

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

[DOI 10.35381/cm.v8i4](https://doi.org/10.35381/cm.v8i4)

Análisis y simulación del sistema de inyección de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family

Analysis and simulation of the fuel injection system of the Chevrolet Aveo Family vehicle

Jorge Luis Cepeda-Miranda
ua.jorgecepeda@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-6880-2515>

Dennis Iván Pérez-Aldás
ia.dennisipa69@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-7625-8858>

Johann Paulo Córdova-Corella
ia.johannpcc88@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-1493-044X>

Darién Geordano Rodríguez-Vélez
ia.dariemgrv22@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-0137-3437>

Recibido: 15 de junio 2022
Revisado: 10 de agosto 2022
Aprobado: 15 de septiembre 2022
Publicado: 01 de octubre 2022

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar el principio de funcionamiento del Sistema de Inyección de combustible del vehículo Chevrolet Aveo Family, mediante una investigación teórica práctica, para elaborar un sistema de gestión de mantenimiento. Del mismo modo, en el trabajo investigativo se realizó una serie de investigaciones cuantitativas para la elaboración de tablas y cálculos, los mismos que fueron necesarios para identificar y valorar ciertos parámetros de criticidad. En el enfoque cualitativo se investigó todo lo relacionado al sistema de inyección de este vehículo en estudio, los temas que fueron tomados en cuenta para este proyecto son los componentes del sistema de inyección, los materiales con los que se construyen estos componentes, se realizó unos árboles de fallas, los mismos que sirven para prevenir o identificar fallas antes de que ocurran.

Descriptores: Análisis cuantitativo; sistema en línea; vehículo automotor; mantenimiento, combustible gaseoso. (Tesauro UNESCO)

ABSTRACT

The objective of this investigation is to analyze the principle of operation of the Fuel Injection System of the Chevrolet Aveo Family vehicle, through practical theoretical research, to develop a maintenance management system. In the same way, in the investigative work a series of quantitative investigations was carried out for the elaboration of tables and calculations, the same ones that were necessary to identify and assess certain criticality parameters. In the qualitative approach, everything related to the injection system of this vehicle under study was investigated, the issues that were taken into account for this project are the components of the injection system, the materials with which these components are built, some fault trees, the same ones that serve to prevent or identify faults before they occur.

Descriptors: Quantitative Analysis; online system; motor vehicle; maintenance, gaseous fuel. (UNESCO thesaurus).

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la gestión de mantenimiento es uno de los criterios más importantes a considerar de manera urgente en los sistemas de los vehículos, puesto que los fallos inesperados de un vehículo por averías en un componente en específico, lleva consigo pérdidas económicas a nivel empresarial y también malestar en el ámbito personal ya sea por la pérdida de tiempo o el simple hecho de quedarse dañado en un lugar inhóspito. El sistema de inyección de combustible, al estar directamente relacionado con la emisión de gases contaminantes, tiene un impacto negativo en el medio ambiente, por lo que es necesario plantear estrategias que permitan minimizar los efectos negativos que este produce, por medio de un correcto mantenimiento de sus elementos constitutivos, para que cada uno de ellos cumpla con la función asignada dentro de los estándares correctos de operatividad.

En Ecuador los conductores tienen el mal hábito de esperar a que sus vehículos sufran daños para ahí corregirlos, cuando pudo haber sido prevenido con anterioridad, este es un sistema muy importante puesto que, sin él, el vehículo simplemente no podría operar.

Este proyecto busca realizar un plan de mantenimiento del sistema de inyección de combustible del Chevrolet Aveo Family, en función de poder prevenir y corregir algunos desperfectos que se pudieran generar con el paso del tiempo y el uso que se le da, dado que con un buen plan de mantenimiento se puede reducir al mínimo los gases contaminantes que se producen y minimizar la probabilidad de ocurrencia de un mal funcionamiento de alguno de los componentes del sistema en estudio, consiguiendo de esta manera que cumpla con su función asignada dentro de los estándares correctos de operatividad.

Analizar el principio de funcionamiento del Sistema de Inyección de combustible, mediante una investigación teórica práctica, para elaborar un sistema de gestión de mantenimiento, y a la vez, conocer la función de cada uno de los componentes, detallando las averías más frecuentes que se presentan, para elaborar un plan de gestión de mantenimiento.

