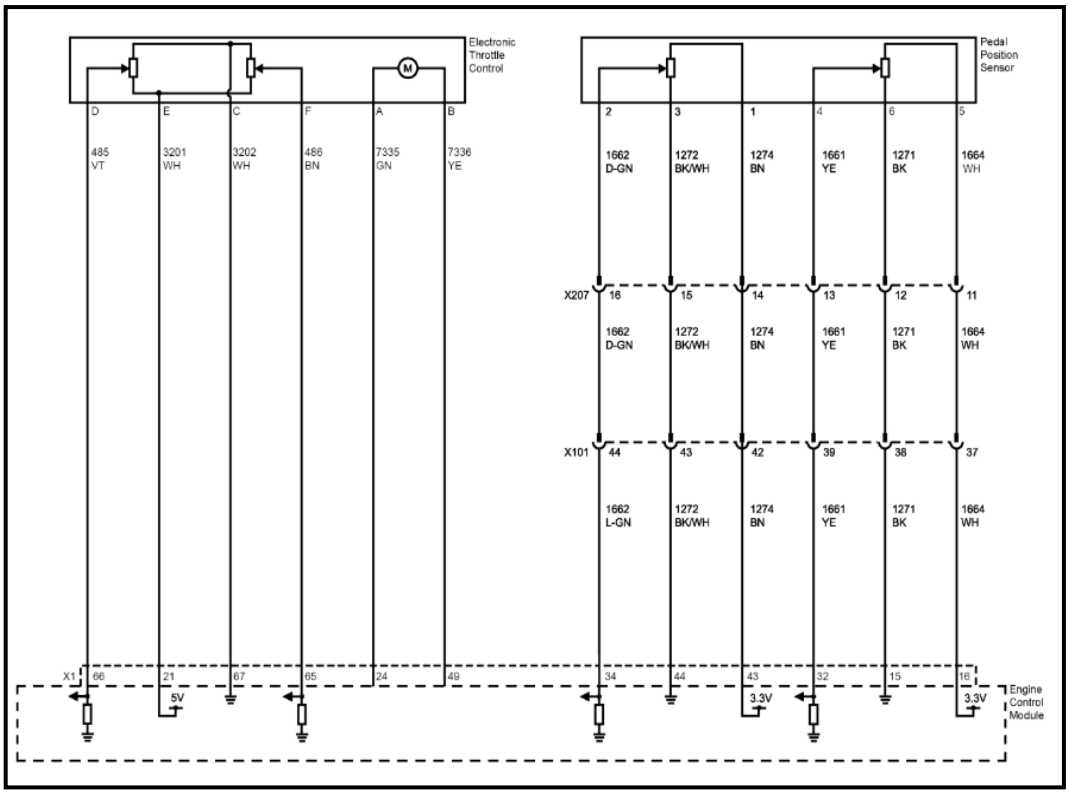



**Figura 72.** Diagrama eléctrico de comunicación entre el APP, ECM y TAC

**Fuente:** Manual de GM del Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

# CAPÍTULO V

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. Conclusiones

- Se ha construido un banco de prueba suficientemente amplio para acomodar los componentes del sistema de inyección electrónico de un vehículo marca Chevrolet modelo Sail para facilitar la enseñanza de los alumnos de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil con respecto al sistema de aceleración electrónico.
- El presente banco de entrenamiento de pruebas del sistema de inyección electrónico del Chevrolet Sail permitirá a los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil de ingeniería mecánica automotriz instruirse con respecto a los funcionamientos y sus partes de los sensores y actuadores del sistema de inyección y aceleración electrónico.
- Se realizaron pruebas y recolección de datos, para que los estudiantes tengan las guías necesarias para realizar las prácticas en el taller de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la UIDE.
- Mediante el análisis realizado al funcionamiento del sistema del acelerador electrónico se pude definir el reglaje de voltaje correcto de funcionamiento con respecto a su sistema e indicaciones del manual del fabricante.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar periódicamente el respectivo mantenimiento preventivo de la estructura y sistemas ya que por uso y des uso puede causar problemas en los sistemas y componentes por clima húmedo, exceso y acumulación de polvo, y movimientos de piezas internas y externas.

