

CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

[DOI 10.35381/cm.v10i2.1436](https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1436)

Optimización del mantenimiento de motores: matriz AMFE para la distribución y el sistema de encendido

Engine maintenance optimization: FMEA matrix for the distribution and ignition systems

Antonio Gabriel Castillo-Medina

ua.antonio83@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-0045-7495>

José Luis Dillon-Granizo

ta.joseldg90@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-5517-5850>

Dylan Andrés Constante-Moya

ia.dylanacm57@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-9249-608X>

José Luis Jiménez-Montalvan

josejm22@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-7532-5684>

Recibido: 15 de mayo 2024

Revisado: 15 de junio 2024

Aprobado: 15 de septiembre 2024

Publicado: 01 de octubre 2024

CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo aplicar un mantenimiento enfocado en la parte de la distribución y encendido, mediante el uso de equipos especiales automotrices. Como metodología, se hizo una sistematización de la experiencia tomando como base un estudio cuantitativo de tipo experimental. Entre los resultados, se logró una buena sincronización en el motor y el encendido perfecto del motor de combustión interna, por medio de los conocimientos teórico-prácticos adquiridos por los estudiantes y de la información adquirida en manuales. A manera de conclusión, los estudiantes llevaron a cabo prácticas de mantenimiento con mayor facilidad y seguridad, de la misma manera, el método empleado en el proyecto fue de manera empírica al estar en contacto natural con el vehículo.

Descriptor: Distribución; encendido; sincronización; banda; manivela de leva. (Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

The objective of the project was to apply maintenance focused on the distribution and ignition part, through the use of special automotive equipment. As a methodology, a systematization of the experience was carried out based on a quantitative experimental study. Among the results, good engine synchronization and a perfect ignition of the internal combustion engine were achieved, by means of the theoretical-practical knowledge acquired by the students and the information acquired in manuals. As a conclusion, the students performed maintenance practices with greater ease and safety, likewise, the method used in the project was empirical by being in natural contact with the vehicle.

Descriptors: Distribution; ignition; timing; band; cam crank. (UNESCO Thesaurus).

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalván

INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna son fundamentales en la industria automotriz y otras aplicaciones industriales. Un mantenimiento adecuado es esencial para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de los motores. El enfoque en la mecánica de la distribución y el sistema de encendido es crucial debido a su influencia en la eficiencia y fiabilidad del motor.

El sistema de distribución es una parte fundamental de los motores de combustión interna de cuatro tiempos. Sus componentes accionan la rotación sincronizada del árbol de levas, lo que garantiza que se abran y cierren las válvulas de entrada y salida del motor en los momentos apropiados.

Esto significa que, si alguno de los componentes de distribución falla, el automóvil ya no funcionará bien, lo que puede generar daños costosos al motor, los problemas más comunes que pueden afectar al sistema de distribución son desalineación de la polea, tensión incorrecta de la correa de distribución, lubricación inadecuada de la cadena de distribución y desalineación de engranajes. Ahumada et al. (2016) expresan que “una variedad de gasificadores de biomasa se han desarrollado a lo largo de los tiempos como modificaciones a los existentes a fin de optimizar el rendimiento de los mismos” (p. 180).

El sistema de encendido es responsable de arrancar el motor. Sus componentes principales son el interruptor de encendido, la batería, las bobinas de encendido, la unidad de control electrónico, los cables de alta tensión y las bujías de encendido o las bujías de precalentamiento. Las causas más frecuentes de averías son causadas por diversas razones; por ejemplo, el trabajo de Carrión et al. (2022) destaca que, “la temperatura es uno de los indicadores más comunes de la salud estructural de los equipos y componentes” (p. 182). Mercado & Peña (2016) declaran que “los sistemas eléctricos son susceptibles a las altas temperaturas, vibraciones, desajustes y por

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

supuesto a instalaciones con componentes de mala calidad, así como a parámetros que no se ajusten a las normas eléctricas vigentes” (p. 99).