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

“El sistema de inyección de combustible es un mecanismo de alimentación en los motores de combustión interna. En el caso de los motores de explosión o ciclo Otto, los inyectores han reemplazado al carburador, mientras que en los vehículos con motor Diésel el sistema de inyección se usa de forma obligatoria desde siempre, ya que el combustible se debe inyectar en la cámara al momento de la combustión.”

El sistema de inyección cumple con la función de llevar el combustible desde el tanque reservorio por medio de una bomba de gasolina hasta los cilindros, este sistema debe ser muy preciso en la cantidad y presión de combustible que inyecta en cada cilindro, cada fabricante tiene las especificaciones más convenientes para el buen funcionamiento de su vehículo.

El objetivo de este sistema es tener una mezcla estequiométrica lo más exacta posible entre el aire y el combustible, para aprovechar una combustión total en cada cilindro, en la antigüedad este proceso era realizado por un carburador el cual ha ido evolucionando en función de las nuevas tecnologías, hoy en día se utiliza una inyección electrónica moderna.

En la actualidad los motores de combustión interna utilizan una inyección más sofisticada la cual es programada por la Unidad de Control Electrónica (ECU) para distribuir de mejor manera el combustible y así reducir los gases contaminantes tomando en cuenta las normas de contaminación ambiental.

Análisis de modos de falla, efectos y criticidad

El análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) es una metodología que tiene como objetivo identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento a utilizar, ya sea preventiva, predictiva o correctiva. El AMFEC se emplea para la búsqueda y evaluación de escenarios que puedan representar un impacto adverso para la planta de proceso, identificando los escenarios de mayor riesgo y emitiendo acciones tendientes a minimizar los mismos (Mercedes, 2011).

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

El objetivo del FMECA es tomar decisiones y gestionar e implementar acciones correctivas que permitan eliminar el modo de falla o en su defecto disminuir su porcentaje de afectación para la generación de energía y correcto funcionamiento del motor (Miño, 2015). El AMFEC es un método básico de análisis en el sector automotriz, que puede aplicarse a otros sectores. Es un procedimiento de análisis de fallos en un sistema y clasificación por gravedad, por los efectos o consecuencias de los fallos. Es aplicable a productos y procesos, tanto en la fase de diseño, como de proceso, montaje, comercialización y otras aéreas (Rodríguez, 2012).

El AMFEC es una herramienta de análisis sistemático y de detalle de todos los modos de fallo de los componentes de un sistema, que identifica su efecto sobre el mismo. Así, componente a componente, se analiza cada modo de fallo independientemente y se identifican sus efectos sobre otros componentes del sistema y sobre el sistema en su conjunto (Mulet, Alberola, Chulv, Ramos, & Bovea, 2011).

El AMFEC es la evaluación sistemática más popular del proceso (producto) que nos permite determinar la localización y el mecanismo de fallas potenciales, con el objetivo de prevenir fallas de proceso. El AMFEC se caracteriza por un enfoque de abajo hacia arriba mediante el cual cualquier sistema de producción complejo se descompone en sus partes constituyentes, que se analizan sucesivamente para encontrar todas las posibles causas de falla y sus efectos. El analista construye una tabla con todas las causas de fallo y realiza una evaluación de criticidad para medir el nivel de riesgo de cada falla, en términos de criterios tales como la probabilidad de fallo o la gravedad de la falla misma (Braglia, Frosolini, & Montanari, 2003).

Estado del arte

El AMFEC fue desarrollado por primera vez como metodologías formales de diseño en la década de 1960 por la industria aeroespacial con sus evidentes requisitos de confiabilidad y seguridad. Desde entonces, se ha utilizado ampliamente para ayudar a garantizar la seguridad y la fiabilidad de los productos utilizados en una amplia gama

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

de industrias, en particular en el aeroespacial, automotriz, nuclear y las industrias biomédicas (Gargama & Kumar, 2011).

Uno de los métodos para determinar de forma cuantitativa la criticidad, es mediante la cuantificación del riesgo, en este método se evalúa de manera subjetiva en lo que corresponde a la severidad del efecto y una estimación de la probabilidad de su ocurrencia durante un periodo determinado de tiempo propuesto para el análisis.

