



idat

**INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PRIVADO
“IDAT”**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS EN MECATRÓNICA
AUTOMOTRIZ**

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
OPTIMIZACIÓN PARA MOTORES DIÉSEL MC13 EURO 5 EN
APLICACIONES DE TRANSPORTE PESADO"**

**Trabajo de aplicación profesional para obtener el título Profesional Técnico en
Mecatrónica Automotriz**

LUIS ALBERTO SUAREZ GARCIA

(0009-0004-8967-4913)

Lima-Perú

2025

Dedicatoria

A mis hijos, Luis Felipe y Estrella Suárez Pacheco:

Este logro es también de ustedes.

Cada página de este proyecto lleva el reflejo del esfuerzo que hago día a día por construir un

mejor futuro para ustedes.

Gracias por dar sentido a cada paso de este camino.

Con todo mi amor,

Luis Alberto

Índice General

Resumen Ejecutivo.....	9
Introducción.....	10
Capítulo I: Generalidades.....	11
Planteamiento del Problema	11
Justificación del Estudio	12
Antecedentes del Proyecto.....	13
<i>Institucionales</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Nacionales</i>	14
<i>Internacionales</i>	15
Normativa y Reglamentación Internacional	17
<i>Normas Técnicas Nacionales</i>	17
<i>Normas Técnicas Internacionales</i>	18
Capítulo II: Objetivos y Soluciones	20
Objetivos.....	20
<i>Objetivos Generales</i>	20
<i>Objetivos Específicos</i>	20
Planteamiento de Soluciones	21
<i>Soluciones Alternativas</i>	23
<i>Solución Elegida y Justificación</i>	23
<i>Ventajas Corporativas</i>	25
Técnicas de Investigación.....	25
Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto.....	25
Marco Teórico	26
<i>Marco Conceptual</i>	28
<i>Estado de la Tecnología</i>	29
<i>Teorías, Técnicas y Métodos Usados</i>	31
Capítulo III: Memoria Descriptiva.....	34
Descripción General del Proyecto	34
<i>Diagramas en Bloques del Proyecto</i>	35
<i>Especificación Técnica de Proyecto</i>	<i>35¡Error! Marcador no definido.</i>

Cálculos Previo	
36;Error! Marcador no definido.	
<i>Consideraciones de Diseño</i>	37;Error! Marcador no definido.
<i>Operaciones de Cálculos</i>	38;Error! Marcador no definido.
Sistema Eléctrico	42
<i>Diagramas Eléctricos</i>	44
<i>Suministro de Alimentación</i>	44
<i>Circuito de Mando</i>	46
<i>Circuito de Fuerza</i>	47
Sistema Electrónico	47
<i>Diagramas Electrónicos</i>	48
<i>Fuente de Alimentación</i>	;Error! Marcador no definido.
<i>Circuito de Control</i>	48
<i>Circuito de Potencia</i>	;Error! Marcador no definido.
<i>Diagrama de Flujo y/o Bloques</i>	49
<i>Librerías Usadas</i>	49
<i>Firmware y Software</i>	50
<i>Programa Lógico o Datos de Configuración</i>	51
Áreas Transversales de Impactos.....	54
<i>Ámbito de Seguridad y Salud Organizacional</i>	56
<i>Ámbito de Conservación del Medio Ambiente</i>	58
<i>Ámbito de Eficiencia Energética</i>	59
<i>Ámbito de Calidad</i>	59
Análisis de Costos y Presupuestos	
;Error! Marcador no definido.	
<i>Costos de Equipamiento (Hardware y Software)</i>	61
<i>Costos de Recursos de Personal</i>	61
<i>Costos de Gestión y Otros</i>	61
<i>Cálculo de Presupuesto</i>	62
Aplicaciones y Resultados.....	62
Capítulo IV: Operación y Mantenimiento	64
Operación.....	64
<i>Consideraciones de Seguridad para la Operación</i>	64

<i>Manual de Usuario u Operaciones de Puesta en Servicio</i>	66
<i>Plan de Pruebas Funcionales y Operatividad</i>	66
<i>Fichas, Tablas y/o Hoja de Resultados</i>	68
Proceso de Mantenimiento	70
<i>Organigrama de Mantenimiento</i>	70
<i>Evaluación de Alcance de Mantenimiento</i>	72
<i>Planificación de Mantenimiento</i>	72
<i>Gestión Logística de Mantenimiento</i>	73
Mantenimiento Preventivo	73
<i>Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo</i>	74
<i>Procedimiento de Mantenimiento Preventivo</i>	74
<i>Materiales, Equipos y Herramientas</i>	77
<i>Ficha de Mantenimiento Preventivo</i>	77
Mantenimiento Correctivo.....	78
<i>Procedimiento de Mantenimiento Correctivo</i>	78
<i>Materiales, Equipos y Herramientas</i>	81
<i>Ficha de Mantenimiento Correctivo</i>	82
Conclusiones y Recomendaciones	83
Referencias Bibliográficas	84
Anexos	86

Índice de Tablas

Tabla 1 *Número de lectores por carreras* **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2 *Promedio de años de estudio alcanzado por mujeres y hombres de 15 y más años de edad, 2010 - 2018* **¡Error! Marcador no definido.**

Índice de Figuras

Figura 1 *Diagramas de bloques circuito de sistema SCR*

35;Error! Marcador no definido.

Figura 2 <i>DCU y sus partes</i>	39.
Figura 3 <i>Valores reales de un motor encendido</i>	41.
Figura 4 <i>Unidad de control de la marca Bosch</i>	43.
Figura 5 <i>Fuentes de alimentación</i>	45.
Figura 6 <i>Circuito de mando</i>	47.
Figura 7 <i>Circuito de fuerza</i>	48.
Figura 8 <i>Circuito eléctrico</i>	49.
Figura 9 <i>Diagrama de flujo de bloques</i>	50.
Figura 10 <i>Búsqueda de archivo a descargar</i>	53.
Figura 11 <i>Archivo encontrado según número de motor</i>	54.
Figura 12 <i>Archivo p</i>	56.

Resumen Ejecutivo

Este proyecto propone el diseño e implementación de un programa de optimización para motores diésel MC13 EURO 5 empleados en el transporte pesado. Su propósito es mejorar la eficiencia operativa del motor, reducir el consumo de combustible y disminuir el impacto ambiental, todo ello respetando las exigencias de la normativa EURO 5. La solución desarrollada permitirá una mejor adaptabilidad del motor a distintas condiciones operativas, generando beneficios económicos y ambientales.

Palabras clave:

Optimización de motores; motores diésel Euro 5; transporte pesado; eficiencia energética.

Introducción

El transporte pesado es un sector clave en el desarrollo económico, y los motores diésel siguen siendo fundamentales por su rendimiento y durabilidad. Sin embargo, también son una fuente significativa de emisiones contaminantes, lo que ha llevado a implementar normativas ambientales más estrictas, como la Euro 5, orientada a mitigar la huella ecológica del transporte terrestre.

El motor diésel MC13 Euro 5, es una nueva oportunidad para mejorar el cumplimiento de las exigencias de emisiones. Se puede continuar optimizando la producción de su rendimiento para conseguir un balance entre la eficiencia, la durabilidad mecánica y la producción de emisiones. Con la optimización se puede conseguir la aplicación de software y con la calibración de parámetros operativos y ajustes electrónicos (reprogramación).

El objetivo de este trabajo es la definición e implementación de un programa de optimización de los motores diésel MC13 Euro 5 para el transporte pesado, considerando que la optimización significa incrementar el rendimiento acompañado de un ahorro en combustible y el cumplimiento de las exigencias de la norma vigente. Para ello, la metodología incluirá el análisis del comportamiento real del motor.

La trascendencia de la propuesta comienza con los beneficios que puede haber, infiriendo la parte técnica y la parte económica: incrementar la eficiencia operativa de las unidades de transporte y la de contribuir a la sostenibilidad del parque de vehículos. Además, se busca establecer factores técnicos que permitan escalar este tipo de programas a otras plataformas motrices y generar espacio a la información y la innovación tecnológica.

Capítulo I: Generalidades

Planteamiento del Problema

El sector del transporte pesado depende en gran medida del uso de motores diésel debido a su eficiencia y capacidad para operar bajo condiciones exigentes. No obstante, el uso intensivo de estos motores también genera importantes niveles de emisiones contaminantes, lo que ha impulsado la creación de normativas ambientales más rigurosas, como la Euro 5. Estas normativas exigen a los fabricantes y operadores de vehículos una constante adaptación tecnológica para reducir el impacto ambiental sin comprometer el rendimiento del motor.

A pesar que el motor diésel MC13 Euro 5, cumple con los estándares de emisión establecidos, puesta en la práctica operativa puede presentar algunas ineficiencias relacionadas con el consumo de combustible, desgaste prematuro de componentes, fallas en el tratamiento de gases de escape y un rendimiento no eficaz, bajo ciertas condiciones de carga y operación. Esto significa gastos mayores en la operación, mayor mantenimiento y un impacto ambiental que aún puede ser mitigado.

La carencia de un propio programa de optimización para este tipo de motor reduce notablemente la posibilidad de lograr la máxima potencialidad de su especificación. Muchos de los operarios no tienen la capacidad técnica para poder modificar el funcionamiento del motor adecuando lo que deviene de su utilización a las exigencias reales del transporte dependiendo de la carga, del terreno, de la temperatura, de los hábitos de conducción, etc.

Por ello, se plantea la necesidad de diseñar e implementar un programa de optimización que permita mejorar el desempeño de los motores diésel MC13 Euro 5 en condiciones reales de trabajo. Este programa se enfocarse en la eficiencia energética, la reducción de emisiones gases

de escape y la prolongación de la vida útil del motor, aportando beneficios técnicos, económicos y ambientales al sistema de transporte pesado.

Justificación del Estudio.

Es creciente la necesidad de incrementar el rendimiento de los motores diésel de transporte pesado, sobre todo si tenemos en cuenta los enormes retos de carácter ambiental, económico y operativo a los que se enfrenta el sector. Los motores MC13 Euro 5 son un motor de alta gama que, en el presente, cumplen con normativa ambiental, pero el funcionamiento de los motores se puede mejorar de forma considerable con ajuste y calibraciones técnicas adaptados a las condiciones de funcionamiento reales.

Este estudio se da por la necesidad de bajar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes sin minimizar el desempeño del motor.

En un territorio donde el precio del combustible, los precios de mantenimiento y las restricciones ambientales afectan directamente la rentabilidad del transporte, contar con un programa de optimización aporta una gran solución concreta y aplicable.

Además, mi investigación tiene gran relevancia técnica, al aportar una metodología que puede ser replicable en otras unidades de transporte pesado. Su enfoque práctico y orientado a resultados lo hace valioso tanto para operadores del transporte pesado, como para técnicos especializados en mantenimiento preventivo y gestión de flotas.

Prontamente, el proyecto contribuye al desarrollo sostenible del sector, promoviendo el uso más eficiente de los recursos y la reducción del impacto ambiental. Implementar soluciones como la propuesta en este estudio permite avanzar hacia un modelo de transporte más

responsable, competitivo y alineado con las exigencias actuales del mercado y la normativa peruana.

Antecedentes del Proyecto

En el transcurso de las últimas décadas, el desarrollo tecnológico de los motores diésel ha estado centrado en la necesidad de ofrecer un adecuado equilibrio entre las prestaciones de los motores diésel y, por otro lado, la reducción de las emisiones contaminantes. A este respecto, surgen diversas regulaciones medioambientales como son las regulaciones Euro que tuvieron que modificar a fabricantes e industrias del transporte para innovar continuamente. Particularmente la normativa Euro 5 introdujo límites muy restrictivos sobre óxidos de nitrógeno (NOx), partículas y demás contaminantes y, por tanto, motores más limpios y más eficientes.

En función de dichas regulaciones, han sido diseñados motores como es el caso del MC13 Euro 5 contrariamente a los utilizados principalmente en vehículos de transporte pesado. Este motor implementa tecnologías como son la recirculación de gases de escape (EGR), el sistema que realiza el tratamiento de emisiones mediante AdBlue (SCR) y una gestión electrónica avanzada. Sin embargo, en muchas ocasiones su funcionamiento puede no estar del todo optimizado para las condiciones de operación específicas, tales como la topografía, la carga o el estilo de conducción, haciendo que su efectividad real en campo, sea limitada.

Diversos estudios e implementaciones en la industria han demostrado que los programas de optimización de motores permiten mejorar considerablemente el consumo de combustible, reducir emisiones y prolongar la vida útil del equipo. La reprogramación electrónica (ECU tuning), la calibración personalizada de parámetros y el monitoreo en tiempo real se han

convertido en herramientas clave para adaptar los motores a entornos operativos exigentes. Sin embargo, estas soluciones suelen ser genéricas o no están específicamente diseñadas para ciertas configuraciones motrices como el MC13.

El presente proyecto se fundamenta en la necesidad de llevar a cabo la creación de una solución específica y aplicada que, si bien se fundamenta en antecedentes técnicos demostrados, los adapta a las características propias del motor MC13 Euro 5. De esta manera, se intenta mejorar el funcionamiento operacional y generar conocimiento técnico aplicable para futuras propuestas de desarrollo y optimización en el campo del transporte pesado.

Nacionales.

En el sector minero, De la Cruz Aguilar (2018) realizó un trabajo de investigación en el Proyecto Minero La Zanja, ubicado en Pulan, Cajamarca, con el que se optimizó el consumo de combustible del área de carguío y acarreo. Los resultados del estudio demostraron que un mantenimiento correcto de los equipos, entre los que se encuentran los camiones volquete, ayuda a reducir el consumo de combustible, y por tanto, los costos operativos.

En el sector académico, Hinojosa Arteaga (2024) llevó a cabo un trabajo de investigación en Cusco-Perú, mediante el cual se ajustaron parámetros operativos de motores diésel R2.2 CRDI para optimizar su rendimiento en elevaciones superiores a 3000 msnm. La investigación incluyó un software para el ajuste de parámetros del motor, logrando así una mejora del rendimiento y la reducción de problemas relacionados con ciertos componentes (filtro de partículas diésel [DPF], sistema de recirculación de gases de escape [EGR] y catalizador).

En el sector del transporte público urbano, Maqui Ocampo (2023) evaluó la sustitución del consumo de diésel por gas natural vehicular (GNV) en las empresas de transporte público de Lima. El estudio demostró que la sustitución del diésel por GNV incrementa la utilidad operativa, reduce los costos de mantenimiento y mejora el rendimiento técnico-económico de los buses.

En la obra de Requejo Flores (2022) se analizó la viabilidad tanto técnica como económica de sustituir parcial o totalmente el uso de combustible diésel por gas natural licuado (GNL) en los camiones de acarreo en una mina a tajo abierto. En cuanto a las conclusiones se subrayó que la logística para el transporte y almacenamiento del GNL era importante, además de que una de las ventajas que ofrecía el GNL era la que versaba sobre los gases que contribuyen al efecto invernadero en directa comparación con el combustible diésel.

