



Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento

Analysis of the electronic fuel injection system for internal combustion engine regarding its failures and maintenance

Análise do sistema de injeção eletrônica de combustível para motores de combustão interna relativamente às suas falhas e manutenção

Jairo Edison Guasumba-Maila^I
jguasumba@tecnoecuadoriano.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

Víctor Alfonso Garay-Cisneros^{II}
vgaray@tecnoecuadoriano.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0711-3812>

Javier Milton Solís-Santamaria^{III}
jsolis.istg@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9291-1906>

Juan Carlos Jima-Matailo^{IV}
juan.jima@uisek.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5496-4073>

Correspondencia: jguasumba@tecnoecuadoriano.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de revisión

***Recibido:** 15 de noviembre de 2020 ***Aceptado:** 21 de diciembre de 2020 * **Publicado:** 09 de enero de 2021

- I. Magister en Diseño Mecánico, Estudiante de Universidad Internacional SEK, Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuadoriano, Quito, Ecuador.
- II. Magíster en Educación Mención Gestión del Aprendizaje Mediado por TIC, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuadoriano, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Ingeniería Mecánica Mención Sistemas de Transporte, Ingeniero Automotriz, Docente Investigador, Instituto Tecnológico Superior Guayaquil, Ambato, Ecuador.
- IV. Magíster en Sistemas Automotrices, Ingeniero en Mecánica Automotriz, Docente de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

Resumen

Los sistemas OBD deben reconocer y registrar las indicaciones erróneas de los sistemas asociados con la emisión de componentes tóxicos de los gases de escape, con esto la gestión de la inyección electrónica de combustible es principal en el correcto funcionamiento del vehículo. El análisis se centró en evaluar las fallas y efectos del sistema de inyección, todo esto en post de integrar el trabajo bibliográfico en base al análisis de sus fallos comunes en los vehículos con este tipo de sistema. Como resultado fue necesario identificar las características del sistema de inyección en los vehículos livianos, donde se produce los fallos al sistema de inyección e inyectores, que muestre el nivel de complejidad en su análisis de fallo y su contribución al mejoramiento de la vida útil y mostrar una proyección del tipo de mantenimiento. Como conclusión, determinarse el tipo de actividad de mantenimiento preventivo, correctivo y mejorativo, donde se clarificarán las actividades de mantenimiento que se implementarán y se intenta provocar, o no, cambios intrínsecos en las características de diseño relativas a confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de cada componente de la inyección electrónica.

Palabras clave: Inyección electrónica de combustible; análisis de fallos y efectos; mantenimiento; mejora de la calidad; vehículo.

Abstract

OBD systems must recognize and record the erroneous indications of the systems associated with the emission of toxic components of the exhaust gases, with this the management of electronic fuel injection is essential in the correct operation of the vehicle. The analysis focused on evaluating the failures and effects of the injection system, all this in order to integrate the bibliographic work based on the analysis of its common failures in vehicles with this type of system. As a result, it was necessary to identify the characteristics of the injection system in light vehicles, where the injection system and injectors fail, which shows the level of complexity in its failure analysis and its contribution to the improvement of the useful life and show a projection of the maintenance type. As a conclusion, determine the type of preventive, corrective and improvement maintenance activity, where the maintenance activities that will be implemented will be clarified and it is

intended to cause, or not, intrinsic changes in the design characteristics related to reliability, maintainability and safety of each electronic injection component.

Keywords: Electronic fuel injection; failure and effects analysis; maintenance; quality improvement; vehicle.

Resumo

Os sistemas OBD devem reconhecer e registrar as indicações errôneas dos sistemas associadas à emissão de componentes tóxicos dos gases de escapamento, com isso o gerenciamento da injeção eletrônica de combustível é essencial para o correto funcionamento do veículo. A análise centrou-se em avaliar as falhas e efeitos do sistema de injeção, tudo isso de forma a integrar o trabalho bibliográfico a partir da análise das suas falhas comuns em veículos com este tipo de sistema. Como resultado, foi necessário identificar as características do sistema de injeção em veículos leves, onde ocorre falha do sistema de injeção e dos injetores, o que mostra o nível de complexidade em sua análise de falha e sua contribuição para a melhoria da vida útil uma projeção do tipo de manutenção. Como conclusão, determinar o tipo de atividade de manutenção preventiva, corretiva e de melhoria, onde serão esclarecidas as atividades de manutenção que serão implementadas e se pretende causar, ou não, alterações intrínsecas nas características de projeto relacionadas à confiabilidade, manutenibilidade e segurança de cada componente de injeção eletrônica.