El método 101 de la norma americana MIL-STD-1629A permite resaltar los modos de falla cuyos efectos son importantes en relación a severidad, detectabilidad, mantenibilidad, seguridad. El método 102 de la MIL-STD-1629A incluye consideraciones de tasa de falla o probabilidad, (nivel de criticidad) (Department of Defense, United States of America, 1980)

El AMFEC se emplea para la búsqueda y evaluación de escenarios que puedan representar un impacto adverso para el proceso, identificando los escenarios de mayor riesgo y emitiendo acciones tendientes a minimizar los mismos (Mercedes, 2011).

La SVM básica está diseñada para separar sólo dos clases entre sí, sin embargo, en muchas aplicaciones reales, se requiere un método para tratar varias clases. Por ejemplo, en el diagnóstico de fallas de una máquina eléctrica, existen varias clases de fallo además de un funcionamiento saludable (Pöyhönen, Arkkio, & Hyötyniemi, 2004). (Pöyhönen, Arkkio, & Hyötyniemi, 2004) comparan diferentes estrategias de acoplamiento para reconstruir un clasificador de varias clases a partir de clasificadores basados en SVM en pares con la aplicación al diagnóstico de fallas de un motor de inducción de jaula.

(Demetgul, 2013) utiliza la clasificación basada máquinas de soporte vectorial para aplicar al diagnóstico de fallas de una máquina eléctrica. Además, usan un análisis del campo magnético numérico para proporcionar datos de medición virtuales del funcionamiento sano y defectuoso de una máquina eléctrica. La SVM se ha aplicado con éxito a una serie de aplicaciones que van desde la detección de rostros, verificación y reconocimiento, detección de objetos y reconocimiento, carácter

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

manuscrito y reconocimiento de dígitos, detección de texto y categorización, verificación de voz y orador, reconocimiento, predicción y así sucesivamente. Sin embargo, son pocos los trabajos que discuten el uso de SVM en el monitoreo y diagnóstico de la condición de la máquina.

En la supervisión de la condición de la máquina y el problema de diagnóstico de fallos, SVM se emplea para reconocer patrones especiales de la señal adquirida, y luego estos patrones se clasifican de acuerdo con la ocurrencia de falla en la máquina. Debido al hecho de que es difícil obtener suficientes muestras de fallos en la práctica, el SVM se introduce en el diagnóstico de fallas de las máquinas debido a su alta precisión y buena generalización para un número menor de muestras. SVM tiene el potencial para manejar espacios de características muy grandes, porque la formación de SVM se lleva a cabo de modo que la dimensión de los vectores clasificados no tiene una influencia tan distinta sobre el rendimiento de SVM como lo ha hecho en el rendimiento del clasificador convencional (Widodo & Yang, 2007).

MÉTODOS

En el trabajo investigativo se realizó una serie de análisis e investigaciones cuantitativos en la elaboración de tablas y cálculos, los mismos que fueron necesarios para identificar diversos valores como la tabla de criticidad y árboles de fallas. En el enfoque cualitativo investigamos todo lo relacionado al sistema de inyección de este vehículo en estudio, los temas que fueron tomados en cuenta para este proyecto son los componentes del sistema de inyección, los materiales con los que se construyen estos componentes, y un árbol de análisis de fallas.

Modalidad básica de la investigación

- De campo de manera Participante: Se obtuvo datos para el desarrollo de mediciones de la presión del sistema, estando en contacto directo con el sistema del vehículo en estudio se realizó una estimación de la longitud de tubería con la finalidad de obtener información.

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

- Bibliografía Documental: Se obtuvo información actualizada y validada del sistema de inyección del vehículo en cuestión a partir de fuentes secundarias como manuales, catálogos, normas, y una investigación realizada en repositorios universitarios.

Nivel o tipo de Investigación

- No Experimental: la investigación consiste en la recolección de datos directamente del objeto en estudio en este caso el sistema de inyección, sin la manipulación o alteración de las condiciones ya existentes con la finalidad de estructurar los lineamientos para un buen plan de mantenimiento.

- En el nivel Descriptivo se determinó las características de los componentes del sistema de inyección del vehículo estudiado, también se analizó los posibles fallos en sus componentes y los tipos de mantenimiento que se le puede dar ya sea correctivo o preventivo, dando como resultado un plan de mantenimiento.