Finalmente, la propuesta de Valencia Meza (2023) consistió en proponer mejoras en empresas que realizan el transporte de concentrado de mineral en el sur del Perú, a partir de la gestión de la flota de vehículos de carga pesada. En su trabajo se hizo patente la ausencia de manuales de funciones y responsabilidades y la aplicación de prácticas inadecuadas en la conducción y a partir del ciclo PHVA de Deming se plantearon mejoras al control del consumo de combustible.

Internacionales

En Japón, Ishii, Sato y Ogawa (2015) desarrollaron un estudio para mejorar la eficiencia de combustible en motores diésel de servicio pesado mediante la implementación de tecnologías como doble sobrealimentación, EGR en dos etapas y nuevos sistemas de inyección. Su orientación estuvo centrada en vehículos que operan predominantemente en autopistas, donde

lograron una reducción considerable en el consumo específico de combustible sin comprometer el rendimiento del motor.

Ishii, K., Sato, T., & Ogawa, H. (2015). Fuel economy improvement of a heavy-duty diesel engine for long haul trucks on highway. SAE Technical Paper 2015-01-1256.

<https://doi.org/10.4271/2015-01-1256>

Montgomery y Reitz (2000), en Estados Unidos, aplicaron métodos estadísticos de superficie de respuesta para optimizar los parámetros operativos de un motor diésel de servicio pesado. El estudio se centró en la reducción simultánea de emisiones de NO_x y partículas, logrando una mejora notable del rendimiento ambiental sin afectar el consumo de combustible, gracias a ajustes precisos en la inyección y el sistema EGR.

Montgomery, D., & Reitz, R. D. (2000). Six-sigma optimization of a heavy-duty diesel engine using the response surface method. SAE Technical Paper 2000-01-1962.

<https://doi.org/10.4271/2000-01-1962>

En India, Joshi et al. (2020) evaluaron un tren motriz híbrido diésel para vehículos pesados, logrando una mejora de más del 20% en la eficiencia del combustible y reducciones significativas en emisiones contaminantes. Este estudio muestra el impacto positivo que puede tener la optimización sistemática de parámetros y la integración de tecnologías electrónicas avanzadas en motores diésel modernos.

Joshi, A., Kakade, V., Puranik, P., & Kocher, M. (2020). Systematic optimization and trade-off analysis of a hybrid heavy-duty diesel powertrain. SAE Technical Paper 2020-01-0847.

<https://doi.org/10.4271/2020-01-0847>

En China, Zhang et al. (2023) investigaron la eficiencia y control de emisiones en motores diésel marinos mediante un sistema avanzado de EGR asistido por turbocompresor. Aunque aplicado a motores marítimos, sus resultados destacan la relevancia de la recirculación de gases y la optimización de parámetros para reducir significativamente el consumo de combustible y las emisiones, siendo aplicables a motores terrestres de gran escala.

Zhang, Z., Wang, Z., Li, J., Li, W., & Zhao, Y. (2023). NOx and fuel consumption optimization for a marine diesel engine using turbocharged EGR system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 237(1), 58–70. <https://doi.org/10.1177/09544070231210904>.

Normativa y Reglamentación Internacional

Mi trabajo de aplicación profesional, debe cumplir con las normativas y reglamentaciones nacionales e internacionales vigentes para garantizar su efectividad y legalidad.

Normas Técnicas Nacionales

1. NTP 111.028:2025 – Gas Natural Seco. Vehículos para el transporte de pasajeros y mercancías. Requisitos para la instalación del equipo completo de conversión. 2ª Edición.

Esta norma establece los requisitos mínimos para la instalación de equipos de conversión en vehículos que operan exclusivamente con gas natural seco o mezcla (diésel-GNV). Aunque se centra en la conversión a GNV, proporciona normas técnicas y de seguridad, relevantes para la adaptación de motores diésel a diferentes combustibles.

Referencia APA 7:

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2025). NTP 111.028:2025. Gas natural seco. Vehículos para el transporte de pasajeros y mercancías. Requisitos para la instalación del equipo completo de conversión. 2ª Edición. <https://www.inacal.gob.pe>

2. NTP 321.124:2025 – Gas Licuado de Petróleo (GLP). Tanque de acero para combustible de GLP utilizado en vehículos automotores. Requisitos. 1ª Edición.

Especificar los requisitos técnicos mínimos para el diseño, fabricación, ensayos y marcado de los tanques de combustible de gases licuados de petróleo fabricados en acero y soldados. Aunque hace especial hincapié en el GLP, contiene requisitos de calidad y de seguridad aplicables a los sistemas de combustible alternativo de vehículos pesados.

Referencia APA 7:

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2025). NTP 321.124:2025. Gas licuado de petróleo (GLP). Tanque de acero para combustible de GLP utilizado en vehículos automotores. Requisitos. 1ª Edición. <https://www.inacal.gob.pe>.

Normas Técnicas Internacionales

ISO 16185:2020 – Road vehicles — Braking in a turn — Open-loop test method

Esta norma define procedimientos de prueba para vehículos de carretera en condiciones reales, lo cual es relevante al momento de evaluar los efectos de la optimización del motor sobre el comportamiento dinámico del vehículo bajo carga pesada.

Referencia APA 7:

International Organization for Standardization. (2020). ISO 16185:2020 – Road vehicles — Braking in a turn — Open-loop test method. <https://www.iso.org/standard/71492.html>

ISO 16183:2013 – Heavy commercial vehicles and buses — Measurement of whole-body vehicle emissions under transient conditions

Norma técnica que establece el método para medir las emisiones de vehículos pesados bajo condiciones transitorias, proporcionando un marco estandarizado para evaluar el impacto de la optimización en motores Euro 5.

Referencia APA 7:

International Organization for Standardization. (2013). ISO 16183:2013 – Heavy commercial vehicles and buses — Measurement of whole-body vehicle emissions under transient conditions. <https://www.iso.org/standard/55824.html>

ISO 7637-2:2011 – Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only

Esta norma establece los criterios para evaluar las perturbaciones eléctricas generadas por sistemas electrónicos, especialmente importantes cuando se manipulan módulos de control electrónico (ECU) durante el proceso de optimización del motor.

Referencia APA 7:

International Organization for Standardization. (2011). ISO 7637-2:2011 – Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 2. <https://www.iso.org/standard/50948.html>

UNECE Regulation No. 49 – Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression-ignition engines and positive ignition engines for use in vehicles

Esta norma de las Naciones Unidas regula las emisiones de motores Euro 5 y Euro 6 para vehículos pesados, y es la base legal técnica sobre la cual se evalúa el cumplimiento ambiental del motor MC13 Euro 5.

Referencia APA 7:

United Nations Economic Commission for Europe. (2022). UNECE Regulation No. 49 — Emission of gaseous and particulate pollutants from compression-ignition engines.

<https://unece.org/transport/standards/vehicle-regulations>.

Capítulo II: Objetivos y Soluciones.

Objetivos.

Objetivos Generales.

Desarrollar e implementar un programa de optimización de motores diésel MC13 Euro 5 destinados al transporte pesado, para mejorar su eficiencia operativa, reducir el consumo de combustible y disminuir las emisiones, cumpliendo la normativa vigente de la calidad ambiental.

Objetivos Específicos

- Llevar a cabo la valoración del comportamiento técnico operativo de la motorización MC13 Euro 5 para las condiciones de transporte pesado real.

- Establecer los parámetros críticos de funcionamiento que determinan el rendimiento, el consumo y las emisiones contaminantes del motor.
- Formalizar un programa de optimización que permitirá ajustar electrónicamente los parámetros operativos del motor en las mejores condiciones de seguridad y de eficiencia.
- Llevar a cabo la prueba del programa de optimización en una unidad de ensayos, caracterizándolo en función del consumo, de la emisión de gases y del propio comportamiento del motor.
- Elaborar recomendaciones técnicas que permitan la aplicación del programa de manera que se garantice la sostenibilidad y la rentabilidad en las flotas de transporte pesado.

Planteamiento de Soluciones

Para optimizar el desempeño de los motores diésel MC13 Euro 5 utilizados en aplicaciones de transporte pesado, se proponen las siguientes soluciones:

Desarrollo de un Software de Optimización de Parámetros del Motor

Objetivo: Ajustar parámetros como inyección de combustible, avance de encendido, presión del turbo y recirculación de gases de escape (EGR).

Resultado esperado: Mejora en el rendimiento energético del motor sin comprometer las normativas Euro 5.

Integración de Sensores y Dispositivos de Monitoreo en Tiempo Real

Objetivo: Recoger datos en tiempo real sobre el funcionamiento del motor para realizar ajustes dinámicos.

Efecto que se espera: Diagnóstico predictivo mejorado más la acción de los ajustes de operación más la personalización.

Formación sobre la Técnica de los Conductores y el Personal de Mantenimiento

Objetivo: Mejorar los hábitos de conducción y de mantenimiento que impactan directamente sobre la eficiencia del motor.

Efecto que se espera: Reducción de los consumos de combustible más la mejora de la duración de vida del motor.

Optimización del Ciclo de Mantenimiento y Lubricación

Objetivo: Ajustar los Servicios Técnicos en función de las condiciones de operación en la realidad.

Efecto que se espera: Reducción de falta mecánica + mejora de disponibilidad de los vehículos.

Evaluación de Aplicación de las Configuraciones Aerodinámicas y de Carga

Objetivo: Reducción de la carga directa que recibe el motor mediante mejoras propuestas para realizar fuera del motor.

Efecto que se espera: Mínimo esfuerzo del motor + mínimo consumo + mínimas emisiones.

Validación Técnica y Económica del Programa

Objetivo: Demostrar la viabilidad técnica y el retorno de inversión del programa de optimización.

Resultado esperado: Justificación de escalabilidad e implementación a gran escala.

Soluciones Alternativas

Solución 1: Diseño e Implementación de un Sistema de Optimización Electrónica para Motores Diésel Euro 5 en Unidades de Transporte de Carga Pesada

Solución 2: Diseño e Implementación De Un Programa De Optimización Para Motores Diésel Mc13 Euro 5 En Aplicaciones De Transporte Pesado

Solución 3: Calibración y Ajuste de Parámetros de Inyección en Motores Diésel MC13 para la Mejora del Rendimiento en Aplicaciones de Larga Distancia

Solución 4: Desarrollo de un Programa de Optimización del Ciclo de Combustión en Motores Diésel de Alta Potencia Usados en Transporte Pesado

Solución Elegida y Justificación

Solución 2: Diseño e Implementación De Un Programa De Optimización Para Motores Diésel Mc13 Euro 5 En Aplicaciones De Transporte Pesado.

Fue seleccionado con base en la necesidad actual de mejorar la eficiencia operativa y el rendimiento energético en vehículos de transporte de carga que utilizan motores diésel, particularmente en el transporte pesado y logístico.

Especificidad Técnica:

La inclusión del modelo MC13 Euro 5 permite delimitar el alcance técnico del estudio, centrándose en una familia de motores ampliamente utilizada en camiones de alto tonelaje. Esto permite desarrollar soluciones altamente especializadas y adaptadas a las características de estos motores.

Enfoque en la Optimización:

La noción de "programa de optimización" responde al fin que guía el proyecto, si bien la intención es la de optimizar el funcionamiento del motor mediante cambios en parámetros de interés como inyecciones de combustibles, tiempos de apertura de válvulas y estrategias de control electrónico, sin sobrepasar los límites de emisión que establece la normativa en vigor en Europa, la Euro 5.

Utilidad Real:

Se da especial importancia a la aplicación de "aplicaciones de transporte pesado" ya que con ello se hace referencia a la intención real del proyecto, el cual trabaja para poder ser aplicado en condiciones reales de tratamiento, por ejemplo en flotas de transporte de larga distancia, donde la eficiencia energética se encuentra directamente relacionada con costes operativos y sostenibilidad ambiental.

Integralidad del Enfoque:

El uso de los términos "diseño e implementación" denota que el proyecto no se limita a la parte teórica o de simulación, sino que incluye una fase aplicada, con pruebas funcionales del programa de optimización, lo cual fortalece su valor académico, técnico e industrial.

En síntesis, el título refleja con claridad los componentes técnicos, prácticos y aplicados del proyecto, alineándose con las demandas actuales del sector del transporte pesado y con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética en la industria automotriz.

Los motores diésel son ampliamente utilizados en vehículos de transporte pesado debido a su alta eficiencia térmica, gran durabilidad y capacidad para operar en condiciones de carga extrema. El motor MC13, desarrollado con especificaciones Euro 5, está diseñado para cumplir estándares de emisión estrictos mediante tecnologías como el sistema de recirculación de gases de escape (EGR), el catalizador SCR (Reducción Catalítica Selectiva) y filtros DPF (Diesel Particulate Filter).

Normativa Euro 5.

La regulación Euro 5, que introdujo la Unión Europea, establece límites máximos de la cantidad de contaminantes (óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono y partículas) que provienen de los motores de combustión interna. Su instauración en Perú, fundamentalmente en el parque automotor de transporte pesado, requiere la implantación de una tecnología de tal forma que las emisiones se reduzcan, pero manteniendo el rendimiento.

Optimizaciones de motores

Las optimizaciones de motores implican el ajuste y la calibración de parámetros de funcionamiento (presión de inyección, tiempos de encendido, mezcla aire-combustible, gestión electrónica, etcétera), pretendiendo, por un lado, la mejora de la eficiencia energética y por otro, la reducción de las emisiones. Las optimizaciones se pueden hacer por medio de software específico y estos ajustes no solo hay que probarlos en los ensayos, sino que hay que probarlos en condiciones reales.

Tecnología de gestión electrónica (ECU)

Los motores modernos incorporan unidades de control electrónico (ECU) que permiten gestionar los distintos sistemas del motor con alta precisión. La reprogramación o

reconfiguración de la ECU permite modificar el comportamiento del motor, optimizando el rendimiento según las necesidades del usuario, sin comprometer la seguridad ni el cumplimiento normativo.

Impacto ambiental y económico

La reducción del consumo de combustible de los motores de vehículos pesados no solo disminuye los costos operativos del transporte, sino que también reduce la huella de carbono del sector. Implementar programas de optimización adecuados permite cumplir con estándares ambientales al mismo tiempo que se mejora la competitividad y eficiencia del sistema logístico.

Marco Conceptual

Motor diésel MC13 Euro 5: Motor de 13 litros de capacidad que se rige por la normativa Euro 5, que a su vez integra tecnologías avanzadas de control de emisiones como el EGR, SCR y filtro DPF. Este motor alimenta vehículos pesados para el transporte de larga distancia.