La importancia del mantenimiento en la ingeniería automotriz ha adquirido mayor relevancia en los últimos años debido a la búsqueda de soluciones más sostenibles y eficientes en el sector. Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de herramientas y metodologías más precisas, lo que ha abierto nuevas oportunidades para optimizar el mantenimiento de los motores de combustión interna y mejorar su rendimiento.

En la literatura científica, se han documentado diversos estudios que abordan la optimización del mantenimiento en motores de combustión interna. Se ha demostrado que una estrategia adecuada de mantenimiento puede prolongar la vida útil del motor y reducir los costos operativos y de reparación. Además, se ha investigado la influencia de la mecánica de la distribución y el sistema de encendido en el rendimiento del motor y su eficiencia energética. Álvarez et al. (2022) afirman que “el futuro del mantenimiento en la industria es digital” (p. 15). Castillo & Michalus (2023) sugieren “ampliar la visión de lo que se considera “tecnología” e “innovación” e incluir además lo organizacional e institucional. Los proyectos tecnológicos deben tener sentido de pertenencia, dado que los actores sociales deben conferirle significado para adaptarlo a sus necesidades” (p. 200).

La aplicación de la Matriz AMFE, para Hernández et al. (2008) “Análisis de modos de falla y sus efectos”, y de acuerdo con Martínez & Planagumá (2021), “Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)”, se encarga de analizar los posibles riesgos de fallo en productos y procesos. Su enfoque es metodológico, se basa en diagramas de causa y efecto, criterios de evaluación, etc. En la ingeniería automotriz, esto ha demostrado ser una herramienta efectiva para identificar fallos potenciales y mejorar el Plan de Mantenimiento. La utilización de comprobaciones con osciloscopio complementa el diagnóstico de problemas y facilita una reparación más rápida y precisa. Para Alavedra

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalván

et al., (2016), “todo sistema es productivo, siempre y cuando opere bajo un mínimo de fallas” (p. 11). Dorrbercker et al. (2007) suponen que “para la aplicación del diagnóstico integral son imprescindibles la parte del equipo que se afecta y, en última instancia, el impacto de las mismas sobre el sistema donde se encuentren instaladas” (p. 11).

A pesar de los avances en el mantenimiento de los motores de combustión interna, todavía existen desafíos por abordar, como el diagnóstico preciso de problemas y la implementación de acciones correctivas y preventivas efectivas. En este contexto, el uso de osciloscopios, multímetro y scanner automotriz, se han destacado como herramientas invaluableles en el diagnóstico y mantenimiento de los motores de combustión interna. La capacidad de realizar comprobaciones con osciloscopio permite una visualización gráfica de las señales eléctricas, facilita la identificación de problemas en el sistema de encendido, sensores y actuadores, entre otros componentes.

El objetivo de este trabajo fue aplicar un mantenimiento enfocado en la parte de la distribución y encendido, mediante el uso de equipos especiales automotrices, lo cual condujo a implementar estrategias avanzadas en ingeniería automotriz para optimizar el mantenimiento de motores de combustión interna, con un enfoque específico en el uso de la Matriz AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) y en combinación con comprobaciones mediante osciloscopio, multímetro y scanner automotriz. La aplicación de la Matriz AMFE podría permitir identificar y priorizar posibles fallos en la mecánica de la distribución y el sistema de encendido, con el fin de mejorar la eficiencia y confiabilidad de los motores. Además, el uso herramientas de diagnóstico especializadas podría conducir a un diagnóstico más preciso y detallado, lo que contribuirá a mejorar el mantenimiento y a optimizar el rendimiento de los motores.

MÉTODO

En esta investigación, se llevó a cabo un estudio cuantitativo de tipo experimental para optimizar el mantenimiento del motor del vehículo Chevrolet Optra 1.8 de 16 válvulas,

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

con un enfoque específico en la mecánica de la distribución y el sistema de encendido. Para lograr este objetivo, se aplicaron distintos métodos y herramientas que permitieron obtener datos precisos y confiables para el diagnóstico y mantenimiento efectivo del motor.

Además, se utilizó una metodología de investigación aplicada, que combinó métodos cualitativos y bibliográficos, junto con un enfoque experimental. Para recopilar información detallada sobre el vehículo y profundizar en los conceptos y funcionamientos del sistema de distribución, se estableció un contacto natural con el vehículo. Esto permitió trabajar directamente en el sistema y contar con el conocimiento fundamentado del instructor encargado.