RESULTADOS

En la presente investigación en base a los resultados obtenidos se tiene que, a partir de un grado de Criticidad en el programa desarrollado, se puede considerar crítico o de importancia y dependiendo de la gravedad de los daños que puedan causarse. Una vez obtenidos los datos con el desarrollo de la corrida experimental, proceden a establecer la base de datos, para finalizar proceden a desarrollar un programa en el software LabVIEW, el mismo que sirve para predecir la severidad, ocurrencia, detección, en un determinado tiempo de muestra (Aguilar, 2017).

Se obtuvo resultados de interés acerca del funcionamiento del sistema de inyección del Chevrolet Aveo Family fundamentados en métodos científicos para entender su funcionamiento y como está conformado.

Usando investigación científica y de campo se realizó una tabla de componentes donde se especifica cómo está formado el sistema con un claro detalle del mismo, también se realizó tablas de criticidad para saber cuál de sus componentes o partes son propensos a dañarse más rápido y por último se elaboró un árbol de falla para

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

identificar y planificar cuando se debe realizar un mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en un tiempo correcto para así evitar daños mayores en el sistema.

DISCUSIÓN

Esta investigación dio como resultado que el sistema de inyección es más complejo de lo que parece y está compuesto de varios componentes conectados para que funcione, es necesario analizar cada una de las tablas para obtener estos resultados. Con la matriz de criticidad se consiguió ordenar los componentes y darles un valor dependiendo de su grado de criticidad. Nos ayuda a conocer cuál de sus componentes es necesario cambiarlo primero para evitar daños en el sistema y que componentes no requieren un cambio inmediato. Tenemos valores críticos, semicríticos y no críticos. En los componentes críticos tenemos que realizar un chequeo frecuente para evitar daños que requieran una paralización inmediata del vehículo en la carretera y dañar todo el sistema, varios ejemplos son los inyectores, tuberías de descargas, bomba de combustible y reguladores de presión.

Los componentes con grados semicríticos no necesitan de un mayor cuidado puesto que los daños que presentan no son tan graves por lo que el auto no se detendría de inmediato y los componentes con grados no críticos no afectaría al sistema, teniendo una probabilidad de fallo muy baja como por ejemplo el filtro de aire, sensor de temperatura de aire de admisión y los filtros de combustible.

Se realizó un análisis modal de fallas y efectos con la finalidad de bajar el índice de prioridad de riesgos (IPR) de algunos componentes cuyas fallas potenciales solían ser de gravedad, al realizar los mantenimientos correctivos y preventivos se consiguió menorar la frecuencia en la que estos componentes puedan fallar.

Mediante el uso de CAD se realizó un prototipo de inyector eléctrico y se lo sometió a diversas pruebas como de temperatura y presión, el inyector es de acero por lo cual no tuvo mayor problema, al realizar la simulación en algunas partes el estrés causado por las cargas que soporta este inyector nos dio una tabla en la que indica mediante el uso de colores, siendo el color rojo un indicador de los puntos donde la pieza es

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

más propensa a romperse y el color azul un indicador de que no va a sufrir sobrecarga de presión ni roturas. Se corrigió para evitar fisuras o rotura y se redujo material en ciertas partes para reducir el peso del inyector.

Inyectores

Los inyectores son muy importantes en los motores de combustión interna, para mejorar el rendimiento y reducir el consumo de combustible al máximo.

Cuando un inyector falla puede ocasionar serios daños en el motor, por eso es muy importante realizar un mantenimiento y limpieza de inyectores lo antes posible, cada inyector trabaja con un cilindro del motor, se inyecta combustible antes que el aire ingrese, en este proceso la aguja del inyector se eleva unos 0,1 mm de su asiento para que el combustible pueda pasar sin ningún problema (Espinoza, 2014).

Inyección de combustible electrónica multipunto se puede realizar un control de dosis, en el que se monitorean una variedad de parámetros para detectar el tiempo de inyección de referencia, tales como:

- Flujo, caudal y temperatura del aire.
- Temperatura del motor.
- Régimen de giro del motor.
- Carga del motor.
- Oxígeno residual de la mezcla (sonda lambda).
- Condiciones de funcionamiento (marcha mínima, ralentí, en frío).