Palavras-chave: Injeção eletrônica de combustível; análise de falhas e efeitos; manutenção; melhoria da qualidade; veículo.

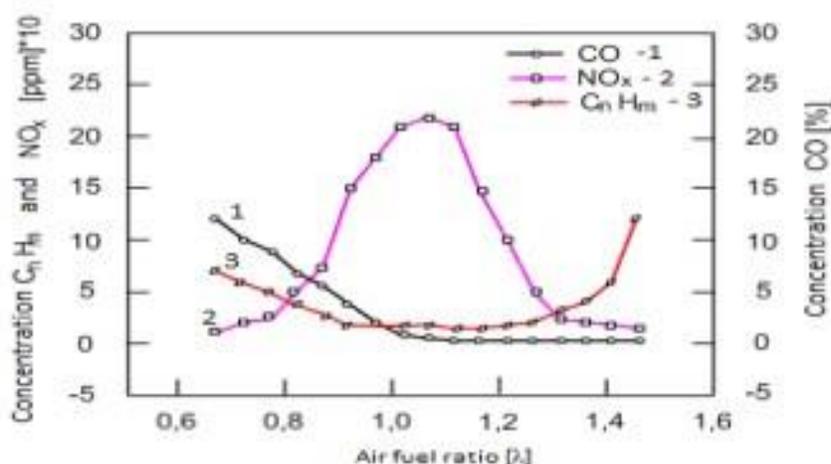
Introducción

El stock mundial de vehículos en carretera llegó a casi 1300 millones de vehículos en 2015 (Frey, 2018). El incremento acelerado del parque automotor en el Ecuador, en especial en la ciudad de Quito, ocasiona el incremento de los gases contaminantes al medio ambiente, el parque automotor en Quito fueron 400000 en el año 2016 y se incrementó a 432000 en el año 2017 según cifras de la AMT (del Ecuador, 2014).

Uno de los parámetros fundamentales que caracterizan las condiciones de funcionamiento del sistema de inyección y del motor, y especialmente el proceso de composición de una mezcla, es el

combustible del aire es la relación (λ) (Rocha-Hoyos et al., 2018). La emisión de compuestos tóxicos básicos está determinado en gran medida por el valor de esta relación (Figura 1). Si una mezcla permite la combustión completa del combustible se produce en el sistema de suministro, es determinada como mezcla estequiométrica y referida como $\lambda = 1.0$, mientras que una mezcla débil se determina como el valor $\lambda > 1.0$, y una mezcla rica $\lambda < 1.0$ (Benajes y Navarro, 2013). La determinación del valor del factor, además de controlar el contenido de otros ingredientes, permite concluir un correcto funcionamiento del sistema de suministro de combustible.

Figura 1: Contenido básico de los gases contaminantes depende de lambda (λ)



Fuente: Benajes y Navarro, 2013

La introducción de los requisitos de los estándares de Diagnóstico a bordo (OBD) (Dziubiński, 2017) permite a los sistemas de control de emisiones de componentes tóxicos más estrictos. Los sistemas OBD deben poder reconocer y registrar las indicaciones erróneas de los sistemas asociados con la emisión de componentes tóxicos de los gases de escape. El sistema OBD debe registrar y almacenar la existencia de daños en forma de códigos de error. Los requisitos básicos del OBD incluyen: evaluación del rendimiento del catalizador mediante la examinación del contenido de hidrocarburos en los gases de escape; supervisión del sistema de eliminación de gases de fluidos consumibles, control del sistema de alimentación de combustible y sistema de recirculación de los gases de escape identificación y ubicación de la ausencia de combustión. La combustión de mezclas débiles y en capas aumenta definitivamente la tendencia del motor a la aparición de ciclos sin combustión) (Rocha-Hoyos et al., 2019; Sanseverino y Cascio, 1997). La

falta de combustión tampoco es deseable debido al contenido de hidrocarburos no quemados en los humos de escape, que se queman en el colector de escape y en el catalizador, posiblemente dañando (Dziubiński et al., 2018).