En el método cualitativo, se recopiló información a través de opiniones, informes y manuales relacionados con el vehículo, lo que complementó la comprensión teórica del sistema de distribución y encendido.

Por otro lado, el método bibliográfico documental fue fundamental para obtener información actualizada y validada del sistema de distribución del Chevrolet Optra a partir de fuentes secundarias como manuales y normas técnicas.

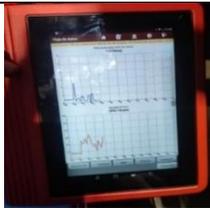
Además, se aplicó la herramienta del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) para evaluar los posibles fallos y riesgos asociados a la mecánica de la distribución y el sistema de encendido del motor. Esta técnica permitió identificar y priorizar los puntos críticos que requerían mayor atención en el mantenimiento, brindando una base sólida para la toma de decisiones en la planificación y ejecución de las intervenciones.

El método experimental fue esencial en esta investigación, ya que se realizaron actividades prácticas de desmontaje y ensamblaje del sistema de distribución, incluyendo el cambio de tensores, la bomba de aceite y la banda de distribución. Asimismo, se llevaron a cabo varios movimientos en los árboles de levas, a fin de obtener los puntos óptimos de sincronización del motor.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

Para llevar a cabo el diagnóstico y mantenimiento, se emplearon equipos de diagnóstico automotriz, entre ellos el escáner automotriz, el osciloscopio y el multímetro automotriz. Estas herramientas permitieron explorar y cuantificar las señales eléctricas, detectar fallos eléctricos en la ECM y medir magnitudes eléctricas con precisión, facilitando así la identificación y solución de problemas en el sistema de encendido y otros componentes relevantes.

Tabla 1.
Herramientas y equipos de diagnóstico automotriz.

Nombre	Ilustración	Descripción
Scanner Automotriz		Es una herramienta de exploración de todos los componentes eléctricos, gracias a esta herramienta, podemos detectar fallos eléctricos que se presentan en la ECM.
Osciloscopio		Es un instrumento de diagnóstico utilizado para tomar mediciones eléctricas, cuantificar señales, entre otras funciones.
Multímetro Automotriz		Es un dispositivo electrónico que sirve para leer magnitudes eléctricas que expresa como dígitos en una pantalla digital.
Herramientas en general		Generalmente son muy utilizadas en el ámbito automotriz para permitir o facilitar cualquier tarea mecánica.

Elaboración: Los autores.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

El diagrama y los puntos de referencia en los engranajes del cigüeñal y del árbol de levas fueron de mucha ayuda para realizar la sincronización y ensamblaje del sistema de distribución del motor, con la finalidad de que no presentara ningún problema al momento de encender el vehículo. A continuación se muestran las figuras 1, 2 y 3.

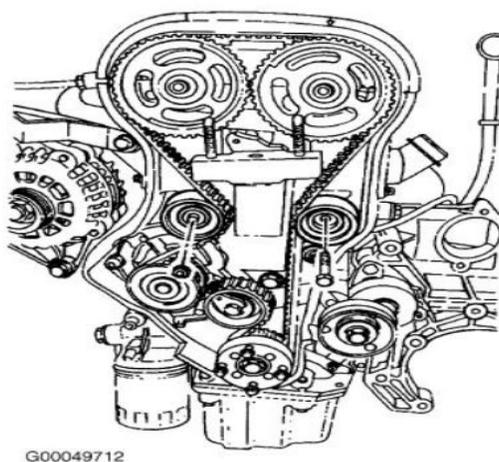


Figura 1. Diagrama de la distribución del chevrolet optra 1.8.

Fuente: <https://n9.cl/40ly3>



Figura 2. Polea del cigüeñal.