- Realizar pruebas de diagnósticos y usar las herramientas adecuadas al momento de usar el banco de pruebas del sistema de inyección electrónico del vehículo Chevrolet sail y así entender el funcionamiento de sus componentes.

- Analizar los datos obtenidos al momento de hacer pruebas y compararlos con los datos establecidos por el fabricante y llegar a una conclusión de aprendizaje efectivo con su respectivo docente.

- Complementar la parte que no se menciona, ya que no todos se encuentran en pleno estado de funcionamiento debido a que no se recrearon los entornos de trabajo necesarios para simular un estado real. Tales son el sensor MAP, sensor de oxígeno, la válvula EGR y el sensor KS.

# Bibliografía

Bosch. (2002). Técnica Del Automóvil. En Bosch, Regulación Electrónica (Pág. 38). Stuttgart: Robert Bosch Gmbh.

Bosch; Los sensores del automóvil de Bosch; 1 edición 2012.

Cuello Serrano, Efrén; Sistemas de inyección electrónica de gasolina; Ediciones América, 2002.

Domínguez, Esteban; Sistemas de transmisión y frenado; Editex, 2011.

Gobierno nacional del ecuador. (31 de enero de 2013-2017). Plan nacional de desarrollo/plan nacional para el buen vivir 2013-2017. Versión resumida. (semplades, ed.) Quito, pichincha, ecuador: el conejo.

Manual Del CEAC Del Automóvil, Ediciones CEAC, Sistemas De Alimentación (Pag.209) 2002

Martí Albert. Inyección Electrónica del Automóvil. Marcombo. 2012

Norbye, Jan P. Manual del Fuel Injection Chevrolet. Ed.Prentice Hall, 2004.

Pérez, Miguel Ángel; Sistemas auxiliares del motor; Editorial Paraninfo, 2011.

Universidad Internacional Del Ecuador, E. G. (2011). Líneas de Investigación. Guayaquil.

Verdaguer, Alberto; Manual práctico de inyección electrónica, 2005.

General Motor Shanghái, “Curso Técnico Chevrolet Sail”, 2011.

General Motors, “Manual de servicio Sail SGM”, América Latina 2014.

http://www.cisetraining.com/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=986

http://www.ase.com/MediaLibrary/Images/PDF%20folder/L1_Blue_Composite_Booklet_WEB.pdf

http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/200-pruebas-de-diagnostico-sobre-el-sistema-de-aceleracion-electronico/200-pruebas-de-diagnostico-sobre-el-sistema-de-aceleracion-electronico

http://www.autodaewoospark.com/cuerpo-aceleracion-valvula-IAC-sensor-TPS-Aveo.p

http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/195-pedal-y-acelerador-electr%C3%B3nico-tac.html