Se utilizan los sensores para determinar modificaciones de tensión eléctrica, en función de variables físicas como la presión y la temperatura también variables químicas como los gases combustionados. Los sensores transmiten la información a la unidad de control electrónica, está la procesa para luego ordenar a los actuadores. La inyección del combustible está basada en:

- Medir la cantidad de aire que ingresa al motor, la mariposa es la que controla la entrada, en función de la cantidad de aire que el motor necesite, con la finalidad de cambiar el caudal de combustible.

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

- Dosificar el combustible lo más exacto posible de acuerdo a la requerida por esta cantidad de aire, necesaria para que la combustión sea lo más exacta posible, es decir, para que pueda ser una mezcla estequiométrica, dentro de los límites del factor lambda.
- Completar la función de la combustión junto con el encendido del motor. (Cisneros, 2017)

CONCLUSIONES

Con la matriz de criticidad se identificó cuál de los componentes tiene una mayor probabilidad de presentar un fallo y ver la posibilidad de realizar un mantenimiento preventivo para evitar daños futuros que comprometan a todo el sistema y que el vehículo se quede detenido.

EL sistema de inyección y sus componentes son muy útiles puesto que contribuye al ahorro de combustible y, por ende, mientras menos combustible se utilice, menores serán las emisiones del vehículo pues este solo inyecta al motor la cantidad de gasolina necesaria para las distintas revoluciones de este. Esto es importante para el ahorro de los usuarios de vehículos.

FINANCIAMIENTO

No monetario

AGRADECIMIENTO

A los fiscales penales de los distintos niveles que prestan servicios en el Ministerio Público de Lima Norte.

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

REFERENCIAS

- Aguilar, A. (2017). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (Amfec) del sistema de inyección de un motor de encendido provocado corsa evolution 1.4l empleando herramientas de aprendizaje y clasificación para la programación del mantenimiento. [Analysis of failure modes, effects and criticality (Amfec) of the injection system of a Corsa Evolution 1.4L spark ignition engine using learning and classification tools for maintenance scheduling]. (Proyecto Técnico). <https://n9.cl/pxgmh>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Montanari, R. (2003). Fuzzy TOPSIS Approach for Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. Parma.
- Cisneros, A. (2017). Técnicas de simulación de fallas en el sistema de inyección electrónica del motor Chevrolet Aveo 1.6lt 16v, en la universidad tecnológica equinoccial, sede Santo Domingo. [Fault simulation techniques in the electronic injection system of the Chevrolet Aveo 1.6lt 16v engine, at the Equinoccial Technological University, Santo Domingo headquarters]. <https://n9.cl/cd674>
- Demetgul, M. (2013). Fault diagnosis on production systems with support vector machine and decision trees algorithms. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2183–2194.
- Department of Defense, United States of America. (24 de November de 1980). Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis. MILSTD-1629A. Washington, United States of America.
- Gargama, H., & Kumar, S. (2011). Criticality Assessment Models for Failure Mode Effects and Criticality Analysis Using Fuzzy Logic. IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY, 102-110
- Miño, M. (2015). Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de un motor de combustión interna Wartsila 18V32LNGD. [Reliability, availability and maintainability (RAM) analysis of a Wartsila 18V32LNGD internal combustion engine]. Riobamba.
- Mulet, E., Alberola, C., Chulv, V., Ramos, J., & Bovea, D. (2011). Problemas resueltos de análisis de riesgos en instalaciones industriales.[Solved problems of risk analysis in industrial facilities]
- Pöyhönen, S., Arkkio, A., & Hyötyniemi, H. (2004). Coupling pairwise support vector machines for fault classification. Control Engineering Practice, 759-769.

Jorge Luis Cepeda-Miranda; Dennis Iván Pérez-Aldás; Johann Paulo Córdova-Corella;
Darién Geordano Rodríguez-Vélez

Rodríguez, J. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto.
[Maintenance of auxiliary systems of the Otto cycle engine.]. Málaga: Antakira

Widodo, A., & Yang, B.-S. (2007). Support vector machine in machine condition
monitoring and fault diagnosis. Mechanical Systems and Signal Processing,
2560–2574.

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la
licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)