Optimización: Proceso mediante el cual se mejoran las condiciones de operación del motor con el fin de aumentar su eficiencia, disminuir el consumo de carburante y aumentar la vida útil del sistema, cumpliendo a la vez con los límites de emisión de gases establecidos.

ECU (Electronic Control Unit): Unidad de control electrónico cuyo propósito consiste en regular el funcionamiento del motor. Permite en la práctica la lectura y la modificación de los parámetros que determinan el desempeño del vehículo en función de diversas condiciones de operación.

Normativa Euro 5: Totalidad de normativas ambientales europeas que establecen límites máximos de emisiones para los motores diésel, cumpliendo a su vez con requisitos usuales en las tecnologías de inyección electrónica, EGR, SCR y los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD).

Transporte pesado: Actividad logística que involucra vehículos de gran capacidad destinados al transporte de mercancías en distancias largas o cargas voluminosas. Este tipo de transporte requiere motores robustos, eficientes y de bajo impacto ambiental.

Estado de la Tecnología

Motores diésel Euro 5

La normativa Euro 5, vigente desde 2009 en Europa y adoptada en otros países como Perú, exige a los fabricantes de motores diesel, reducir significativamente las emisiones de gases contaminantes. Para cumplir estos estándares, los motores Euro 5, como el MC13, integran tecnologías avanzadas de control de emisiones de gases, incluyendo:

- EGR (Recirculación de Gases de Escape): Reduce las emisiones de NO_x al recircular parte de los gases de escape hacia el colector de admisión.
- SCR (Reducción Catalítica Selectiva): Utiliza urea (AdBlue) para convertir NO_x en nitrógeno y vapor de agua.
- DPF (Filtro de Partículas Diésel): Captura partículas sólidas antes de que salgan por el escape.

Estas tecnologías requieren sistemas de monitoreo y control electrónico precisos para funcionar eficientemente bajo diversas condiciones operativas.

Sistemas de gestión electrónica del motor

Los motores modernos están gestionados por ECU (Electronic Control Units) que monitorean y regulan variables críticas como:

- Tiempo de inyección de combustible
- Presión del turbo
- Proporción aire-combustible
- Temperatura de gases de escape
- Funcionamiento del sistema SCR y del DPF

Estos sistemas permiten ajustes dinámicos y pueden ser reprogramados para adaptar el motor a condiciones específicas, siempre que se respete el margen técnico y legal establecido por el fabricante.

Optimización electrónica (ECU remapping / tuning)

La optimización de motores vía ECU es una práctica común en flotas de transporte moderno. Esta técnica consiste en modificar parámetros internos del software del motor para:

- Aumentar la eficiencia energética
- Mejorar la respuesta del acelerador
- Reducir el consumo de combustible
- Ampliar la vida útil de componentes críticos

Herramientas como WinOLS, ECM Titanium, KESSv2 y otros interfaces de diagnóstico son utilizadas por técnicos especializados para acceder y ajustar la programación del motor.

Cabe señalar que cualquier modificación debe garantizar el cumplimiento de las normas ambientales (como Euro 5) y no comprometer la seguridad del vehículo ni del entorno.

Tendencias actuales en el transporte pesado

En la actualidad, las flotas de transporte pesado están migrando hacia sistemas más inteligentes que combinan tecnologías de eficiencia energética, análisis de datos en tiempo real, y mantenimiento predictivo. Asimismo, fabricantes como Scania, Volvo y Mercedes-Benz están desarrollando motores diésel optimizados desde fábrica, pero también abiertos a adaptaciones locales mediante software autorizado.

El uso de tecnologías híbridas, combustible dual (diésel-GNV) y la electrificación parcial de componentes auxiliares también están ganando terreno como estrategias complementarias a la optimización tradicional del motor.

Teorías, Técnicas y Métodos Usados.

Teorías aplicadas.

a) Teoría de la combustión interna controlada

La teoría de la combustión interna controlada se refiere a comprender en líneas generales aquellos elementos o principios que rigen el funcionamiento de los motores diésel, entendiendo la combustión como la conjunción de la mezcla de combustible a alta presión y aire caliente que ha sido previamente comprimido. La eficiencia y las emisiones que produce un motor son directamente proporcionales a la buena combustión, motivo por el cual se tiene que optimizar una serie de variables como el momento de inyección o la relación aire-combustible.

b) Teoría de sistemas

Esta teoría se contempla en el transcurso del desarrollo del programa de optimización creado, donde se inscribe el motor con sus componentes electrónicos como un sistema

interrelacionado y sumido en un Todo. Perturbaciones en un parámetro (la presión del turbo, por ejemplo) pueden alterar el funcionamiento de otros subsistemas (como el aumento de la temperatura de escape, el rendimiento del SCR), y una alteración en un parámetro sólo puede ser cerrada si se actúa y se complementa sistemáticamente en los otros sistemas.

c) Teoría del control electrónico

La gestión de motores modernos se basa en principios de control automático, donde sensores, actuadores y la ECU interactúan en tiempo real para mantener condiciones operativas óptimas. La programación de la ECU, basada en esta teoría, permite ajustar variables mediante software sin alterar físicamente el motor.

2. Técnicas empleadas.

a) Reprogramación de la ECU (remapeo de ECU)

Esto consiste en leer, modificar y escribir el software de un motor utilizando ciertas herramientas especializadas. Esto deja modificar ciertos parámetros (mapa de inyección, presión de turbo, limitadores de par motor,...) que son leídos y escritos a través de la interfaz como KESSv2, K-TAG, ECM Titanium, WinOLS.

b) Diagnóstico y escaneo electrónico.

Antes y después de la optimización se procede al escaneo completo del sistema del motor, lo cual se realiza a través de herramientas como Autel, Launch o Jaltest que permiten también leer códigos de error, el comportamiento de los sensores, el historial de funcionamiento y el funcionamiento real bajo carga.

c) Análisis de los datos operativos.

Se recogen los datos que engloban el consumo, los tiempos de respuesta, las temperaturas, las rpm, las emisiones y otros indicadores durante las pruebas de campo, son datos que permiten evaluar de manera cuantitativa la influencia del programa de optimización.

3. Métodos utilizados

a) Método experimental

Se aplicó un enfoque experimental en campo, probando el motor MC13 antes y después de la implementación del programa de optimización. Se compararon los resultados bajo condiciones similares para validar las mejoras en rendimiento, consumo y emisiones.

b) Método comparativo

Se contrastaron los datos obtenidos con los valores estándar definidos por el fabricante y los límites establecidos por la normativa Euro 5, permitiendo evaluar si el motor optimizado mantiene la conformidad técnica y legal.

c) Método inductivo

A partir del análisis de casos individuales (vehículos específicos), se generan conclusiones generales sobre el comportamiento del motor ante la optimización, estableciendo recomendaciones para su aplicación en flotas más grandes.

Capítulo III: Memoria Descriptiva

Descripción General del Proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar e implementar un programa de optimización para motores diésel MC13 Euro 5, los cuales son ampliamente utilizados en el sector de transporte pesado. Este programa busca mejorar la eficiencia operativa del motor, disminuir el consumo de combustible y reducir las emisiones contaminantes, en cumplimiento con la normativa ambiental vigente, especialmente los estándares Euro 5.

El motor MC13 Euro 5 representa una tecnología avanzada que incorpora sistemas como EGR, SCR y filtros de partículas para controlar la emisión de gases nocivos. Sin embargo, la

optimización electrónica mediante ajustes en la unidad de control del motor (ECU) permite adaptar su desempeño a las condiciones reales de operación, lo que puede traducirse en beneficios económicos y ambientales significativos para las flotas de transporte.

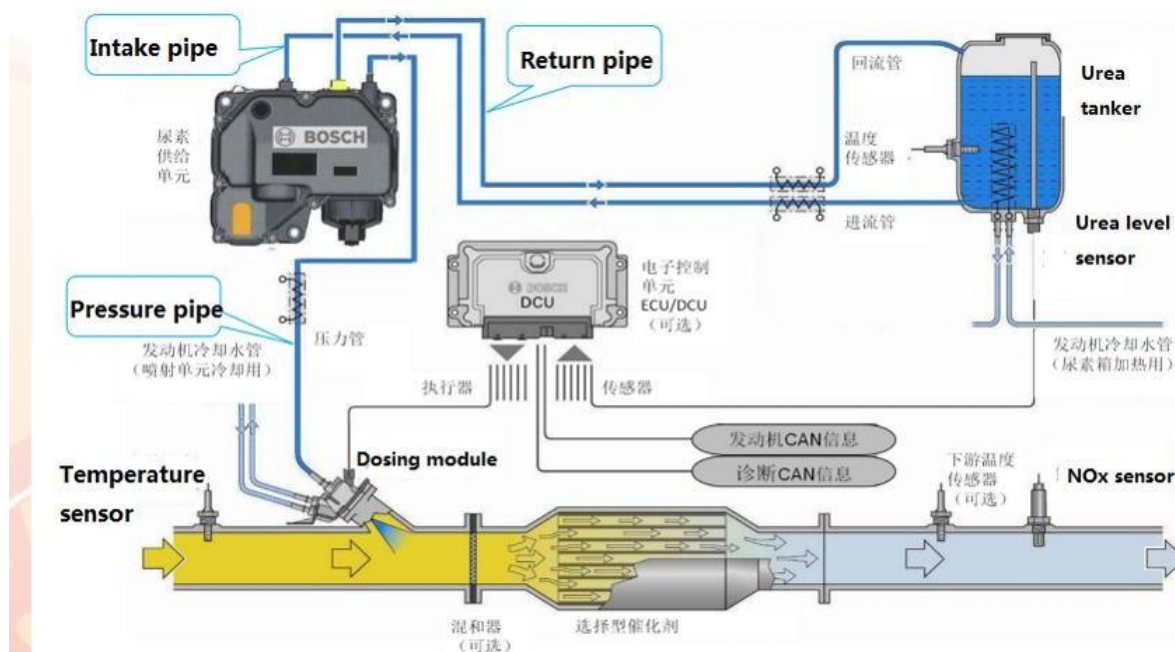
Para lograr esto, se realizará un análisis detallado del comportamiento técnico del motor bajo distintas condiciones de carga y operación, identificando los parámetros clave que afectan el rendimiento y las emisiones. Posteriormente, se diseñará un programa de optimización que será implementado y probado en unidades de transporte pesado, evaluando sus efectos en el consumo de combustible y la reducción de contaminantes.

Este proyecto contribuye a la sostenibilidad del sector transporte, promoviendo tecnologías limpias y eficientes, y ofreciendo una solución práctica para optimizar motores sin comprometer la durabilidad ni el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

Diagramas en Bloques del Proyecto

Motor MC13 EURO 5

SCR is the most widely used technology for removing NOx from diesel engine exhaust.



Especificación técnica del proyecto

Nombre del proyecto:

Diseño e implementación de un programa de optimización para motores diésel MC13 Euro 5 en aplicaciones de transporte pesado.

Descripción general:

Desarrollo de un software de optimización para ajustar parámetros clave de la unidad de control electrónico (ECU) del motor diésel MC13 Euro 5, con el objetivo de mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones contaminantes en vehículos de transporte pesado.

Alcance:

- Aplicación en motores diésel MC13 Euro 5 instalados en vehículos de transporte pesado.
- Análisis, diseño, desarrollo y prueba del programa de optimización.
- Evaluación del rendimiento antes y después de la optimización bajo condiciones operativas reales.

Requisitos técnicos:

- Compatibilidad ECU: Soporte para la ECU específica del motor MC13 Euro 5.
- Parámetros a optimizar:
Tiempo y presión de inyección de combustible.

Gestión del turbo compresor.

Control de recirculación de gases (EGR).

Control y regeneración del filtro de partículas (DPF).

- Herramientas de desarrollo: Software de programación y diagnóstico compatible (p. ej., WinOLS, ECM Titanium, KESSv2).
- Pruebas y validación: Equipos de medición de emisiones, consumo y rendimiento (análisis de gases, dinamómetro, escáner OBD).
- Cumplimiento normativo: Asegurar conformidad con normativa Euro 5 y legislación ambiental vigente.

Características funcionales:

- Lectura en tiempo real de datos del motor.
- Ajuste dinámico de mapas de inyección y otros parámetros.
- Registro de cambios y posibilidad de restaurar configuración original.
- Interfaz amigable para técnicos especializados.
- Protección contra modificaciones que puedan dañar el motor o violar normativas.

Restricciones:

- El programa no debe alterar la seguridad ni la integridad mecánica del motor.
- La optimización debe mantener las emisiones dentro de los límites establecidos por Euro 5.
- El desarrollo debe considerar limitaciones físicas y electrónicas del motor MC13.

Entregables:

- Programa de optimización funcional y documentado.
- Informe técnico con resultados de pruebas y evaluación de impacto.
- Manual de usuario para la implementación y mantenimiento del software.

La tecnología del motor MC13 se deriva completamente de la tecnología del motor MAN D20, este es un motor nuevo presentado por la empresa MAN de Alemania en el 2004; adaptando mejoras en el diseño de la elevación de torque en lugar de aumento de la potencia.

Este motor dispone de un buen rendimiento y ahorro de combustible y es de alta confiabilidad. El nivel de emisiones que ha alcanzado este motor es el estándar de euro 5.

Lamentablemente en nuestro país, nuestro combustible tiene altos índices de Diesel adulterado, con presencia de azufre y otros aditivos, esto ha causado mucho daño a los motores de transporte pesado; en esta oportunidad nos enfocamos en el motor MC13.