Este enfoque simple pero directo puede ser técnico (cuantitativo) o no técnico (cualitativo). En cualquier caso, la atención se centra en el riesgo que uno está dispuesto a asumir. Por definición, el FMEA se convierte en una técnica sistemática que utiliza conocimientos de ingeniería, confiabilidad y técnicas de desarrollo organizacional; en otras palabras, equipos para optimizar el sistema, diseño, proceso, producto y / o servicio (Stamatis, 2003). La metodología AMFE es entendida como una técnica y alternativa para la gestión de averías que permite ser dirigida al análisis de identificación, evaluación y prevención de posibles fallos que permiten disminuir los riesgos asociados al uso de los dispositivos mecánicos, permitiendo que el análisis de efectos sea el estudio de las consecuencias de los fallos, maximizando la prestación de un servicio y la satisfacción de los usuarios (Mateus, 2015).

Según Vargas y Aldana (2014), no existe calidad sin servicio, ni servicio sin calidad, son dimensiones que siempre están presentes de manera articulada para el beneficio y satisfacción de las necesidades demandadas por el hombre (Hoyle, 2005). El Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Mejorativo, si con las actividades de mantenimiento que se implementan se intenta provocar, o no, cambios intrínsecos en las características de diseño relativas a confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de los activos objetos de mantenimiento (EN, 2017).

Por todo lo anterior, es necesario identificar qué características de combustión y del sistema de inyección en los vehículos livianos, se produce en función de fallos al sistema de inyección e inyectores, que muestre el nivel de complejidad en su análisis de fallo y su contribución al mejoramiento de la vida útil y mostrar una proyección del tipo de mantenimiento.

Metodología

La investigación se propone para identificar las propiedades del sistema de inyección todo esto en post de integrar el trabajo bibliográfico en base al análisis de sus fallos comunes en los vehículos. Las condiciones de mantenimiento y estado del mismo sean estándar en los sistemas de inyección de combustible (Dziubiński, 2018). Y así valorar y predecir la gestión del vehículo en base al trabajo de fallo de los sistemas de inyección de combustible (Chica y Rivera, 2015; Guamán et al.,

2019). Además de la complejidad del fallo para establecer la tarea de mantenimiento de acuerdo a su importancia para cada componente del sistema.

Análisis de Modos de Fallos y sus Efectos (AMFE)

Es una metodología que permite precisar los modos de falla de los componentes de su sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento a utilizar (ISO 31000, 2009). AMFE también conocido por sus iniciales FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) es un método sistemático para detectar y corregir los posibles defectos del producto antes que este llegue al cliente (Miranda et al., 2007). Este sistema se adapta a tareas sucesivas para encontrar todas las posibles causas de fallas y sus efectos.

El analista construye una tabla con todas las causas de fallo y realiza una evaluación de sus problemas 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 (Miranda et al., 2007). Las listas de modo de fallo deben incluir cualquier evento o proceso que pueda causar un fallo funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño y error humano, ya sea causado por operadores o mantenedores.

Los efectos de falla describen o que sucedería si no se hace ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla, si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves (Bestratén y Puyol., 2004; Aguilar Romero y Tandazo Flores, 2017)

Se evalúa la gravedad, ocurrencia y detección mediante los cuales se calculará el número de prioridad de riesgo para priorizar las causas habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo (Martín y Cándido, 1996), donde NPR: número de prioridad de riesgo, G: gravedad de fallo; F: probabilidad de ocurrencia; D: probabilidad de no detección, su escala se aprecia en la tabla 1 (Moreano et al., 2020; RojasTello, & Morera, 2014).

$$NPR = G * F * D$$

Tabla 1: Escala de valoración para la Matriz AMFE.

F: Frecuencia (1-10)	G: Gravedad (1-10)	D: Detección (1-10)
Imposible (1-2)	Insignificante (1-2)	Probabilidad de detección muy elevada (1-2)
Remoto (3-4)	Moderada (3-4)	Probabilidad de detección elevada (3-4)
Ocasional (5-6)	Importante (5-6)	Probabilidad de detección moderada (5-6)

Frecuente (7-8)	Crítico (7-8)	Probabilidad de detección escasa (7-8)
Muy frecuente (9-10)	Catastrófico (9-10)	Probabilidad de detección muy escasa (9-10)

Fuente: J. Díaz N. (2004)

La realización de un análisis exacto y completo respecto a los modos de fallos y sus efectos fue necesario establecer los parámetros a los cuales se van a regir dicho análisis y para ello se muestra a continuación el mapa de los diferentes tipos de mantenimiento Figura 2 que se les puede dar a un componente respecto a los fallos que estos presenten, dicho mapa se encuentra diferenciado por colores para una mejor identificación del mantenimiento. Además, durante el cálculo del NPR se obtuvieron valores elevados y pequeños, pero se debe tomar en cuenta que, los números elevados son a los cuales se pone más énfasis a la hora de realizar acciones correctivas.