Elaboración: Los autores.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

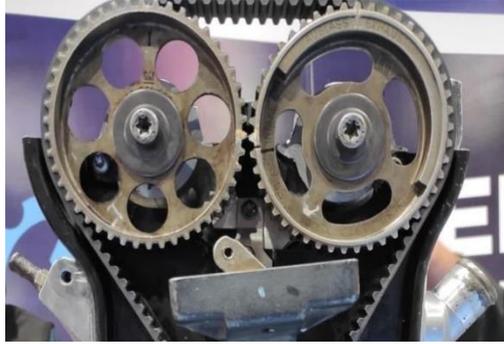


Figura 3. Engranajes de los árboles de levas.

Elaboración: Los autores.

El diagrama de la figura 4, se identifica toda la red de cableado existente en el sistema, con la finalidad de realizar un correcto mantenimiento y armado de la red eléctrica.

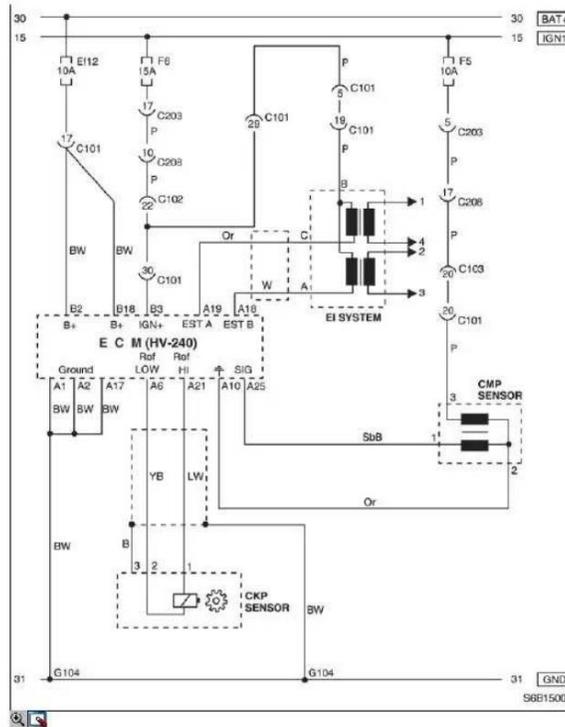


Figura 4. Diagrama eléctrico de la distribución.

Elaboración: Los autores.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

En conclusión, mediante la combinación de métodos cualitativos, bibliográficos y experimentales, junto con la aplicación del AMFE, se logró un estudio completo y detallado para optimizar el mantenimiento del motor del Chevrolet Optra 1.8 de 16 válvulas, enfocándose específicamente en la mecánica de la distribución y el sistema de encendido. El uso de equipos de diagnóstico automotriz y las herramientas adecuadas fueron fundamentales para obtener datos precisos y realizar un trabajo de mantenimiento y reparación eficiente. Con estas técnicas y herramientas, se aseguró el funcionamiento del sistema y se garantizó una red eléctrica bien armada y mantenida en el vehículo, contribuyendo así a mejorar la eficiencia y fiabilidad del motor.

RESULTADOS

Los datos obtenidos mediante el uso del multímetro y osciloscopio permitieron identificar el estado de los componentes del sistema de distribución y encendido. Se deben utilizar instrumentos de medida eficientes, para tener una operación rápida y precisa, que brinden resultados exactos durante la medición.

Se realizaron pruebas de voltaje en el cableado que llega al sensor para evaluar la integridad de los cables y se realizó la prueba con el osciloscopio para comprobar la señal arrojada que ayude a identificar la posición del Cigüeñal y la señal u onda arrojada del sensor es de efecto inductivo. Se muestra en la figura 5 y la tabla 2.

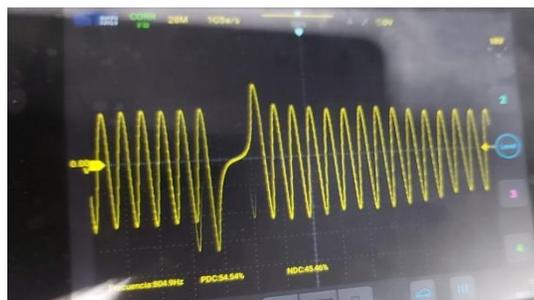


Figura 5. Señal del sensor CKP.

Elaboración: Los autores.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

Tabla 2.