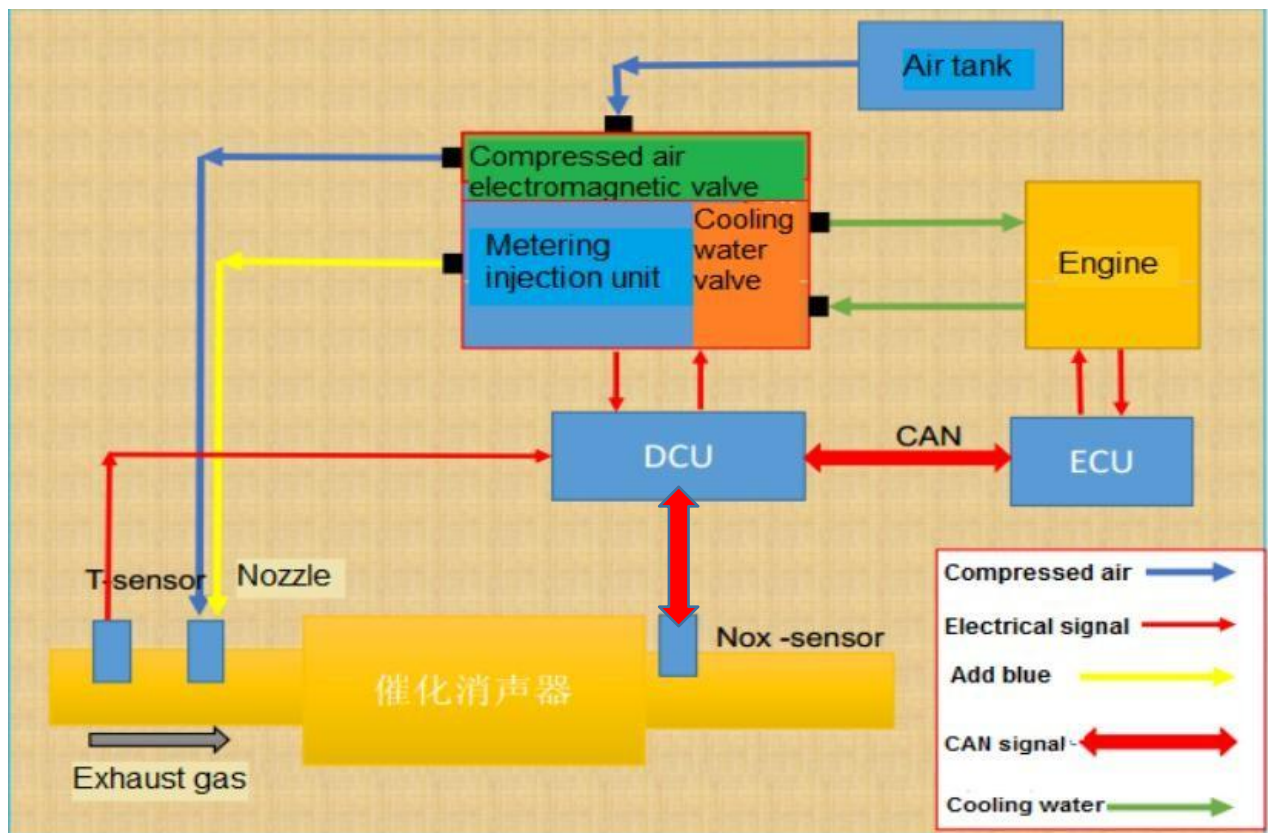
Estos motores vienen bajo la normativa de euro 5, y la consecuencia de utilizar un combustible de baja calidad, merman el rendimiento del motor.

El motor de combustión interna es ordenada por la unidad de control del motor (ECU).

La ECU está en constante comunicación con la unidad de control Diesel (DCU).

Los gases que salen por el tubo de escape son censadas por el sensor Nox, esta información es transmitida a la DCU.

La DCU mide la cantidad de partículas de hollín y esta a su vez regula dicha cantidad de partículas con la inyección de urea sobre el catalizador, logrando así disminuir la contaminación que sale por el tubo de escape



Cálculos previos

Consideración de diseño

La emisión de gases contaminantes que despiden los motores de los vehículos cuando se queman los combustibles, obligó hace 10 años a un replanteamiento del consumo. Surgió una gran demanda por el gas licuado del petróleo (GLP), la cual se mantiene hasta ahora. Sin embargo, han surgido nuevas consideraciones en estos años.

¿Cómo se contamina el combustible?

Existen varios factores que causan la **contaminación del combustible**, que por lo general ocurre desde que sale de la refinería, se transporta hacia las empresas y se almacena en los tanques. La contaminación se puede dar por de diferentes formas:

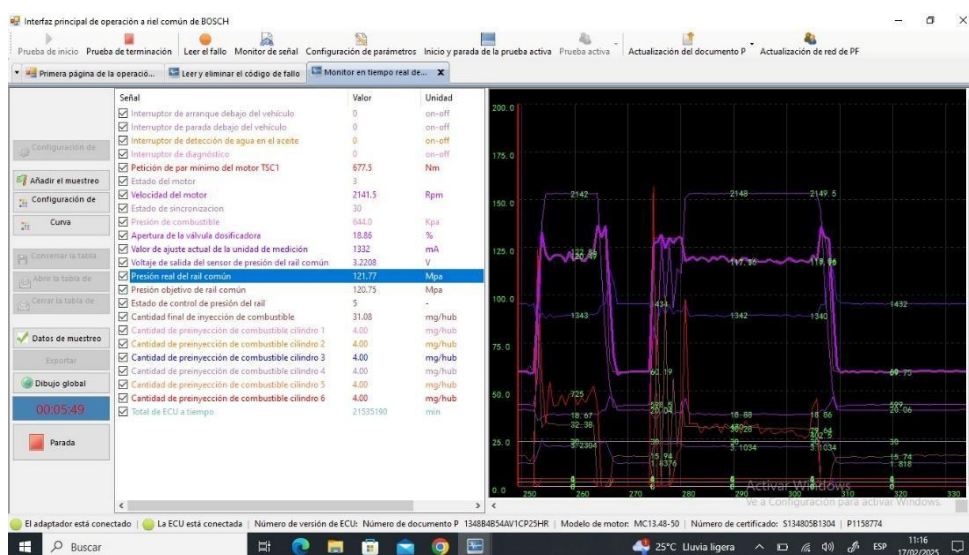
Cristalización del combustible/parafina: Es un tipo de cera que se forma cuando disminuye la temperatura del diésel o la gasolina, la cual al precipitarse puede taponar el filtro de combustible.

Sedimentos y presencia de partículas sólidas: A los tanques de combustible pueden llegar innumerables **sedimentos**, **restos** y otros **residuos**, ya sea porque el camión que transporte este sucio, el tanque de combustible no esté limpio, los surtidores de diésel o gasolina no se mantengan correctamente, errores humanos, etc.

Operaciones de cálculos

En la figura se puede apreciar en tiempo real los valores del motor en funcionamiento por ejemplo el estado del motor, la presión del combustible, la cantidad de preinyección del combustible del cilindro uno hasta el número 6, el tiempo total que lleva prendido el motor.

Estos valores son de suma importancia para recopilar información y obtener mejoras para el sistema de emisión de gases contaminantes.



Sistema Eléctrico

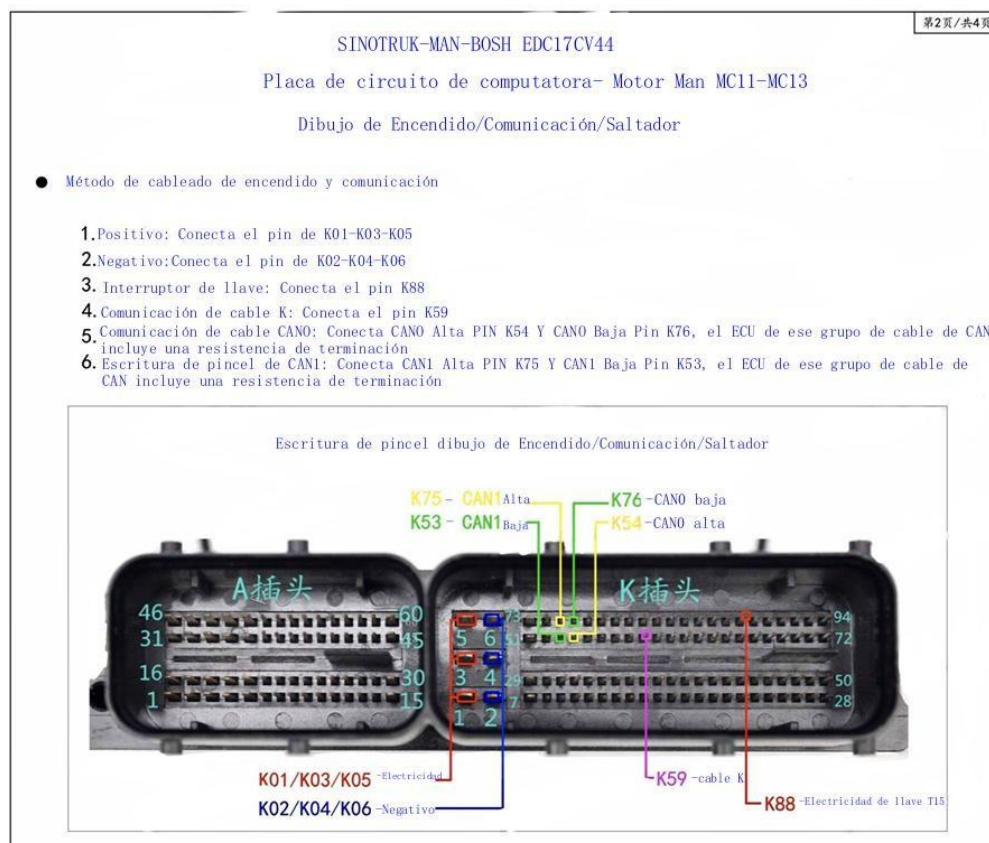
El sistema eléctrico del motor MC13, especialmente en versiones como el MC13.48-50 de SINOTRUK, está diseñada para soportar operaciones de alto rendimiento en los vehículos pesado. Aquí mostramos el desglose estructurado de sus componentes eléctricos clave:

- Voltaje nominal. 24 voltios
- Baterías: 2 unidades de 12 voltios

- Alternador: 24 voltios 80 amperios
- Sistema de arranque: eléctrico con motor de arranque de alto torque
- Control de inyección: electrónico mediante sistema de common rail de Bosch
- Sensores integrados: temperatura, presión de aceite, posición de cigüeñal, entre otros
- Protecciones. Fusibles relés sistema de diagnóstico de Código de fallas
- Actuadores del motor: inyectores, válvulas, EGR, turbo VGT
- Sistema de post tratamiento de emisiones: SCR, sensores NOX,
- Gestión electrónica: unidad de control electrónica, que regula la sincronización del motor, el rendimiento del turbo, la eficiencia de combustibles, la respuesta del motor según la carga y condiciones.

Diagramas Eléctricos

Unidad de control del motor MC13 de la marca Bosch



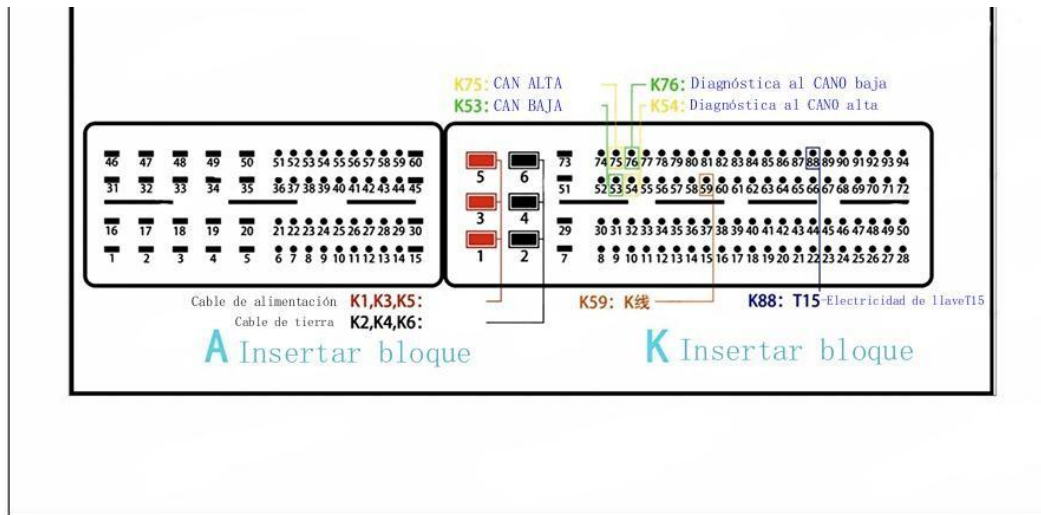
Suministro de Alimentación

El conector K en sus pines k1, k3, k5 son puntos de alimentación B+ directamente de batería y protegidas por un fusible de 20 amperios.

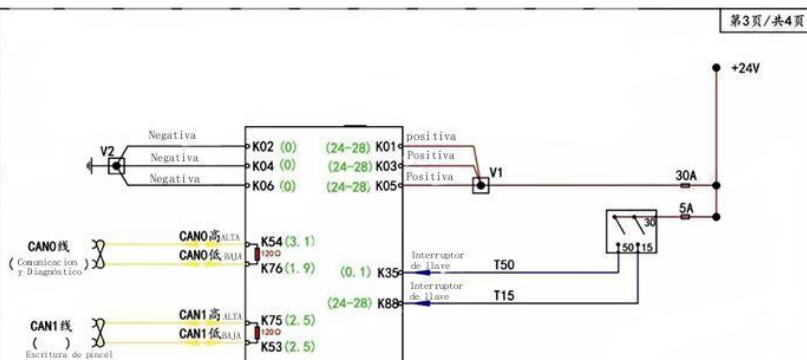
El conector K en sus pines k2, k4, k6 son puntos de alimentación negativa y van aterrizadas amasa del chasis.

El conector K en sus pines k35, k88 son puntos de alimentación +15 comandadas por chapa de contacto

El conector k en sus pines k75, k53, k77, k54 son puntos de comunicación CAN bus en sus respectivos protocolos de fabrica PCAN – DCAN