Para definir las acciones de mayor a menor importancia se definió una escala, como se describe a continuación:

- $NPR > 100$: se toman acciones correctivas que deben ser realizadas con la mayor prontitud.
- $50 > NPR < 100$: se toman acciones correctivas que van a ser realizadas con una mediana prontitud.
- $NPR < 50$: se toman acciones correctivas que deben ser realizadas, pero en orden de criticidad son bajas.

Tipos de Mantenimiento

Los tipos de mantenimientos de acuerdo con la norma europea EN 13306: 2017, en su última actualización del 2017.

El mantenimiento mejorativo es aplicable cuando el mantenimiento que se ejecuta sobre el vehículo se orienta a crear un cambio positivo en alguna de las características intrínsecas (determinadas por el diseño), pero no cambia las funciones originales del mismo; Mientras que el mantenimiento preventivo (antes que ocurra el fallo) y mantenimiento correctivo 5 (luego de ocurrir el fallo). Es decir, la ocurrencia del fallo es el evento discriminante para definir lo que es preventivo de correctivo (Sexto, 2018).

Figura 2: Tipos de mantenimientos, según cambios intrínsecos en el vehículo



Fuente: (Sexto, 2018)

Resultados y discusión

El control electrónico del sistema de inyección de combustible sirve para determinar la dosis inyectada sobre la base del flujo de aire en masa y otros parámetros del motor se está aplicando actualmente. La cantidad de combustible se ajusta a una señal recibida del sensor de oxígeno. La señal del sensor de oxígeno correlacionada con la información sobre la posición instantánea del cigüeñal, corrige la cantidad de combustible en el cilindro (Dziubiński, 2017).

El ajuste personalizado de la composición de la mezcla para los otros cilindros se realiza de manera similar. El funcionamiento del sensor lambda debe tener en cuenta no solo las indicaciones de la sonda, sino también la cantidad de combustible calculada sobre la base del colector de admisión y la cantidad de combustible entregado en el ciclo. Esto es relevante ya que las emisiones son permanentemente reguladas por la sonda y ajustadas en base al factor lambda. Estos se medirán en función de las fallas propuestas para evaluar su variación y tendencia.

El combustible y la entrada del aire. los elementos constituyen factores que influyen en el peso y la proporción. Estos son: señal del sensor lambda, combustible. Presión (regulador de presión), capacidad de la bomba de combustible, tensión de alimentación, la permeabilidad de las mangueras

de combustible (entrada y salida), la eficiencia de los inyectores, la permeabilidad del filtro de combustible, la estanqueidad de la vía aérea, y permeabilidad del filtro de aire. Los fallos de la bujía se simularon en automóviles y se determinó el impacto de la falta de combustión en los cilindros seleccionados sobre la emisión de componentes tóxicos (Karolys, et al., 2019).

Por lo explicado, es necesario hacer un análisis que sea de implementación, pero principalmente que asegure un mejor performance en la operación del vehículo. Con base en lo explicado y la información que se tiene de cada componente, es necesario utilizar el AMFE para poder prever los cambios necesarios y potenciales fallas que afectarían al desempeño del sistema de inyección (ver tabla 2). Como se observa, los puntos de mayor riesgo en el AMFE tienen actividades sugeridas, las cuales ya tienen tipo de prioridad que es caracterizada por su mantenimiento.

Bien se sabe que el número de prioridad de riesgo dependerá de la priorización de las acciones de mantenimiento de cada sensor y actuador de sistema de inyección. Normalmente un 40% de los modos de fallo suelen ser fallos ocultos en los sistemas complejos (Diaz, 2004), como es nuestro sistema de inyección, acá se presente en la tabla 2 que ciertos componentes desde la parte de la parte eléctrica y electrónica del sistema son los recurrentes y prioritarios en el mantenimiento correctivo. Con este análisis previo del cambio, se tiene mayor seguridad de reducir las fallas en el este sistema. Este método se enfoca en conseguir la calidad con ayuda de un análisis sistemático permitiendo prevenir e identificar los modos de fallo tanto de un producto como de un proceso, esto se logra evaluando los parámetros de gravedad, ocurrencia y detección (Martín y Cándido, 1996).

Las mejoras propuestas apuntan a designar un tipo de mantenimiento y la reducción de fallos del sistema de inyección; teniendo como consecuencia ahorro de costos de recambio y garantía. Estos costos de atención dependen principalmente de la complejidad en la solución del fallo según el tipo de componente de influencia. Además de Proporcionar información relevante sobre el estatus de las órdenes de reparación al personal involucrado para hacer diligente la solución de los problemas presentados con las reparaciones.

Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento

Tabla 2: Aplicación del AMFE de fallas en el sistema

Componentes	Sistema Inyección De Combustible								Recomendación	Tipo De Mantenimiento
	Función Específica Del Componente	Fallo	Causa De Fallo	Efecto De Fallo	Valoración					
					F	G	D	Npr		
Bomba De Combustible	La Bomba De Combustible Es Un Elemento Esencial Es La Encargada De Hacer Que El Sistema De Inyección Reciba De Manera Constante El Combustible A Través De Los Rieles De Los Inyectores Que Mediante Succión Extraen El Líquido Del Tanque (Nitro, 2020)	El Síntoma Más Común De Una Falla De La Bomba De Gasolina Es Una Pérdida De Energía Mientras Se Está Conduciendo (Zona Del Motor, 2019)	Hay Menos Presión En Las Líneas De Combustible Y El Motor Está Recibiendo Menos Gas O Corrientes Intermitentes De Gas. (Zona Del Motor, 2019)	Perdida De Potencia En El Motor Al Momento De Estar Conduciendo.	5	4	3	60	El Líquido Del Carburante Lo Que Mantiene La Bomba De Gasolina A Una Temperatura Óptima Para Su Funcionamiento . Circular Habitualmente Con El Depósito De Combustible En Reserva Afectará Progresivamente A La Capacidad De Refrigeración De La Bomba (Ro-Des, 2020)	Mantenimiento Correctivo Inmediato
Filtro De Combustible	El Filtro Evita Que Las Impurezas Que Contiene La Gasolina Lleguen Al Sistema De Combustión (Derco, 2017)	Filtro De Combustible Está Sucio U Obstruido (Reynasa, 2017)	El Carburador O Los Inyectores Están Sucios Y Tienen Restos De Carbonilla. Esto Crea Una Mala Combustión De La Mezcla De Aire Y Combustible (Reynasa, 2017)	Problemas En Rendimiento Y Aceleración (Reynasa, 2017)	7	5	2	70	Para Solucionarlo, Se Pueden Utilizar Productos Como Loctite Sf 7235, Un Limpiador Muy Efectivo Para Retirar La Suciedad Y Hollín Incrustado Sin Dejar Ningún Residuo Oleoso En Las Piezas (Reynasa, 2017)	Mantenimiento Preventivo predeterminado

Bomba De Inyección De Combustible	Dosificar El Combustible En La Cantidad Precisa En Base A La Velocidad Del Motor En Cada Momento, Condiciones De Carga, Régimen De Vueltas	Aire En Las Líneas De Combustible (Motorok ,2018)	Se Produce Una Pérdida De Presión Cuando El Aire Entra En Las Líneas De Combustible De Una Bomba De Inyección Diésel (Motorok, 2018)	Esto Causa Problemas De Arranque Y Estancamiento Del Motor. (Motorok, 2018)	5	7	4	140	Purgar El Sistema De Combustible De Aire Y Verificar Si Hay Fugas En Las Líneas. Reemplazar Las Líneas Si Es Necesario (Motorok, 2018)	Mantenimiento Correctivo Inmediato
Inyector	Un Inyector Es Un Elemento Del Sistema De Inyección De Combustible Cuya Función Es Introducir Una Determinada Cantidad De Combustible En La Cámara De Combustión En Forma Pulverizada (Reynasa, 2019)	Perdida De Presión	Bloqueo De La Aguja Y La Suciedad En El Asiento De La Tobera, La Obstrucción De Los Orificios (Nitro, 2020)	El Motor Falla En Alta Velocidad, Excesiva Emisión De Humos Negros Por El Escape (Nitro, 2020)	4	6	5	120	Usar Aditivos Químicos De Limpieza De Inyectores, Cambiar El Filtro De Combustible (Roades, 2020)	Mantenimiento Correctivo Inmediato
Sensor Ckp	La Función Primordial Del Sensor Ckp Es Registrar La	Sensor Ckp Dañado (Hella, 2019).	Cortocircuitos Internos, Roturas En Los Cables,	Fallo Del Motor,	4	5	5	100	Revisar Si Los Cables Del Sensor Están En Buen Estado Con Un	Mantenimiento Correctivo Inmediato

Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento

	Velocidad Que Lleva El Motor Y La Posición Que Tiene El Cigüeñal (Hella, 2019).		Cortocircuitos En Los Cables, Daños Mecánicos De La Rueda Del Transmisor Y Suciedad Debido A Las Partículas De Metal (Hella, 2019).	Paro Del Motor Y Problemas En El Arranque (Hella, 2019).					Chequeo Constante Del Sensor.	
--	---	--	---	--	--	--	--	--	-------------------------------	--

SISTEMA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

Componentes	Función Específica del Componente	Fallo	Causa de fallo	Efecto de fallo	Valoración				Recomendación	Tipo De Mantenimiento
					F	G	D	NPR		
Sensor MAP	El sensor MAP mide la presión que se genera en el múltiple de admisión del motor y sirve para ayudarlo a la computadora a calcular cuánto aire está ingresando al motor (Maver, 2019).	Sensor MAP dañado (Maver, 2019).	La gasolina al no ser quemada por completo en el interior del motor genera humo negro en el escape contaminando el resto del sistema (Maver, 2019).	El motor tarda en encender, exceso consumo de combustible y humo negro en el escape del motor (Maver, 2019).	4	5	4	80	Chequear periódicamente si el sensor se encuentra en buen estado y libre de impurezas.	Mantenimiento Correctivo Diferido
Sensor MAF	Esta pieza es la que se encarga de medir la cantidad de aire que ingresa al motor (Motormundo, 2019).	Sensor MAF dañado	Las detonaciones del escape, los vapores de la gasolina y también la condensación	Desvalorización en la eficiencia del motor, fallas de encendido y algunos otros	4	5	4	80	Chequear periódicamente si el sensor se encuentra	Mantenimiento

			del agua pueden averiar al sensor MAF y desarmarlo (Motormundo, 2019).	problemas en el motor (Motormundo, 2019).					en buen estado y libre de impurezas.	Correctivo Diferido
Sensor oxígeno	Como su nombre lo dice, el sensor de oxígeno mide la cantidad de oxígeno restante en la combustión del motor, de esta forma ayuda a calcular la mezcla de gasolina correcta para maximizar el rendimiento y disminuir las emisiones contaminantes (Maver, 2019).	Funcionamiento erróneo del sensor (Maver, 2019).	La línea del sensor de oxígeno se encuentra interrumpida, en corto a tierra o en corto a corriente (Maver, 2019)	Si un sensor de oxígeno está en corto puede provocar fallas de encendido en el auto (Maver, 2019).	4	4	5	80	Revisar si los cables del sensor están en buen estado con un chequeo constante del sensor.	Mantenimiento Preventivo Basado en condición-Predictivo
Sensor TPS	Es un potenciómetro y de acuerdo a su movimiento se abre o cierra la mariposa, envía una señal al ECM, que a la vez suministra gasolina mediante un voltaje a los inyectores (Ramire, 2013)	Mal funcionamiento del sensor	El TPS se desajusta con la temperatura (infotaller, 2019).	La marcha en ralentí es inestable, existen más o menos Rpm que las normalmente funciona el motor. Se presenta jalones, titubeo y ahogamiento durante la aceleración y se produce un bajo rendimiento del motor (infotaller, 2019)	3	4	5	60	Chequear periódicamente si el sensor se encuentra bien ajustado	Mantenimiento Preventivo Basado en condición-Activo

Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento

SISTEMA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

Componentes	Función Específica del Componente	Fallo	Causa de fallo	Efecto de fallo	Valoración				Recomendación	Tipo De Mantenimiento
					F	G	D	NPR		
Sensor IAT	Convierte el cambio de temperatura de la resistencia del sensor en una señal para el ECU, el cual detecta la temperatura del aire y la emplea como una señal para controlar la regulación del encendido y los inyectores (Ramire, 2013).	Funciona incorrecto del sensor	Los cables que salen del conector del sensor se encuentran en cortocircuito. Esto puede suceder porque el aislante del cable se ha partido o cuarteado y los cables de cobre se han unido porque quedaron expuestos (Corrado, s.f.).	Produce altas emisiones contaminantes de CO, consumo elevado de combustible, difícil encendido en frío, motor acelerado en ralentí y el ECU no controla el tiempo de encendido (Corrado, s.f.).	5	5	4	80	Revisar si los cables del sensor están en buen estado con un chequeo constante del sensor	Mantenimiento Preventivo Basado en condición- Predictivo
Sensor ECT	Sensor que envía como dato la temperatura del motor para que la ECU regule la mezcla y el tiempo de encendido del combustible.	Conexión a masa provocando cortocircuito. Salto de señal. Cortocircuito a positivo. No alcanza una temperatura mínima del	Las conexiones eléctricas del sensor desgastados o presenta ruptura. No se encuentra enchufado correctamente (Hella, 2020)	Aumento del número de revoluciones al ralentí (Hella, 2020).	2	5	8	80	Comprobar las conexiones eléctricas de los cables del sensor. Revisar la resistencia NTC del sensor. Revisar la señal de temperatura del refrigerante	Mantenimiento Correctivo Inmediato