Voltajes del cableado del sensor CKP.

Mediciones del Cableado del sensor			
	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3
Encendido	0 V	2.5V	2.5 V

Elaboración: Los autores.

En el sensor cmp se realizaron pruebas de voltaje en el cableado y pruebas con el osciloscopio en la señal del sensor; este sensor facilita la posición del árbol de levas y trabaja en conjunto con el sensor ckp, la onda arrojada por el sensor es de efecto Hall. A continuación se muestra la figura 6 y la tabla 3.



Figura 6. Señal Sensor CMP.

Elaboración: Los autores.

Tabla 3.

Voltajes del cableado del sensor cmp.

Mediciones del Cableado del sensor			
	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3
Encendido	12.17 V	0 V	5 V

Elaboración: Los autores.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

En esta prueba es necesario que la bobina este conectada a las bujias para poder obtener su señal, también se debe reconocer que tipo de cables ingresan a la bobina con la ayuda del multímetro. A continuación se muestra la figura 7 y la tabla 4.



Figura 7. Señal de la bobina de encendido.

Elaboración: Los autores.

Tabla 4. Voltajes bobina de encendido.

Mediciones en el cableado de la Bobina			
	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3
Encendido	14.06 V	14.19 V	14.07 V

Elaboración: Los autores.

En definitiva, el AMFE es un método cualitativo y cuantitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso. Mediante la realización de la matriz AMFE, se identificaron las fallas y se lograron implementar acciones correctas mediante un plan de mantenimiento preventivo, predictivo, con la finalidad de reducir el índice de probabilidad de riesgos de dicho sistema. De acuerdo con Salgado et al. (2018) el “mantenimiento preventivo (MP)” es un conjunto de tareas preventivas a intervalos fijos predeterminados durante la vida

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

operativa del sistema analizado, destinadas a mejorar su confiabilidad” (p. 157). Estos ayudan a disminuir todo conflicto de fallas. A continuación se detalla la tabla 5.

Tabla 5.
Matriz AMFE.

		ANÁLISIS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)										Hoja	Rev. No	Fecha		
		De diseño			De mantenimiento				x							
Marca	Chevrolet			Año de fabricación	2005				Realizado por:	JJIMENEZ						
Modelo	Optra 1.8			Cilindraje (cm ³)	1.8				Fecha:							
Sistema	Distribución y Encendido			Transmisión	Manual				Revisado por:							
Componente	Función	Fallos potenciales			Estado actual				Acción correctora	Responsable	Situación de mejora					
		Modo de Fallo	Efecto	Causa	Medidas de control previstas	D	G	F			IPR	Acción implementada	D	G	F	IPR
Banda de distribución	Es la encargada de coordinar el movimiento tanto del cigüeñal como del árbol de levas.	Pérdida de sincronización del motor.	Paro inmediato del vehículo.	Vida útil.	Cambio de banda a los 80000 km.	2	6	5	60	Cambio de banda a los 50000 km.	Operario	Mantenimiento correctivo	2	3	5	30
				No realizar mantenimiento.	Revisión constante para evitar rupturas.					Revisión cada 30000 km.	Operario	Mantenimiento preventivo				
Banda de Accesorios	Es la encargada de transmitir la fuerza y movimiento desde el cigüeñal hacia componentes importantes del motor.	Aumento de temperatura del motor.	Daños importantes en el motor.	Finalización de vida útil	Ninguna	2	7	3	42	Cambio cada 50000 km	Operario	Mantenimiento correctivo	2	3	3	18
				No realizar revisiones.							Operario					
Bobina	Transforma la energía de la batería en alto voltaje.	Código de falla en la ECU	Inconvenientes en el encendido.	Finalización de vida útil	Ninguna	1	6	5	30	Reemplazo de bobina cada 80000 km.	Operario	Mantenimiento predictivo	1	2	5	10
Bujías	Suministrar la chispa de encendido.	Código de falla en la ECU	Vehículo no trabaja normalmente.	Finalización de vida útil	Ninguna	3	7	2	42	Reemplazo de bujías cada 30000 km.	Operario	Mantenimiento preventivo	3	4	2	24

Elaboración: Los autores.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación para optimizar el mantenimiento del motor del Chevrolet Optra 1.8 de 16 válvulas, con enfoque en la mecánica de la distribución y el sistema de encendido, han sido de gran relevancia para comprender y mejorar el funcionamiento de dicho sistema.