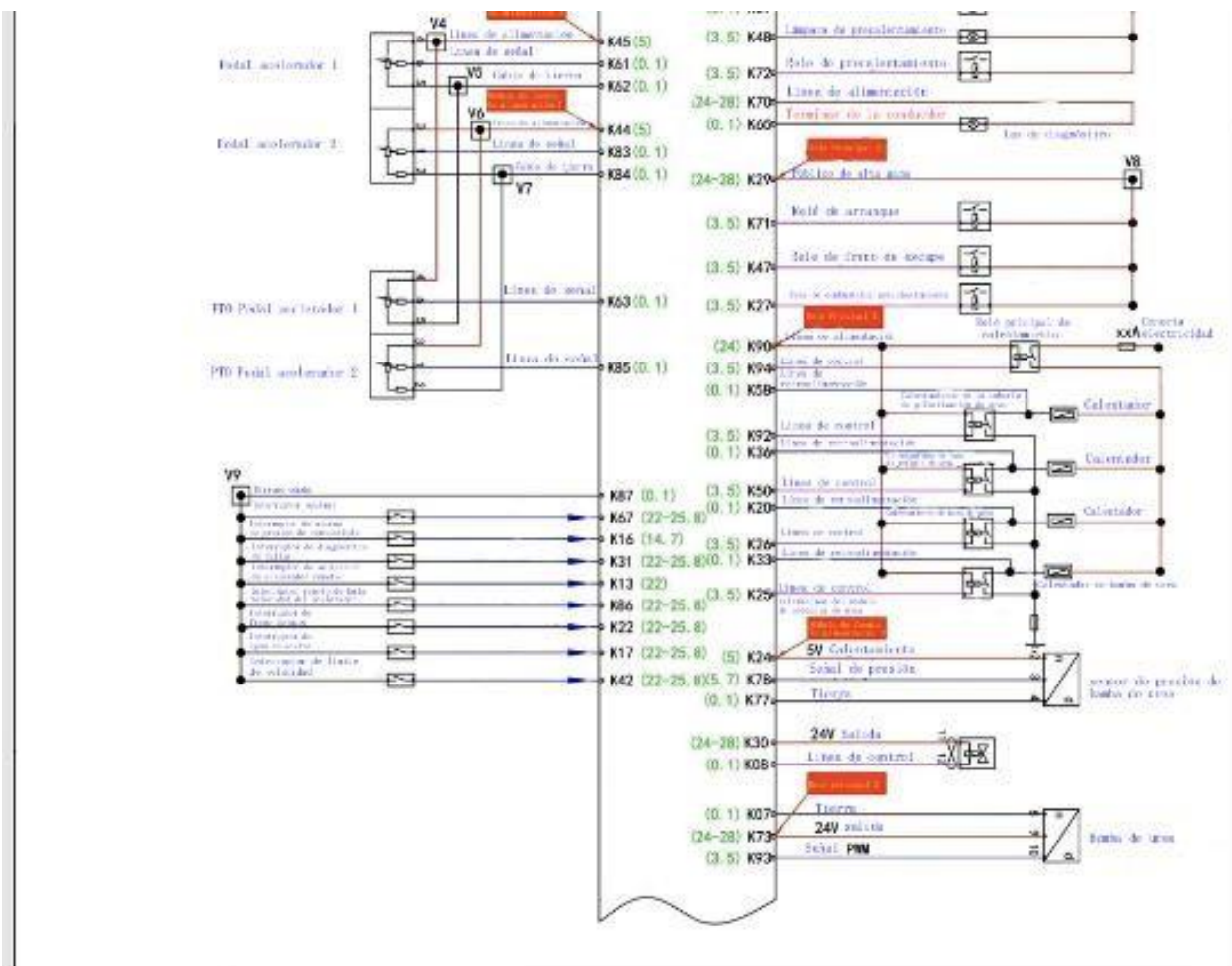


Módulo de Fuente de 1 alimentación 1	A21	Indefinido
	K44	Pedal acelerador 2
	A24	sensor de presión y temperatura de aceite
	K43	Indefinido
Módulo de Fuente de 2 alimentación 2	A09	sensor de temperatura presión de aire entrado
	K23	Indefinido
	A22	Indefinido
	K45	Pedal acelerador 1
Módulo de Fuente de 3 alimentación 3	K46	Indefinido
	A08	Indefinido
	K24	sensor de presión de bomba de urea
Relé principal 0	A07	Sensor de presión de common rail
	K29/K68/A45/A60	
Relé principal 1	K89	Electroválvula de calentamiento del tanque de urea
	K90	Relé principal de calentamiento de la bomba de urea
Relé principal 2	K73	Motor de bomba de urea



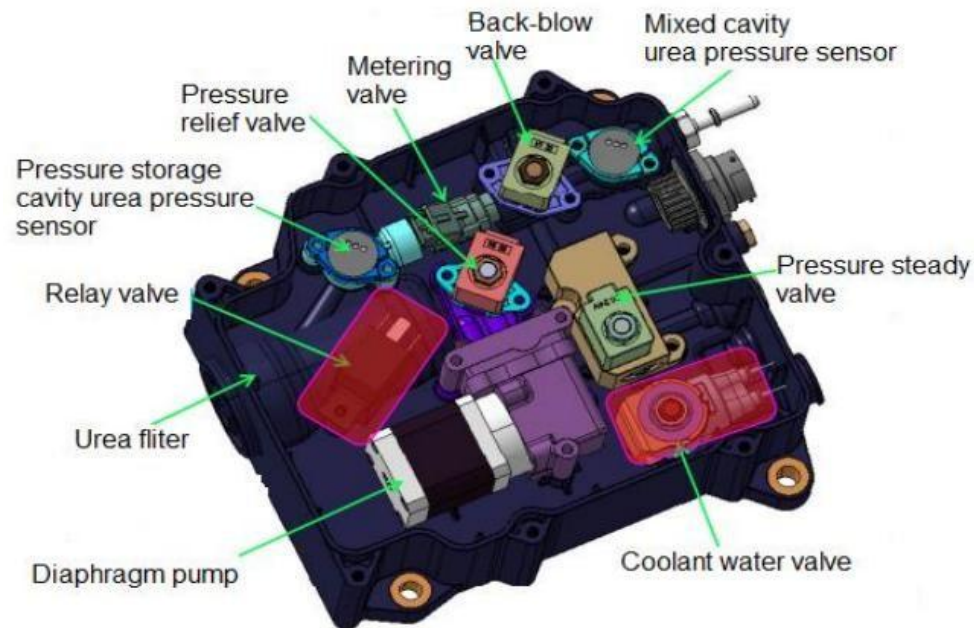
Circuito de Mando

La unidad de control ECU del motor gestiona todos los sensores y actuadores que están bajo su jerarquía; el circuito de mando de una unidad de control es esencial para la activación y funcionamiento de todos los sistemas que dependen de la unidad de control electrónico: relay, ventiladores eléctricos, electroválvulas, bombas eléctricas, solenoides entre otros etc.



Circuito de Fuerza

Estructura interna de la caja de la bomba de urea de calefacción



Sistema de control de presión bomba de urea

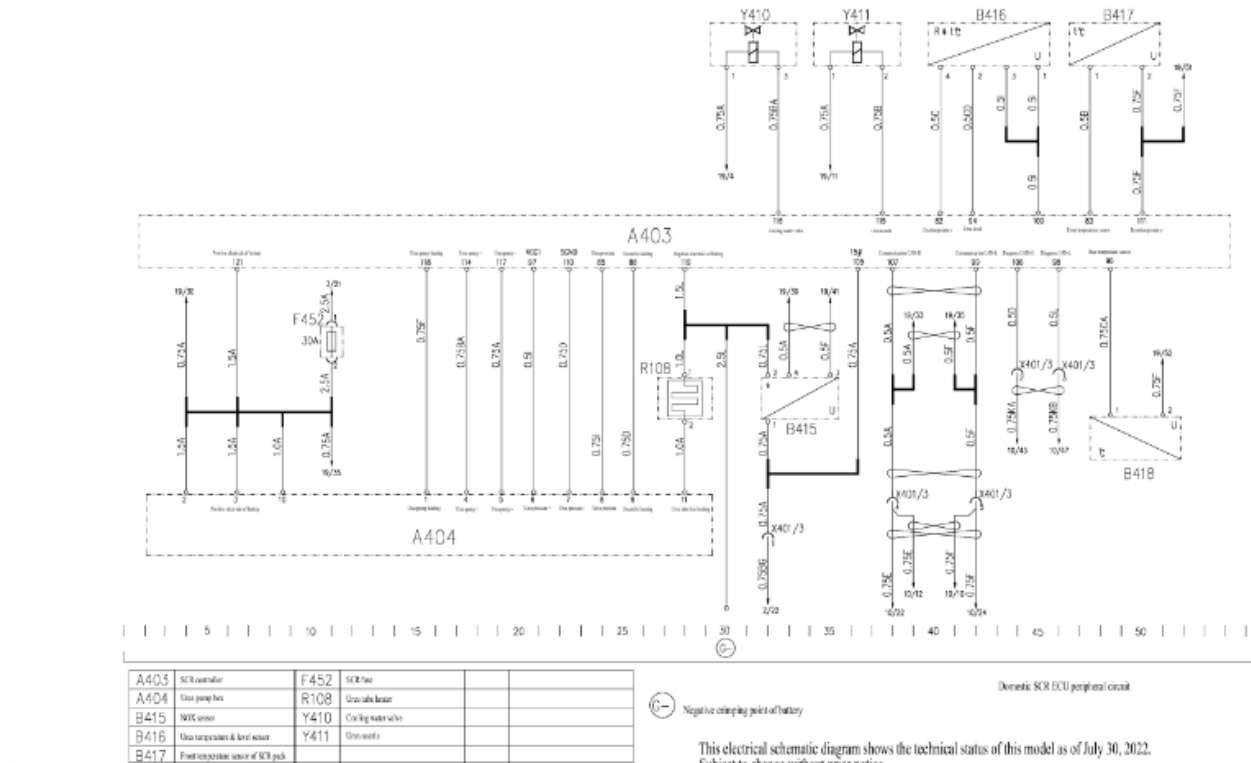
El proceso de construcción de presión dura 35 segundos. Si falla, inténtelo de nuevo (máximo tres veces). El sistema aumenta la presión de almacenamiento a 3 bares y la mantiene. Si la construcción de presión es exitosa, espere a que la temperatura alcance los 200°C.

El proceso de inyección está controlado por DCU. La cantidad de inyección depende de la Nox y la temperatura de escape $T > 200^{\circ}\text{C}$. La función de aire: Atomización auxiliar, boquilla de enfriamiento, vaciado.

Diagramas Electrónicos

Esquema eléctrico Sitrak C7H MC13 540

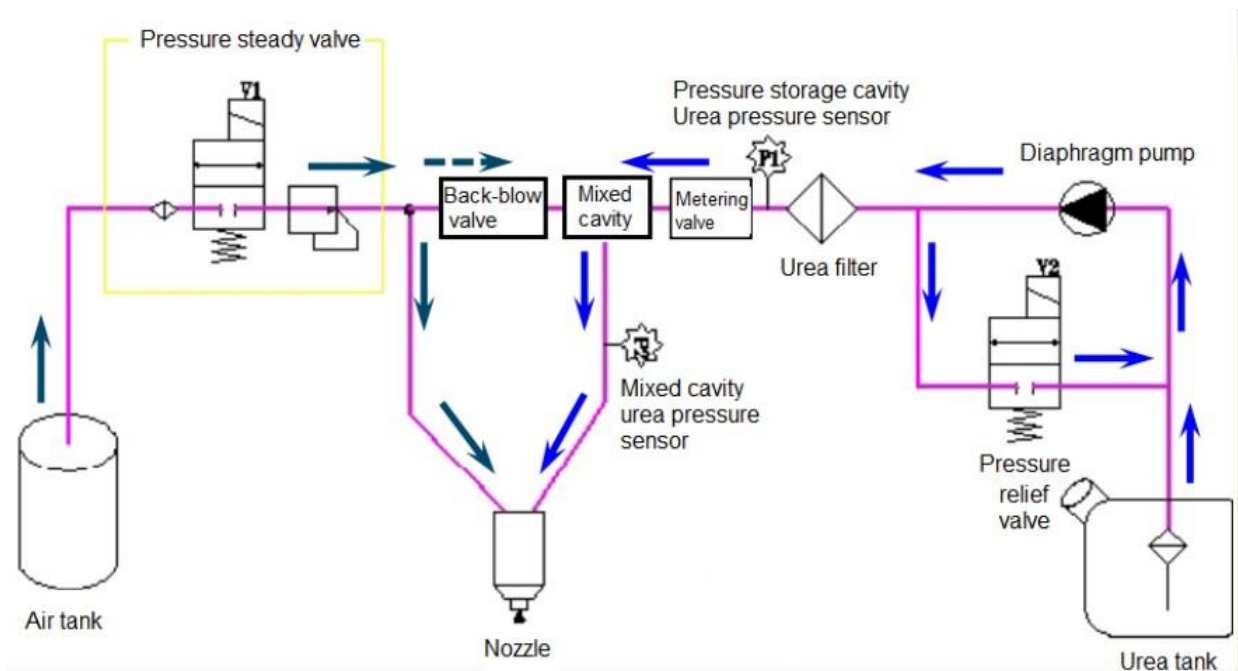
Electrical Schematic Diagram of SITRAK-C7H Vehicles (Nano+TFT) (Ver. 2022-01)-19



Circuito de Control DCU

La función principal es recolectar las señales de cada sensor y controlar el tiempo de inyección y la cantidad de inyección de urea de acuerdo con la información de las condiciones de operación del motor en el bus CAN y cada señal del sensor. Todo el sistema puede ser diagnosticado en tiempo real para diagnósticos a bordo (OBD).

Diagrama de Flujo y/o Bloques



Librerías OBD ON- BOARD DIAGNOSTIC

Condición de iluminación de la lámpara MIL, el sistema OBD necesita encender la lámpara MIL para alarmar (1) De acuerdo con los requisitos regulatorios, cuando las emisiones superan los límites especificados por las regulaciones (principalmente NOx) (2) o el mal funcionamiento del sensor y componentes asociados.

Las regulaciones estipulan que cuando las emisiones del motor superan ciertos límites de emisiones OBD, o los componentes del sistema OBD relacionados con las emisiones fallan, se requiere una acción de límite de par (el par del motor se limita al 60% del valor máximo de par), y el motor entra en modo de emergencia. Según diferentes fallas, el límite de emisión se activará en diferentes momentos. Se puede dividir en activación inmediata y activación a las 50 horas. Independientemente del modo de activación, debe ser activado después de que la velocidad del

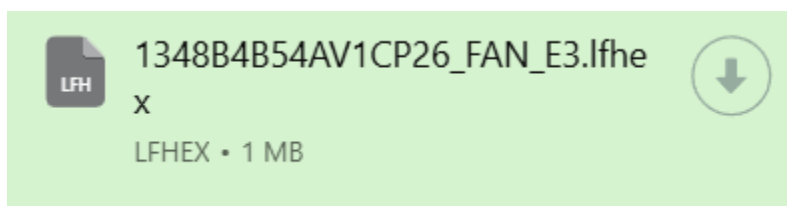
vehículo sea cero. Recuperación del limitador de par, el limitador de par vuelve al estado inactivo después de que se confirme la reparación de la falla que causó la activación del limitador de par.

Firmware y Software

EL software es un archivo tipo FHEX que tiene la bondad de hacer más dócil el sistema de tratamiento de gases euro 5; esto consta de un conjunto de números la cual establece un mapa característico en la unidad de control del motor.

Como ejemplo, si el nivel del líquido urea baja a nivel de un cuarto, lo más normal es que el testigo de gases de escape se encienda como un Código de advertencia, esto trae con sigo una reducción en la potencia del motor y si el operador no agrega urea al sistema terminaría por encender el check del motor. La solución a este problema es el software creado por nosotros y debe ser instalada en la unidad del control.