		refrigerante								
Sensor CMP	Lee las ranuras del engrane para que la computadora identifique la posición de los cilindros y sincronice la activación secuencial de los inyectores.	No informa el comienzo de inyección. Se descordina con el sensor del cigüeñal realizando una mala combustión. Irregularidad del picado selectico para cada cilindro	Rotura de la rueda del transmisor Cortocircuito Interno en el sensor Rotura de la conexión hacia la unidad del control. Daños mecánicos.	Iluminación de la luz de testigo Problemas en el arranque. La unidad de control activa la función de emergencia. Se registra un código de avería	3	7	3	63	Comprobar los cables de conexión. Comprobar la tensión de alimentación del sensor. Revisar el sensor que esté en buen estado el sensor. Verificar visualmente si el sensor tiene daños físicos.	Mantenimiento Preventivo Basado en condición-Activo
Computadora (ECU)	Es una unidad de control electrónico que administra varios aspectos de la operación de combustión interna del motor determinan la cantidad de combustible, el punto de ignición y otros parámetros monitorizando el motor a través de sensores (Ramire, 2013).	Genera señales erróneas por lo que genera problemas al momento de inyectar combustible (Raúl, 2020)	Pueden existir muchas causas las cuales generen este problema tales como: fallas en los sensores, inyectores dañados, entre otros (Raúl, 2020).	Produce fuertes emisiones de gases contaminantes, un bajo desempeño del vehículo y en el peor de los casos ya no enciende el motor (Raúl, 2020).	7	6	3	126	Chequear que el vehículo funcione bien al momento de encenderlo, y verificar que no se encienda la señal de checkengine (Raúl, 2020).	Mantenimiento Correctivo Inmediato

Fuente: Autores,2020

Conclusiones

Los beneficios que busca la investigación consisten: en determinar la incidencia el sistema de inyección del vehículo, bajo el protocolo por defectos comunes en la operación del sistema tanto de sensores y actuadores del sistema, además de ser un aporte técnico para el público en general, sobre los beneficios del mantenimiento regular que se propondrá como herramienta desde la investigación presente.

Monitorear y mantener actualizados los indicadores de efectividad y eficiencia, con el fin de medir que tan bien se logran y satisfacen los objetivos planteados dentro del proceso y que estos sean divulgados.

La ocurrencia del fallo, es el evento discriminante para definir tipos de Mantenimiento Preventivo o Mantenimiento Correctivo. Estos tipos de mantenimiento no tienen el objetivo de modificar las características de diseño ni las funciones originales del activo EN, B. (2017).

Referencias

1. Aguilar Romero, A. Y., y Tandazo Flores, L. F. (2017). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) del sistema de inyección de un motor de encendido provocado Corsa Evolution 1.4 L empleando herramientas de aprendizaje y clasificación para la programación del mantenimiento (Bachelor's thesis).
2. Benajes, J., y Navarro, E. (2013). Clasificación de los MCIA. Motores de combustión interna alternativos, 1ª Edición, 3ª Reimpresión, 24-42.
3. Bestratén, M., & Pujol, L. (2004). Responsabilidad social de las empresas (I y II). Notas Técnicas de Prevención-NTP,(643).
4. Chica Segovia, J. F., & Rivera Campoverde, N. D. (2015). Estudio del comportamiento de un motor ciclo Otto de inyección electrónica respecto de la estequiometría de la mezcla y del adelanto al encendido para la ciudad de Cuenca (Master's thesis, Quito, 2015.).
5. Corrado, R. Bombas Rotativas VE.