# ANEXOS

# ANEXO 1

**Tabla 7.** Descripción de pines de la ECM del Chevrolet Sail

| Engine Control Module (C14) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Pin** | **Size** | **Color** | **Circuit** | **Function** | **Option** |
| 1 | 0.5 | D-GN | 2123 | Señal de Control de Ignición – Cilindro 4 | — |
| 2 | 0.5 | L-BU | 2122 | Señal de Control de Ignición – Cilindro 3 | — |
| 3 | 0.5 | YE | 2124 | Señal de Control de Ignición – Cilindro 2 | — |
| 4 | 0.5 | BK | 150 | Tierra | — |
| 5 | 0.35 | YE | 630 | Señal del Sensor de la Posición de la Barra de Levas | — |
| 6 | — | — | — | No se usa | — |
| 7 | 0.35 | WH | 919 | Señal de Temp. del Múltiple de Admisión | — |
| 8 | 0.5 | BN | 435 | Señal de la Posición de la Válvula EGR | — |
| 9 | — | — | — | No se usa | — |
| 10 | 0.5 | BN | 908 | Señal del Sensor O2 Posterior | — |
| 11 | 0.35 | D-GN | 432 | Señal del MAP | — |
| 12 | 0.35 | L-GN | 9469 | Voltaje Bajo de Referencia | — |
| 13 | 0.35 | BN | 918 | 5V Referencia | — |
| 14 | 0.35 | BK | 469 | Voltaje Bajo de Referencia | — |
| 15 | 0.5 | BK | 1271 | Voltaje Bajo de Referencia | — |
| 16 | 0.5 | WH | 1664 | 5V Referencia | — |
| 17 | 0.5 | RD | 140 | Voltaje Positivo de Bateria | — |
| 18 | 0.35 | L-GN | 573 | 5V Referencia | — |
| 19 | 0.35 | D-BU | 916 | Voltaje Bajo de Referencia | — |
| 20 | 0.5 | BN | 907 | Voltaje Bajo de Referencia | — |
| 21 | 0.5 | WH | 3201 | 5V Referencia | — |
| 22–23 | — | — | — | No se usa | — |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 0.5 | D-GN | 7335 | Control del Actuador de la Mariposa en Baja | — |
| 25 | 0.5 | L-BU | 5292 | Voltaje de Ignición | — |
| 26 | 0.5 | D-BU | 2121 | Señal de Control de Ignición – Cilindro 1 | — |
| 27 | 0.5 | BK | 150 | Tierra | — |
| 28 | 0.5 | BK | 150 | Tierra | — |
| 29 | 0.5 | BK | 150 | Tierra | — |
| 30 | 0.35 | L-BU | 2832 | Señal de Sensor del Cigüeñal | — |
| 31 | — | — | — | No se usa | — |
| 32 | 0.5 | YE | 1661 | Señal de la Posición del Pedal de Aceleración | — |
| 33 | 0.35 | BK | 917 | Voltaje de Referencia | — |
| 34 | 0.5 | L-GN | 1662 | Señal de la Posición del Pedal de Aceleración | — |
| 35 | 0.35 | L-GN | 3683 | A/C Sensor de la Temperatura del Evaporador | — |
| 36 | 0.5 | WH | 203 | A/C Sensor de Presión de Aire | — |
| 37 | 0.5 | L-GN | 30 | Señal de la Boya de Combustible | — |
| 38 | — | — | — | No se usa | — |
| 39 | 0.35 | BK | 2761 | Señal del Sensor ECT | — |
| 40 | 0.5 | D-GN | 7352 | Señal del Sensor de Oxigeno | — |
| 41 | — | — | — | No se usa | — |
| 42 | 0.5 | VT | 7355 | Voltaje de Baja Referencia | — |
| 43 | 0.5 | BN | 1274 | 5V Referencia | — |
| 44 | 0.5 | BK/WH | 1272 | Voltaje de Baja Referencia | — |
| 45 | 0.35 | BN | 915 | Voltaje de Baja Referencia | — |
| 46 | 0.5 | WH | 914 | 5V Referencia | — |
| 47 | 0.5 | VT | 1739 | Ignición de 2/3 de Voltaje | — |