ARCHIVO P FILE

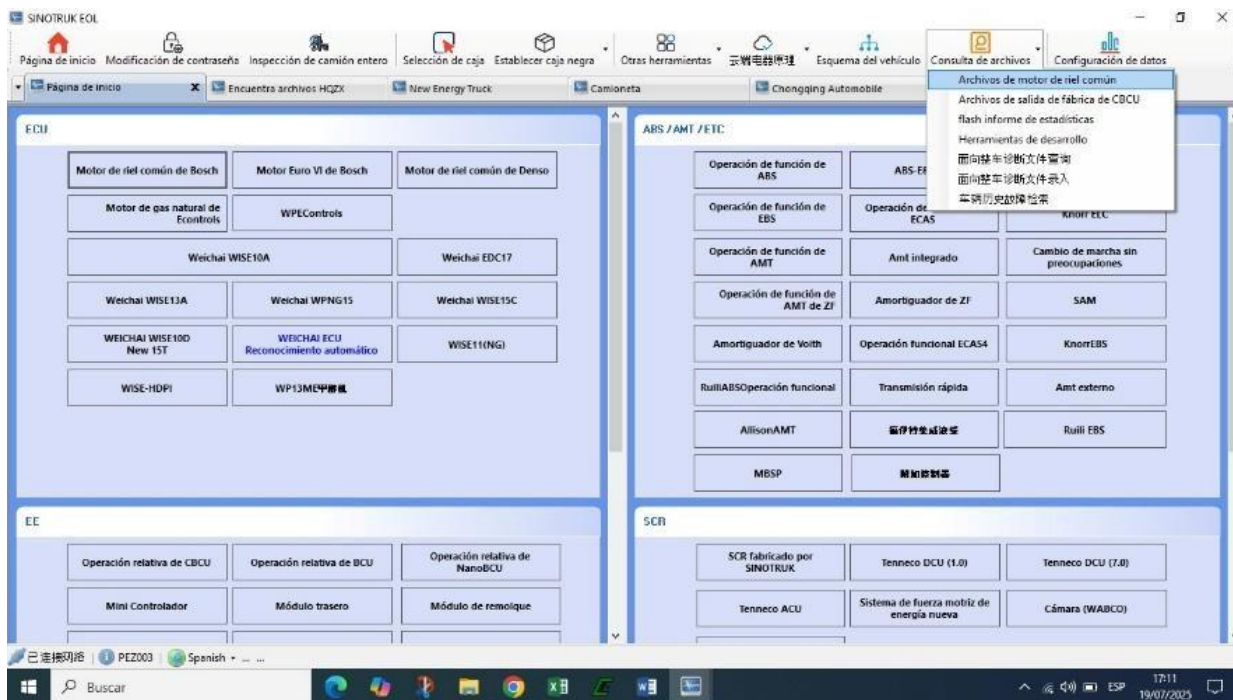


Programa Lógico o Datos de Configuración

Debido a una mala calidad de combustible que se puede encontrar en diversas partes del país, esto ha generado falencias en nuestros motores con normativa EURO 5.

Nuestro proyecto busca optimizar esos inconvenientes creando un programa que luego se instala en la unidad de control, aunque este ya este programada; para ello hay que tomar en cuenta ciertos criterios de fabrica con relación a los parámetros de programación que no debe ser modificada. Solo se debe reemplazar el ARCHIVO P FILE

CONSULTA DE ARCHIVO A DESCARGAR



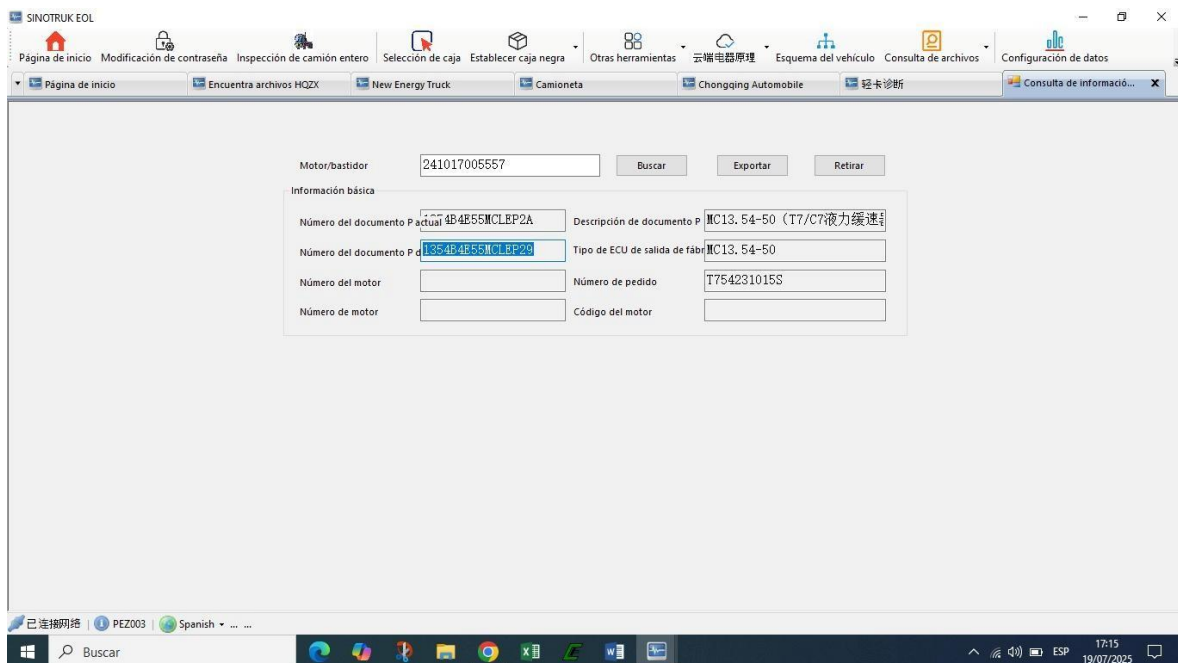
SE BUSCA EL ARCHIVO DE ACUERDO CON EL NUMERO DE MOTOR

The screenshot displays the SINOTRUK EOL software interface. At the top, there is a navigation menu with options: 'Página de inicio', 'Modificación de contraseña', 'Inspección de camión entero', 'Selección de caja', 'Establecer caja negra', 'Otras herramientas', '云端电器原理', 'Esquema del vehículo', 'Consulta de archivos', and 'Configuración de datos'. Below this, a secondary menu includes: 'Página de inicio', 'Encuentra archivos HQZX', 'New Energy Truck', 'Camioneta', 'Chongqing Automobile', '轻卡诊断', and 'Consulta de informaci...'. The main area contains a search form with the following fields and buttons:

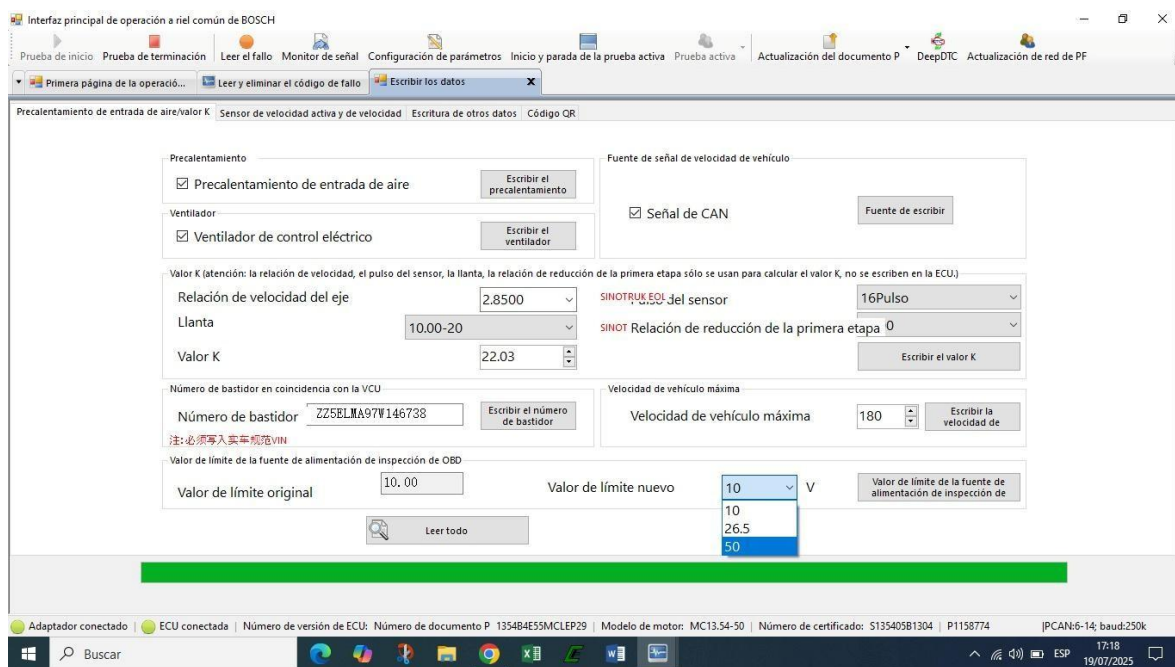
- Motor/bastidor:** A text input field containing the value '241017005557'. To its right are three buttons: 'Buscar', 'Exportar', and 'Retirar'.
- Información básica:** A section containing six input fields arranged in two columns:
 - Left column: 'Número del documento P actual', 'Número del documento P d', 'Número del motor', and 'Número de motor'.
 - Right column: 'Descripción de documento P', 'Tipo de ECU de salida de fábr', 'Número de pedido', and 'Código del motor'.

The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the date '19/07/2023' and time '17:14'. The search bar contains the text 'Buscar'.

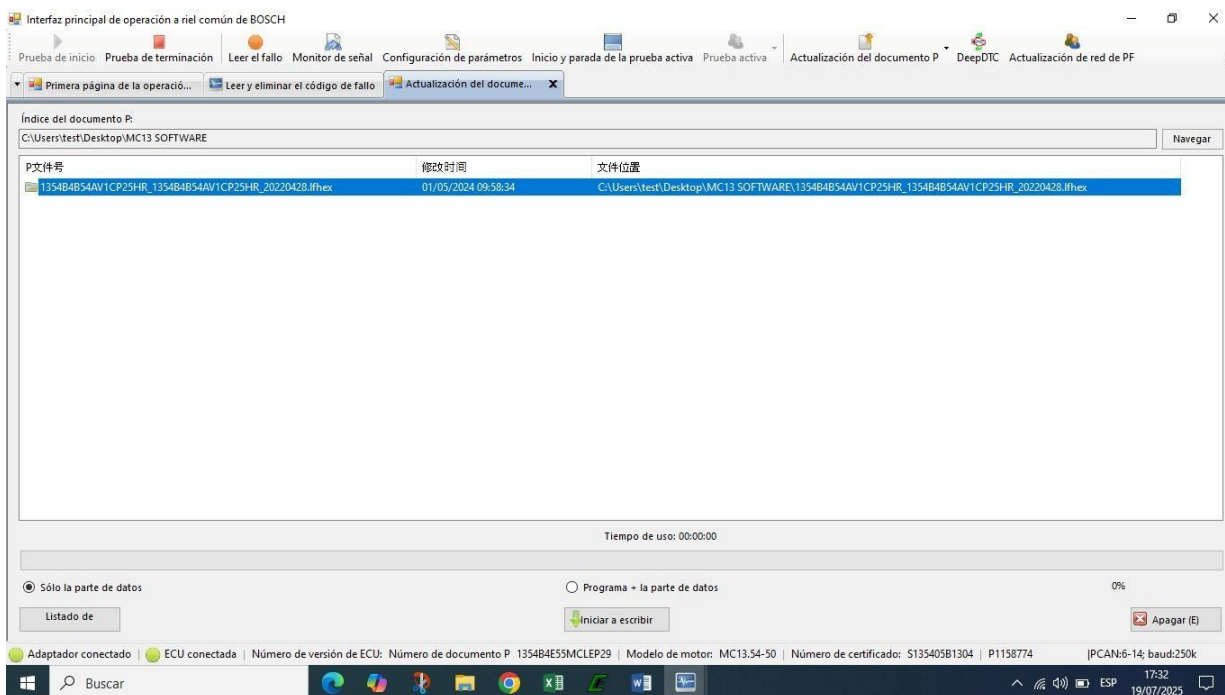
EL RESULTADO ES OBTENER EL ARCHIVO P QUE LE PERTENECE AL MOTOR



SE TOMA NOTA DE LOS PARAMETROS DE PROGRAMACION EN ESE MOMENTO



FINALMENTE SE INSTALA EL NUEVO ARCHIVO P



Áreas Transversales de Impactos

Impacto Ambiental

- Reducción de emisiones contaminantes (NO_x, PM) gracias a la optimización del sistema de postratamiento (EGR, SCR, DPF).
- Mejora de la eficiencia del motor, lo que implica menor consumo de combustible.
- Contribución al cumplimiento de la norma Euro 5 y alineamiento con políticas de sostenibilidad.

Impacto Tecnológico

- Desarrollo e implementación de algoritmos o software para la optimización de parámetros operativos del motor.

- Incorporación de tecnologías digitales para el monitoreo y diagnóstico del rendimiento.
- Potencial aplicación en otros modelos de motores Euro 5 o Euro 6.

Impacto Económico

- Reducción en costos operativos por menor consumo de diésel.
- Aumento de la vida útil de los componentes del motor y menor necesidad de mantenimiento correctivo.
- Mejora en la rentabilidad de flotas de transporte pesado.

Impacto Social y Laboral

- Capacitación técnica del personal en diagnóstico y optimización de motores modernos.
- Mejora en las condiciones de trabajo para operadores de flota al reducir fallas mecánicas y tiempos de parada.
- Aporte al desarrollo profesional en el sector automotriz y de transporte.

Impacto Académico y Científico

- Generación de conocimientos aplicados en el campo de la ingeniería automotriz.
- Posibilidad de replicación del programa en proyectos de investigación similares.
- Contribución a estudios sobre combustión limpia y eficiencia energética.

Impacto en el Transporte y la Movilidad

- Mejora de la eficiencia operativa de vehículos de carga pesada.
- Reducción de la huella ambiental del transporte terrestre.
- Fomento de la transición hacia tecnologías más limpias sin sustituir inmediatamente la flota actual.

Ámbito de Seguridad y Salud Organizacional

Identificación de Riesgos

- Durante la implementación del programa de optimización en motores diésel, pueden presentarse riesgos laborales como:
- Exposición a contaminantes atmosféricos (gases de escape durante pruebas de motor).
- Riesgos mecánicos por contacto con componentes calientes o en movimiento.
- Riesgos eléctricos durante la conexión y ajuste de sistemas de diagnóstico o sensores.
- Riesgos ergonómicos por posturas prolongadas en el trabajo técnico y manipulación de herramientas.

Medidas Preventivas

- Capacitación técnica al personal sobre el uso seguro de herramientas y software de diagnóstico.
- Uso obligatorio de EPP (Equipo de Protección Personal): guantes, gafas, protectores auditivos y mascarillas cuando se trabaje cerca del escape.
- Establecimiento de protocolos de seguridad eléctrica para el manejo de equipos electrónicos y sensores.

- Paradas de mantenimiento bien planificadas para evitar riesgos de fatiga o errores humanos.
- Ventilación adecuada en talleres o áreas cerradas donde se operen motores.

Normativa y Cumplimiento

- Alineación con la normativa de seguridad industrial y salud ocupacional según Norma ISO 45001, en nuestro país Ley N 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Verificación del cumplimiento de las normas ambientales y de emisiones en la prueba y puesta en marcha del motor.
- Registro de incidencias y mantenimiento de protocolos de respuesta ante emergencias.