6. Derco. (2017). Noticias | undefined | Dercocenter. dercocenter-sitio. Retrieved 12 October 2020, from <https://www.dercocenter.cl/noticias/conoce-tuvehiculo-funcion-del-filtro-de-combustible/>.
7. del Ecuador, A. D. E. A. aeade. Anuario 2014. Quito, Ecuador: Gestión creativa, 2014. línea]. Disponible en <http://tinyurl.com/h9nx8ug>, 24.
8. Díaz N. (2004) Técnicas de mantenimiento Industrial. Escuela Politécnica Superior Algeciras Universidad de Cádiz.
9. Dziubiński, M., Adamiec, M., Siemionem, E., & Drozd, A. (2018, September). Experimental tests of the ignition-injection system. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 421, No. 2, p. 022005). IOP Publishing.
10. Dziubiński, M., Litak, G., Drozd, A., & Żukowicz, P. (2017). Modelling characteristics of spark ignition engine injection system. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11.
11. Frey, H. C. (2018). Trends in onroad transportation energy and emissions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(6), 514-563.
12. Hoyle, D. (2005). *Automotive quality systems handbook: ISO/TS 16949: 2002 edition*. Elsevier.
13. Infotaller. (2019). Consejos para mantener la válvula reguladora de presión. infotaller. Retrieved 13 May 2019, from https://www.infotaller.tv/electromecanica/Consejosmantaner-valvulareguladorapresion_0_1294970513.html#:~:text=Las%20aver%C3%ADas%20m%C3%A1s%20habituales%20relacionadas,%22%20o%20%22%C3%A1mpara%20MIL%22.
14. Karolys, B., Llanes-Cedeño, E., Vega, W., Cevallos, S., & Rocha-Hoyos, J. (2019). Effect of Injection Parameters and Emission characteristics in a Common-Rail Direct Injection Diesel Engine in Height Conditions: A Review. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 12(3).
15. Martín, C. P., & Cándido, A. N. (1996). Ejemplos practicos del analisis modal de fallos y efectos. *Qualitas hodie: Excelencia, desarrollo sostenible e innovación*, (30), 43-51.

16. Mateus, O. C. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. Cuadernos latinoamericanos de administración, 11(20), 37-49.
17. Maver. (2019). Función y fallas del sensor de oxígeno. Retrieved 13 August 2019, from <https://automotrizmaver.com/blog/funcion-y-fallas-del-sensor-deoxigeno/#:~:text=Cuando%20un%20sensor%20de%20ox%C3%ADgeno,una%20mezcla%20rica%20en%20combustible&text=Si%20un%20sensor%20de%20ox%C3%ADgeno,de%20encendido%20en%20el%20auto.>
18. Maver. Que fallas provoca el sensor MAP. Retrieved 13 June 2019, from <https://automotrizmaver.com/blog/que-fallas-provoca-el-sensormap/#:~:text=Las%20fallas%20mas%20comunes%20provocadas,en%20el%20escape%20del%20motor.>
19. Miranda, A. V. (2007). La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas. Contaduría y administración, (221), 209-246.
20. Moreano, A. D. L., Dilon, C. D. R., & Medina, A. G. C. (2020). Priorización del mantenimiento mediante la determinación del número prioritario de riesgo, y el análisis de modos y efectos de fallos de una máquina de inyección de poliuretano de alta presión. Ciencia Digital, 4(3), 317-335.
21. Motormundo. (2019). Las Fallas Comunes Del Sensor MAF Y Sus Soluciones.. Mundo del motor. Retrieved 13 July 2019, from <https://www.mundodelmotor.net/fallas-comunes-del-sensor-maf/>.
22. Raúl. (2020). Obtenido de: <https://www.rodas.com/mecanica/como-identificar-averia-bomba-gasolina/repuestos>
23. Reynasa. (2019). Partes y funcionamiento de los inyectores diésel. Retrieved 13 March 2019, from <https://www.reynasa.es/partes-y-funcionamiento-de-los-inyectoresdiesel/>.
24. Rocha-Hoyos, J. C., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S. F., & Peralta-Zurita, D. C. (2019). Efecto de la Adición de Biodiésel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel. Información tecnológica, 30(3), 137-146.
25. Rocha-Hoyos, J. C., Tipanluisa, L. E., Zambrano, V. D., & Portilla, Á. A. (2018). Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible. Información tecnológica, 29(5), 325-334.

27. Rojas, A. C., Tello, A. V., & Morera, A. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Revista de Medicina Veterinaria*, (27), 133-148.
28. Sanseverino, M., & Cascio, F. (1997). Model-based diagnosis for automotive repair. *IEEE Expert*, 12(6), 33-37.
29. Sexto, L. F. (2017). Tipos de Mantenimiento; cuántos y cuáles son. *Revista Mantenimiento en Latinoamérica*.(9), 4, 14-17.
30. Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Quality Press.
31. Vargas, M. E., & Aldana, L. Á. (2014). *Calidad y servicio: conceptos y herramientas*. Universidad de La Sabana.

2020 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/>).