Las mediciones de voltaje en el cableado que van a los sensores CKP, CMP y la bobina de encendido indican que la integridad de los cables se encuentra en perfecto estado, ayudándonos a identificar las señales del sensor para poder realizar la prueba con el osciloscopio. Estos valores medidos de cada uno de los sensores sugieren un correcto funcionamiento.

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

Además, el análisis de las señales con el osciloscopio demostró que las formas de onda del sensor del cigüeñal y del árbol de levas trabajan en perfecta sincronía de acuerdo con la señal característica indicada por el fabricante, lo que indica que el trabajo de mantenimiento preventivo realizado en la distribución está en sus puntos exactos. A continuación se muestra la figura 8.

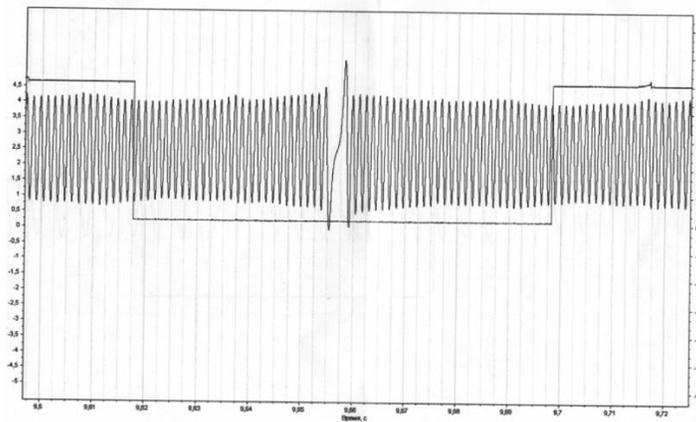


Figura 8. Señal de los sensores CKP y CMP.

Elaboración: Los autores.

Los resultados de voltaje que llegan de la bobina indican que los tres cables de alimentación de la bobina según el diagrama son de 14,06 V, y que nos deja como conclusión que la tierra se encontraría en el cuerpo de la bobina directamente con los pernos que se sujetan a la tapa de cilindros.

Al comparar nuestros resultados con trabajos similares, se destaca la importancia de mantener y optimizar periódicamente el sistema de distribución y encendido de los motores de combustión interna. Los sensores CKP y CMP, así como la bobina de encendido, son componentes clave en el proceso de encendido y sincronización del motor.

El empleo del método AMFE permitió identificar y priorizar los posibles fallos y riesgos asociados a la mecánica de la distribución y el sistema de encendido. Al evaluar la

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

distribución de los puntos de sincronización del motor, se aseguró un correcto armado del sistema, lo que contribuyó a evitar posibles problemas en el momento del encendido del vehículo.

CONCLUSIONES

Con la elaboración de este proyecto se reforzaron los conocimientos adquiridos tanto teóricos como prácticos durante la carrera; adicionalmente, se reforzó, de igual manera, el criterio técnico en diagnóstico electrónico

Uno de los propósitos de esta investigación fue conocer las funciones, propiedades y características en Mecánica de la distribución y sistema encendido tanto físicas como mecánicas, para esto, se recolectó información de fuentes bibliográficas como libros, catálogos, manuales, entre otros, donde se obtuvieron datos teóricos y prácticos sobre las principales averías en los sensores CKP Y CMP.

Es muy importante tener en cuenta toda la información relacionada a la presente investigación para, de esta manera, planificar un mantenimiento preventivo-correctivo óptimo y oportuno en la Mecánica de la distribución y sistema encendido

Se ejecutó una sincronización correcta en la mecánica de la distribución y encendido recopilando información del manual del propietario para realizar trabajos de reparación y mantenimiento confiables.

Se examinó cada uno de los sensores y actuadores que intervienen en el sistema de encendido, obteniendo valores reales de su funcionamiento y sus respectivos diagramas.