Cultura Organizacional en Seguridad

- Promoción de una cultura de prevención, en la que se fomente el reporte de riesgos y la mejora continua en prácticas seguras.
- Involucramiento del personal operativo, técnico y administrativo en la gestión de seguridad y salud.
- Revisión periódica de los procedimientos de trabajo seguro y actualizaciones del programa según experiencias en campo.

Beneficios Esperados

- Reducción de accidentes laborales y enfermedades profesionales.

- Mejora en el ambiente laboral y percepción de seguridad por parte del personal técnico.
- Mayor confiabilidad en la implementación del programa, al asegurar condiciones seguras durante el desarrollo del proyecto.

Ámbito de Conservación del Medio Ambiente

Mi proyecto Diseño e implementación de un programa de optimización para motores diésel MC13 Euro 5 en aplicaciones de transporte pesado se inscribe en un contexto de mejora del desempeño energético y reducción del impacto ambiental en el sector del transporte. La optimización del funcionamiento de motores diésel Euro 5 apunta a disminuir el consumo específico de combustible y las emisiones contaminantes, especialmente de óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado (PM), que son los principales contribuyentes al deterioro de la calidad del aire.

Desde la perspectiva ambiental, el proyecto promueve el uso más eficiente de los recursos energéticos fósiles mediante ajustes en la gestión electrónica del motor y estrategias de conducción técnica, lo cual puede traducirse en una disminución de la huella de carbono de las flotas de transporte pesado. Asimismo, contribuye al cumplimiento de normativas ambientales vigentes y refuerza el compromiso del sector con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 13 (Acción por el clima).

Este enfoque técnico-ambiental permite integrar soluciones sostenibles que no requieren cambios drásticos en la infraestructura existente ni la sustitución inmediata de unidades motrices, lo que favorece una transición gradual hacia una movilidad más limpia y eficiente.

Ámbito de Eficiencia Energética

El proyecto aborda directamente la mejora de la eficiencia energética en motores diésel MC13 Euro 5 al implementar un programa de optimización técnica que incluye calibraciones electrónicas avanzadas, ajustes en los parámetros de inyección de combustible y análisis del comportamiento operativo del motor en condiciones reales de carga. Estas acciones buscan maximizar la relación entre el trabajo útil entregado por el motor y el consumo de energía, reduciendo pérdidas por fricción, combustión incompleta o funcionamiento ineficiente fuera de los rangos óptimos.

En el entorno del transporte pesado cuando los motores afrontan situaciones operativas severas, pequeñas mejoras de la eficiencia energética son las que tal vez tengan repercusiones en el consumo total de diésel; es decir, se logran beneficios económicos para las compañías operadoras y disminuye la dependencia de los combustibles fósiles y de los gases contaminantes emitidos por cada kilómetro recorrido.

En este sentido la aplicación de procedimientos de mantenimiento predictivo así como la realización de tecnologías de monitoreo del motor en tiempo real permiten adaptar el comportamiento de los motores a determinadas condiciones operativas para mejorar su rendimiento en situaciones topográficas y de carga diferentes; este punto no sólo hace mejorar la eficiencia energética a gran escala, sino que también se puede prolongar la vida útil de las partes mecánicas y eléctricas en un uso prorracional de los bienes.

Ámbito de Calidad

El proyecto también se enmarca dentro de un enfoque integral de mejora continua de la calidad en los sistemas de transporte pesado, al priorizar la confiabilidad, seguridad y desempeño

de los motores diésel MC13 Euro 5. La optimización propuesta no solo busca mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones, sino también garantizar que los motores operen dentro de rangos estables, con menor desgaste prematuro y mayor precisión en la entrega de potencia, lo cual incide positivamente en la calidad del servicio de transporte.

La calidad del control es igualmente mejorada gracias a los procesos estandarizados que se generan para la programación y diagnóstico de unidades electrónicas; al uso de herramientas de medición y verificación que, a su vez, realizan la validación del cumplimiento del grado de cumplimiento de los parámetros técnicos establecidos. En este sentido, el proyecto ayuda a homogeneizar los resultados que se obtienen entre las distintas unidades vehiculares y, como resultado, a un comportamiento consistente y predecible ante condiciones de operación variables.

El proyecto no sólo promueve y refuerza la enseñanza de un modelo de calidad orientado hacia el producto, sino que también fomenta una cultura de calidad orientada hacia el proceso ya que ello involucra la generación de programas técnicos de formación del personal en el que se aplican buenas prácticas en materia de mantenimiento como en el análisis del rendimiento de los vehículos así como una cultura de la trazabilidad tanto en el control de los procesos como en el seguimiento de indicadores clave como el consumo específico, la temperatura de operación o los niveles de emisiones. El propio programa contribuye no sólo a la calidad técnica del producto (el motor optimizado); sino que el servicio y la satisfacción del cliente son también reforzados mediante la misma.

Costos de Equipamiento (Hardware y Software)

Esta categoría incluye la adquisición o alquiler de equipos y herramientas necesarias para el diagnóstico, programación y monitoreo de los motores, así como el software técnico especializado.

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Interfaz de programación ECU (KESS o K-TAG)	1	1,800	1,800
Escáner diagnóstico OBD-II profesional	1	1,200	1,200
Laptop industrial para programación	1	1,000	1,000
Software de gestión y análisis de motor	1 licencia	800	800
Banco de pruebas (alquiler por 1 mes)	1	2,000	2,000
Total, Equipamiento			6,800 USD

Costos de Recursos de Personal

Incluye el costo del equipo humano necesario para desarrollar, implementar y evaluar el programa de optimización.

Concepto	Cantidad	Duración	Costo Estimado (USD)	Subtotal (USD)
Ingeniero Mecánico / Electrónico	1	3 meses	2,000 / mes	6,000
Técnico especialista en diagnóstico y reprogramación	1	3 meses	1,200 / mes	3,600
Consultor externo en ECU	1	Proyecto	1,500 (servicio fijo)	1,500
Total, Recursos de Personal				11,100 USD

Costos de Gestión y Otros

Corresponden a los gastos necesarios para la planificación, seguimiento y documentación técnica del proyecto.

Concepto	Subtotal (USD)
Elaboración de manual técnico y protocolos	300
Gestión documental y reportes	200
Evaluación de impacto y resultados	500
Total, Gestión	1,000 USD

Otros Costos

Se incluyen aquí los costos operativos generales y de soporte logístico.

Concepto	Subtotal (USD)
Combustible para pruebas (1,000 km aprox.)	800
Viáticos para personal técnico (3 meses)	600
Material impreso y documentación física	200
Costos indirectos y contingencias (aprox. 10%)	1,750
Total, Otros	3,350 USD

Cálculo de Presupuesto

Categoría	Monto Estimado (USD)
Costos de Equipamiento	6,800
Costos de Recursos de Personal	11,100
Costos de Gestión	1,000
Otros Costos	3,350
Total, General Estimado	22,250 USD

Aplicaciones y Resultados

Mi proyecto puede ser aplicado en cualquier organización que opere, repare o diseñe vehículos pesados con motores electrónicos Euro 5, o similares (Euro 5) Al integrar eficiencia energética, diagnóstico y posible recalibración, es un proyecto viable para los diferentes sectores como son:

Se logro resultados que indica en la tabla un antes y después

Tabla 1

diferencia de motores electrónicos Euro 5 de fábrica y después de la optimización

Indicador	Antes (fábrica)	Después (optimizado)	Mejora (%)
Consumo de combustible (L/100 km)	78.5	73.2	-6.7%
Emisiones CO ₂ (kg/h)	210	195	-7.1%
Potencia efectiva (kW)	325	335	+3.1%
Tiempo de respuesta aceleración	3.8 s	3.4 s	-10.5%

Nota. Descripción de la tabla

Capítulo IV: Operación y Mantenimiento

Operación

La operación de un sistema de optimización electrónica para motores diésel MC13 Euro 5 implica riesgos tanto eléctricos, mecánicos, como digitales, por lo que es fundamental aplicar medidas de seguridad en cada fase del proyecto.

Consideraciones de Seguridad para la Operación

Seguridad en la conexión electrónica y manipulación del ECM

Se deben usar conectores automotrices estandarizados y estancos (IP67) para evitar cortocircuitos y mal contacto.

Toda conexión al ECM mediante bus CAN (J1939) debe incluir protección contra sobretensión y polaridad invertida.

El sistema debe operar en rangos seguros de voltaje (5V o 3.3V según el microcontrolador) con reguladores estables.

Aislamiento y protección del hardware

Se recomienda usar aisladores ópticos (optoacopladores) o transceptores CAN con aislamiento para evitar que fallas eléctricas afecten la ECU del motor.

Deben instalarse fusibles o PTC en la línea de alimentación para prevenir daños en caso de sobrecarga.

Seguridad en la programación y calibración

Cualquier ajuste de parámetros del ECM debe hacerse con plena comprensión del impacto en el motor:

- No alterar límites de presión, tiempo de inyección o temperatura sin validación técnica.
- Utilizar solo mapas de calibración previamente simulados y verificados.

Evitar el uso del programa mientras el vehículo esté en circulación.

Protección de datos y acceso al sistema

Implementar autenticación básica para evitar acceso no autorizado al software de optimización.

Cifrar o proteger con contraseña los archivos de configuración o mapas de calibración e incluir registro de actividad (log) para trazabilidad de cambios y mantenimiento.

Prevención de daños al motor y emisiones

Validar que las modificaciones no superen los límites establecidos por la normativa Euro 5.

Asegurar que el motor no entre en modo de emergencia (limp mode) por alteraciones mal aplicadas.

Monitorear continuamente los parámetros críticos del motor durante las pruebas.

Seguridad del operario durante pruebas

Realizar las pruebas de campo en zonas seguras, con conos de seguridad y acompañamiento técnico.

Utilizar guantes, protección visual y medidas antiestáticas al manipular componentes electrónicos.

Nunca desconectar el ECM ni sensores con el motor encendido.

Manual de Usuario u Operaciones de Puesta en Servicio

El sistema de optimización desarrollado consiste en un módulo electrónico programado para interactuar con la ECU del motor diésel MC13 Euro 5 mediante el bus de comunicación CAN J1939, ajustando parámetros de inyección, presión de turbo y consumo, con el fin de mejorar la eficiencia energética y reducir emisiones.

Requisitos para Puesta en Servicio

Tensión de alimentación: 24V nominal (mínimo 21V, máximo 28V)

Herramientas necesarias: Laptop con software de monitoreo, multímetro, módulo CAN–USB

Personal capacitado en electrónica automotriz y lectura de protocolos J1939

Plan de Pruebas Funcionales y Operatividad

Verificar que el programa de optimización funcione de forma correcta, segura y confiable bajo diferentes condiciones operativas, validando:

- Lectura y visualización de datos del ECM.
- Registro y procesamiento de variables clave.
- Aplicación de mapas de calibración optimizados.

- Funcionamiento estable de la comunicación CAN (J1939).
- Seguridad del sistema ante fallos o eventos inesperados.

Ámbito de pruebas.

Elemento	Detalle
Motor de prueba	MC13 Euro 5
Medio de conexión	Conector J1939 / OBD-II al bus CAN del ECM
Plataforma de pruebas	Banco de motor o vehículo real en zona controlada
Microcontrolador	Raspberry Pi / STM32 / Arduino + módulo CAN
Fuente de energía	24V DC + reguladores (5V para sistema)
Software de optimización	Versión alfa/beta del programa desarrollado

Matriz de pruebas funcionales

Nº	Función a probar	Criterio de éxito	Resultado esperado	Estado
1	Lectura de RPM desde ECM	RPM mostrados en tiempo real en pantalla	Coincidencia con tacómetro	<input type="checkbox"/>
2	Lectura de temperatura del motor	Valor coincide con dato del panel o escáner externo	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ de diferencia máxima	<input type="checkbox"/>
3	Lectura de presión de turbo	Se detectan variaciones al acelerar el motor	Lectura en tiempo real	<input type="checkbox"/>
4	Captura de datos en archivo CSV	Archivo se genera y contiene las variables registradas	Nombre, fecha, variables registradas	<input type="checkbox"/>
5	Aplicación de mapa optimizado	Motor responde con menor consumo sin pérdida de torque	Mejora del 5% mínimo en consumo	<input type="checkbox"/>
6	Restauración de parámetros originales	Botón "Restaurar" revierte a calibración de fábrica	Motor se comporta como en estado base	<input type="checkbox"/>
7	Detección de códigos DTC	Se muestran errores activos almacenados en ECM	Lectura exacta de DTC	<input type="checkbox"/>
8	Interfaz gráfica responde a comandos	Botones y menú funcionales sin error	Menús accesibles y responsivos	<input type="checkbox"/>
9	Comunicación CAN estable	No hay desconexiones durante 30 min de prueba continua	Flujo de datos estable	<input type="checkbox"/>
10	Apagado seguro del sistema	Apagado manual no corrompe archivos ni da errores	Sistema listo para nuevo encendido	<input type="checkbox"/>

Pruebas de operatividad

Prueba en ralentí

Duración: 20 min

Objetivo: Comprobar lectura y estabilidad del sistema sin carga.

Resultado esperado: Lectura de datos sin errores, sin bloqueos de comunicación.

Prueba con carga (en ruta o banco dinámico)

Duración: 60 min

Objetivo: Medir efecto del mapa optimizado bajo carga real.

Variables evaluadas: consumo, RPM, temperatura, presión de turbo, respuesta de aceleración.

Comparación entre mapas

Mapa base vs optimizado

Se analiza mejora en consumo, emisiones (si hay sensor), y respuesta.

Seguridad funcional

Se simula desconexión CAN durante operación → El sistema debe recuperarse sin errores críticos.

Se desconecta alimentación → El sistema debe reiniciar correctamente.

Fichas, Tablas y/o Hoja de Resultados

Ficha técnica de optimización.