| 48 | 0.5 | RD | 340 | Ignición de 1/2 de Voltaje | — |
| 49 | 0.5 | YE | 7336 | Control de Actuador de la Mariposa en Altas | — |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 0.5 | L-BU | 5292 | Voltaje de Ignición | — |
| 51 | 0.5 | BN | 473 | Rele de Alta del Control del Electroventilador | — |
| 52 | 0.5 | D-GN | 335 | Rele de Baja del Control del Electroventilador | — |
| 53 | 0.5 | D-GN | 21 | Señal del Sensor del Pedal del Freno | — |
| 54 | 0.35 | YE | 710 | CAN Serial Data High | EMT |
| 55 | 0.35 | YE/BK | 1807 | CAN Serial Data Low | EMT |
| 56 | 0.5 | BN | 20 | Señal de Posición del Pedal del Freno | — |
| 57 | 0.5 | VT/BK | 1319 | Serial Data | — |
| 58 | 0.5 | YE | 5270 | Señal del VSS | — |
| 59 | — | — | — | No se usa | — |
| 60 | 0.5 | BN | 66 | A/C Señal de Rescate | — |
| 61–64 | — | — | — | No usado | — |
| 65 | 0.5 | BN/BK | 486 | TPS 2 Señal | — |
| 66 | 0.5 | BN | 485 | TPS 1 Señal | — |
| 67 | 0.5 | WH/BK | 3202 | Voltaje de Baja Referencia | — |
| 68 | 0.5 | D-GN | 817 | Señal del VSS | MT |
| 69 | 0.35 | D-BU | 410 | Voltaje de Baja Referencia | — |
| 70 | — | — | — | No se usa | — |
| 71 | 0.35 | WH | 1876 | Señal del Sensor de Detonación (KS) | — |
| 72 | 0.35 | VT | 496 | Señal del Sensor de Detonación (KS) | — |
| 73 | — | — | — | No se usa | — |
| 74 | 0.75 | BK | 150 | Tierra | — |
| 75 | 0.75 | BK | 150 | Tierra | — |
| 76 | 0.5 | YE | 7017 | Señal del MAF | — |
| 77 | 0.5 | WH | 459 | Rele de Control del Compresor del A/C | — |
| 78 | 0.75 | YE/RD | 7013 | Señal de Inyección de Combustible – Cilindro 2 | — |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 79 | 0.75 | YE/WH | 7011 | Señal de Inyección de Combustible – Cilindro 3 | — |
| 80 | 0.75 | YE | 7010 | Señal de Inyección de Combustible – Cilindro 1 | — |
| 81 | 0.75 | YE/BK | 7012 | Señal de Inyección de Combustible – Cilindro 4 | — |
| 82 | — | — | — | No se usa | — |
| 83 | 0.5 | BK | 913 | Señal del MAF | — |
| 84 | 0.5 | D-GN | 817 | Señal del Salida del VSS | — |
| 85 | 0.5 | WH | 135 | ECT Señal de Salida | — |
| 86 | 0.5 | VT | 458 | Rele de Control de la Bomba de Combustible | — |
| 87 | 0.5 | WH | 902 | Señal del Rele del Arranque | EMT |
| 88 | 0.5 | BK | 9349 | Sensor de Oxygeno Posterior | — |
| 89 | — | — | — | No se usa | — |
| 90 | 0.5 | BK | 7354 | Referencia Baja de Calentamiento | — |
| 91 | 0.5 | D-GN | 7414 | Señal de Salida del Nivel de Combustible | — |
| 92 | 0.5 | BN | 419 | MIL Control | — |
| 93 | — | — | — | No se usa | — |
| 94 | 0.5 | BN | 5069 | Rele Principal de Control | — |
| 95 | 0.5 | D-BU | 5372 | Control de Válvula de Purga EVAP | — |
| 96 | — | — | — | No se usa | — |
| 97 | 0.5 | WH | 121 | Señal de Velocidad del Motor | — |
| 98 | 0.5 | L-GN | 436 | Control de la Válvula EGR | — |
| 99–100 | — | — | — | No se usa | — |