Al realizar el diagnóstico mecánico y electrónico de la Mecánica de la distribución y encendido, se creó un plan de gestión de mantenimiento para mantenerlos en óptimas condiciones sin que presentaran fallas mecánicas o electrónicas.

Se realizó la aplicación del método AMFE, a fin de identificar y priorizar posibles fallos y riesgos en el sistema de distribución y encendido, lo cual facilitó una planificación más

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

efectiva y confiable para el mantenimiento preventivo. Este enfoque proactivo contribuyó a evitar problemas en el momento del encendido del vehículo y mejora la eficiencia del motor.

Se logró un método de aprendizaje más práctico y claro, el cual se reforzó mediante las investigaciones y prácticas en sistema de Distribución, el Sistema de Encendido y elementos al momento de realizar el proyecto.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

A todos los autores por sus relevantes aportes en el análisis documental del presente estudio.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Ahumada, L., Verdeza, A., Bula, A., & Lombana, J. (2016). Optimización de las condiciones de operación de la micro-gasificación de biomasa para producción de gas de síntesis. [Operating condition optimization of biomass micro-gasification for syngas production]. *Información tecnológica*, 27(3), 179-188. <https://n9.cl/0owyz>

Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., Ríos, K., & Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. [Preventive maintenance management and its relationship to the availability of the fleet truck 730e Komatsu-2013]. *Ingeniería Industrial*, 34, 11-26. <https://n9.cl/ei9uw>

Álvarez, L., Lozano, C., & Bravo, D. (2022). Metodología para el mantenimiento predictivo de transformadores de distribución basada en aprendizaje automático. [Methodology for predictive maintenance of distribution transformers based on machine learning]. *Ingeniería*, 27(3), 1-17. <https://n9.cl/f4b9oi>

Carrión, R., Castilllo, J., Díaz, D., & Briceño, B. (2022). Análisis termográfico de un motor de encendido provocado, inducido a fallas mediante la aplicación de diseño

Antonio Gabriel Castillo-Medina; José Luis Dillon-Granizo; Dylan Andrés Constante-Moya; José Luis Jiménez-Montalvan

de experimentos (DoE). [Thermographic analysis by design of experiments (DOE) of a fault-induced spark-ignition engine]. *Información tecnológica*, 33(1), 181-192. <https://n9.cl/fiqgy>

Castillo, S., & Michalus, J. (2023). Aplicación de la herramienta de análisis del modo de fallas y efectos en cadenas de suministro agroindustriales de pequeña escala. [Application of the failure mode and effects analysis tool in small-scale agroindustrial supply chains]. *Revista Científica "Visión de Futuro"*, 27(1), 199-223. <https://n9.cl/fb60n>

Dorrbercker, S., Fernández, S., Barreiro, E., Álvarez, L., Arce, J., Zurita, Y., & Palmero, J. (2007). Matriz de falla de los motores de inducción. [Failure matrix of induction motors]. *Ingeniería Energética*, XXVIII(1), 53-59. <https://n9.cl/zmkjh>

Hernández, P., Carro, M., Montes de Oca, J., & Fernández, S. (2008). Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico- práctico. [Optimization of preventive maintenance using integral diagnostic techniques. Theoretical and practical basis]. *Ingeniería Energética*, XXIX(2), 14-25. <https://n9.cl/g2drk>

Martínez, F., & Planagumá, A. (2021). Innovando desde la Gestión del mantenimiento. El Remantenimiento. Caso práctico Central Hidroeléctrica. [Innovating from Maintenance Management. Remaintenance. Case study: Hydroelectric Power Plant]. *Ingeniería Energética*, 42(2), 48-60. <https://n9.cl/upvfi>

Mercado, V., & Peña, J. (2016). Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica. [Model of management of maintenance focused in the efficiency and optimization of the electric power]. *Saber*, 28(1), 99-105. <https://n9.cl/83ym6m>

Salgado, Y., Martínez, A., & Santos, A. (2018). Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. [Optimum scheduling of generator preventive maintenance of power system with wind presence]. *Ingeniería Energética*, 39(3), 157-167. <https://n9.cl/ypqza>