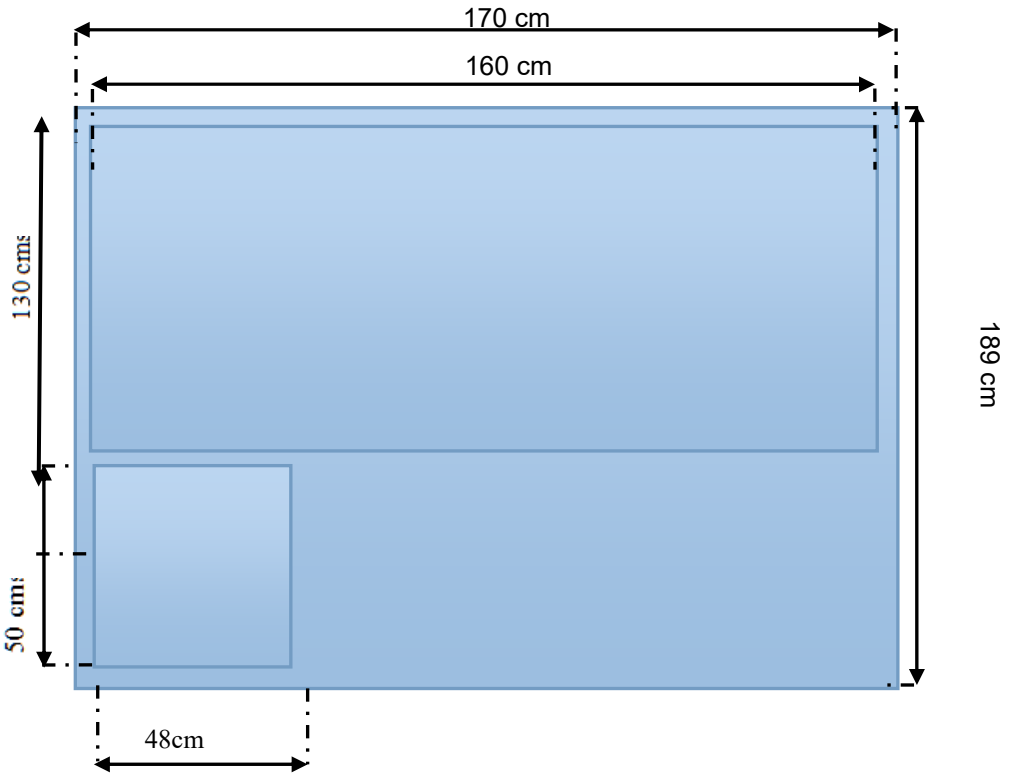
**Fuente:** Manual de GM Chevrolet Sail

**Editado por:** Carlos Chucuyán

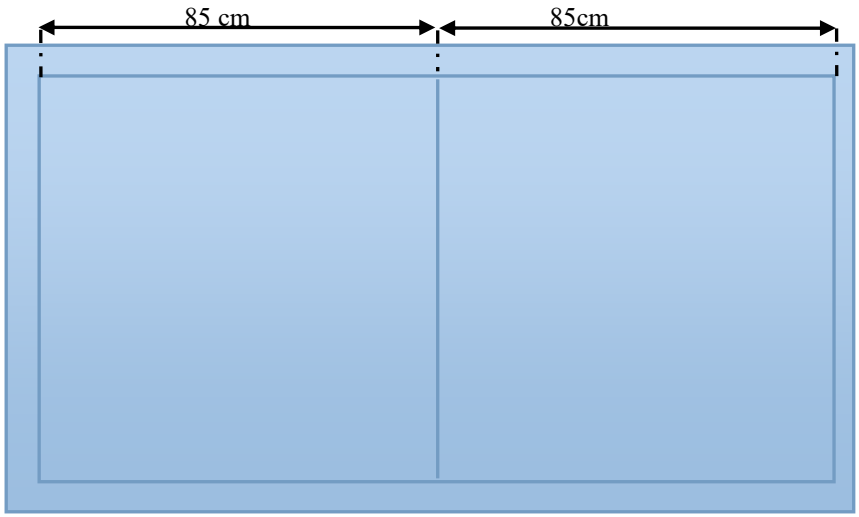
**ANEXO 2**

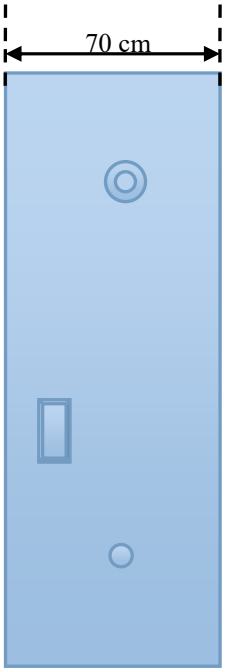
# PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DEL MOTOR S4A DEL CHEVROLET SAIL

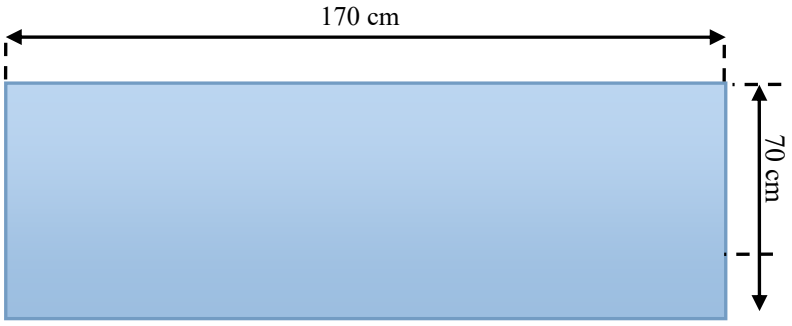
## VISTA FRONTAL




## VISTA POSTERIOR






**VISTA SUPERIOR**