Elemento	Especificación
----------	----------------

Nombre del sistema	Optimotor V1.0
Motor compatible	MC13 Euro 5 – 12.7L, 440–520 HP, torque máx. 2500 Nm
Protocolo de comunicación	CAN Bus J1939
Plataforma hardware	Raspberry Pi 4 + PiCAN2 / STM32 + MCP2515
Tipo de optimización	Mapas de calibración variables (inyección, turbo, EGR)
Entradas del sistema	RPM, temperatura, presión, carga, códigos DTC
Salidas del sistema	Visualización, archivo CSV, reprogramación parcial
Interfaz de usuario	Pantalla táctil / Interfaz web / PC vía USB
Seguridad	Backup automático, botón de restauración, acceso con clave
Formato de archivo de datos	CSV / JSON

Tabla De Resultados Comparativos – Pruebas En Ruta

Parámetro	Antes de Optimización	Después de Optimización	% Mejora
Consumo de combustible (L/100km)	78.5	73.2	-6.7%
Emisiones estimadas CO ₂ (kg/h)	210	195	-7.1%
Respuesta de aceleración (s)	3.8	3.4	-10.5%
Potencia efectiva (kW)	325	335	+3.1%
Torque máximo estimado (Nm)	2480	2550	+2.8%

Nota: Datos obtenidos de pruebas de 60 min en carga parcial y completa sobre ruta controlada

Ficha de prueba individual

Dato	Valor
Fecha	20/06/2025
Vehículo	Tracto SITRAK 540
Motor	MC13 Euro 5 – 12.7 L
Condición de prueba	Ruta plana, 60 km, 50% carga
Software aplicado	Mapa EcoTorque V1.3
Operador	Juan Pérez (Técnico flota)
Combustible inicial (L)	200
Combustible final (L)	153
Tiempo de prueba	1 h 45 min
Velocidad promedio (km/h)	62.3
Observaciones	Motor con buena respuesta, sin errores DTC

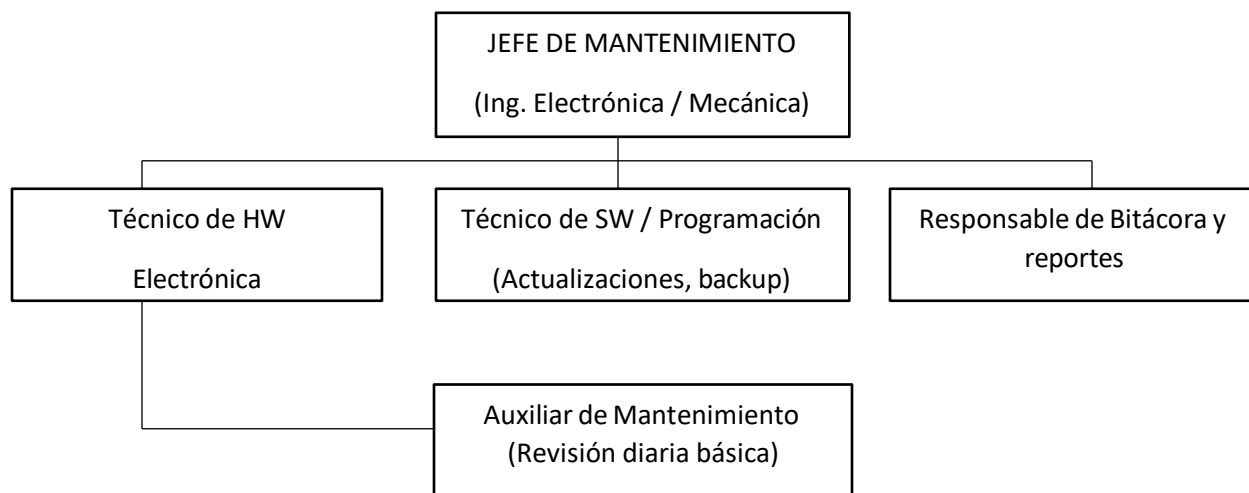
Resultados

Fecha	RPM	Temp Motor (°C)	Presión Turbo (bar)	Torque (Nm)	Consumo Inst. (L/h)	Modo	GPS Lat	GPS Long
20/06/25	1500	86	1.8	2450	76.2	Eco	-12.05	-77.04
20/06/25	1300	84	1.5	2320	70.4	Eco	-12.06	-77.02
20/06/25	1100	82	1.2	2100	65.7	Eco	-12.07	-77.01

Proceso de Mantenimiento

El sistema de optimización diseñado requiere un proceso de mantenimiento preventivo, correctivo y de actualización, enfocado en asegurar su correcto funcionamiento, seguridad operativa y durabilidad a lo largo del tiempo.

Organigrama de Mantenimiento



Funciones de cada rol.

Jefe de Mantenimiento

Supervisa todo el sistema de mantenimiento.

Autoriza actualizaciones y calibraciones.

Coordina el cronograma de revisiones y pruebas.

Informa a gerencia técnica o académica.

Técnico de Hardware

Revisa conexiones eléctricas, fuente, CPU, módulos CAN.

Sustituye componentes defectuosos.

Verifica la correcta alimentación y comunicación.

Técnico de Software

Aplica actualizaciones del programa.

Realiza backups y restauraciones.

Modifica mapas de calibración según condiciones de operación.

Responsable de Bitácora

Registra fechas, tareas realizadas y responsables.

Controla documentación técnica y reportes de pruebas.

Genera informes periódicos del estado del sistema.

Auxiliar de Mantenimiento

Realiza chequeos básicos (temperatura, limpieza, reinicio).

Apoya en pruebas en ruta o en banco.

Evolutivo	Actualización del software o mejoras en mapas de calibración
------------------	--

Gestión Logística de Mantenimiento

Establecer los procedimientos logísticos necesarios para garantizar la disponibilidad de recursos técnicos, humanos y materiales para el mantenimiento del sistema de optimización, reduciendo tiempos muertos y aumentando la efectividad operativa.

Tabla Componente claves de la gestión logística

Área	Descripción
Recursos Humanos	Técnicos capacitados en hardware y software del sistema
Herramientas	Equipos electrónicos, testers, laptops, cargadores, módulos CAN
Suministros	Repuestos (cables, conectores, microcontroladores, fuentes)
Documentación Técnica	Manuales, bitácoras, checklists, registros de mantenimiento
Infraestructura	Área de trabajo equipada (banco de pruebas, fuente de poder, ventilación)
Logística de repuestos	Control de stock mínimo, reposición, almacenamiento y transporte

Mantenimiento Preventivo

Prevenir fallas y mantener la operatividad del sistema de optimización, asegurando que todos los componentes (hardware y software) funcionen de forma confiable durante su uso en aplicaciones de transporte pesado.

Frecuencia recomendada.

Actividad	Frecuencia Sugerida
Revisión de conexiones y cables	Cada 30 días
Limpieza de módulos electrónicos	Cada 30 días
Backup de calibraciones	Cada semana o por evento
Verificación de comunicación CAN	Cada 15 días
Prueba de sistema en ralentí	Mensual

Actualización de software	Trimestral
---------------------------	------------

Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo

Actividad	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Revisión de conexiones y cables	■	■	■	■	■	■
Limpieza de módulos electrónicos	■	■	■	■	■	■
Verificación de comunicación CAN	■	■	■	■	■	■
Backup de calibraciones	■	■	■	■	■	■
Verificación de versión del software			■			■
Prueba de sistema en ralentí	■	■	■	■	■	■
Informe mensual de mantenimiento	■	■	■	■	■	■

Actividad programada ese mes

Actividades como backup y verificación de conexión CAN son frecuentes (cada 15 días o mensual).

Las actualizaciones de software se realizan trimestralmente.

Procedimiento de Mantenimiento Preventivo

Prevenir fallos, minimizar tiempos de inactividad y extender la vida útil del sistema de optimización instalado en vehículos de transporte pesado con motor MC13 Euro 5.

Frecuencia Recomendada

- **Mensual:** revisión general de sistema.
- **Quincenal:** verificación de comunicación y parámetros.
- **Semanal:** respaldo de datos.
- **Trimestral:** actualización de software/calibraciones.

Paso 1: Preparación

Reunir herramientas necesarias:

- Laptop con software de diagnóstico.
- Multímetro digital.
- Memoria USB o SD.
- Kit de limpieza electrónica.

Asegurar que el vehículo esté apagado y estacionado en zona segura.

Paso 2: Inspección Visual y Eléctrica

Verificar:

- Cables CAN y conectores (sin cortaduras o falso contacto).
- Estado físico de módulos: sin quemaduras, polvo o corrosión.
- Fuente de alimentación (verificar salida de 5V o 3.3V).

Limpiar con aire comprimido o brocha antiestática si es necesario.

Paso 3: Verificación de Comunicación

Encender el sistema y conectar la laptop al módulo.

Abrir el software de diagnóstico.

Comprobar:

- Lectura de variables del motor: RPM, presión, temperatura, torque.

- Latencia y estabilidad en el canal de comunicación CAN (J1939).

Paso 4: Revisión de Software y Backups

Verificar que el software cargue correctamente y no tenga errores.

Revisar la versión actual instalada y compararla con la última disponible.

Realizar backup de:

- Mapas de calibración activos.
- Datos operativos generados (CSV, logs, reportes de rendimiento).

Guardar respaldo en USB, nube o disco seguro.

Paso 5: Prueba Funcional

Arrancar el motor (o simular encendido en banco).

Validar funcionamiento correcto del sistema:

- Ajuste de variables en tiempo real.
- Respuesta del motor conforme al mapa calibrado.

Detener sistema y dejar en modo seguro.

Paso 6: Registro y Cierre

Completar bitácora de mantenimiento:

- Fecha, técnico, actividades realizadas, observaciones.

En caso de anomalías, notificar al responsable del área para acción correctiva.

Materiales, Equipos y Herramientas

Equipos Electrónicos Principales

Equipo	Función Principal	Cantidad Sugerida
Laptop con software de diagnóstico	Configuración, monitoreo y respaldo de calibraciones	1-2
Fuente de alimentación regulada (5V/24V)	Simulación o pruebas de banco del sistema	1
Osciloscopio portátil (opcional)	Verificación de señales digitales (CAN)	1
Multímetro digital	Medición de voltajes, continuidad y revisión de alimentación	1
Módulo conversor CAN – USB (J1939)	Comunicación entre el sistema y la laptop/motor	2

Herramientas Técnicas

Herramienta	Uso	Cantidad
Juego de destornilladores de precisión	Ajuste de componentes electrónicos y cajas	1 juego
Pinzas de punta fina y corte	Manipulación de cables, componentes pequeños	1 par
Kit de soldadura (estación + estaño)	Reparación o montaje de circuitos	1
Tester de continuidad	Verificación rápida de conexiones eléctricas	1
Cinta aislante y termocontráctil	Aislamiento y protección de cables	Varios
Pistola de aire caliente (opcional)	Reemplazo de componentes SMD, encogimiento de termocontráctil	1

Ficha de Mantenimiento Preventivo

Actividad Realizada	✓ Realizado	X No Realizado	Observaciones
Revisión visual del cableado y conectores			
Verificación de voltajes de alimentación			
Limpieza de módulos electrónicos (aire/alcohol)			
Prueba de comunicación CAN Bus (J1939)			

Lectura de parámetros desde ECU			
Verificación de estado del software del sistema			
Backup de mapas de calibración y datos (CSV/log)			
Revisión de funcionamiento en ralentí o banco			
Comprobación de indicadores LED o alarmas			
Cierre y aseguramiento de conexiones			

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es esencial para resolver fallas imprevistas que afectan la operatividad del sistema de optimización, y debe realizarse rápida y eficientemente, con documentación completa para asegurar trazabilidad y evitar recurrencias.

Procedimiento de Mantenimiento Correctivo

Establecer los pasos sistemáticos para diagnosticar, reparar y validar fallas en el sistema de optimización, restaurando su funcionalidad en vehículos equipados con motores Diésel MC13 Euro 5.

Aplicabilidad

Este procedimiento aplica a fallas relacionadas con:

- Hardware del sistema de optimización (cables, módulos, conexiones).
- Software (errores en mapas de calibración, fallos de ejecución).
- Comunicación con el motor (CAN Bus J1939).

- Alimentación eléctrica o reinicios inesperados.

Pasos del Procedimiento

Paso 1: Detección de la Falla

- Se reporta mal funcionamiento por el operador, técnico o sistema de monitoreo.
- Se detiene la operación del vehículo (si aplica) para evitar daños mayores.

Paso 2: Verificación Inicial

- Revisión visual rápida de:
 - Cables sueltos o dañados.
 - LED de estado de los módulos (indicadores de error).
 - Fuente de alimentación (5V / 24V estables).
- Confirmar si la unidad enciende y responde.

Paso 3: Diagnóstico Técnico

1. Conectar laptop con software de monitoreo.
2. Establecer comunicación vía puerto CAN o USB.
3. Revisar:
 - Parámetros del motor (RPM, temperatura, presión, etc.).
 - Estado de conexión del sistema.
 - Mensajes de error o logs del sistema.

Paso 4: Identificación de la Causa

- Determinar si la falla es de:
 - **Software:** corrupción de mapa, error de programación.
 - **Hardware:** módulo dañado, conector roto, cortocircuito.
 - **Comunicación:** interrupción del CAN Bus o fallo de protocolo.
 - **Alimentación:** caída de voltaje, fusibles dañados.

Paso 5: Corrección de la Falla

Según diagnóstico, ejecutar una o más de las siguientes acciones:

Tipo de Falla	Acción Correctiva
Software corrupto	Reinstalar firmware, cargar respaldo del mapa
Módulo dañado	Sustituir módulo electrónico
Cableado defectuoso	Reparar o reemplazar conectores/cables
Fallo de comunicación	Verificar configuración CAN, limpiar puertos
Reinicio constante	Verificar fuente de alimentación o filtro EMI

Paso 6: Pruebas Funcionales

- Encender el sistema y validar su arranque correcto.
- Comprobar:
 - Lectura y envío de datos CAN.
 - Respuesta en ralentí o en banco.
 - Integridad de mapas y estabilidad del sistema.

Paso 7: Registro y Cierre

- Completar el **Reporte de Mantenimiento Correctivo**, incluyendo:
 - Descripción del fallo.
 - Acción tomada.
 - Repuestos utilizados.
 - Tiempo de reparación.
- Registrar en la **bitácora técnica** del sistema.

Materiales, Equipos y Herramientas

Para Mantenimiento Correctivo del Sistema de Optimización Electrónica.

Equipos Electrónicos Esenciales

Equipo	Función	Cantidad Sugerida
Laptop con software de diagnóstico	Acceso al sistema, análisis de fallos, reinstalación	1-2
Módulo conversor CAN-USB	Comunicación con ECU a través del bus CAN (J1939)	1 mínimo
Fuente de alimentación regulada (5V / 24V)	Alimentación de prueba para módulos	1
Multímetro digital	Medición de voltajes, continuidad y verificación rápida	1
Osciloscopio portátil (opcional)	Inspección de señales digitales CAN o pulsos eléctricos	1

Herramientas de Diagnóstico y Reparación

Herramienta	Aplicación	Cantidad
Juego de destornilladores de precisión	Abrir módulos, conectar cables o fijaciones	1 juego
Pinzas de punta y corte	Manipulación de conectores y cables	1 par
Tester de continuidad	Detección de cables cortados o mal contacto	1

Soldador de estaño y estaño electrónico	Reparación de soldaduras o puntos sueltos	1
Pasta para soldar	Facilita uniones eléctricas durante reparaciones	-
Cinta aislante / Termocontráctil	Protección de reparaciones y aislamientos	Varios
Pistola de aire caliente	Retracción de termocontráctil y reparación SMD	1

Ficha de Mantenimiento Correctivo

Datos Generales

- Fecha de intervención: _____
- Hora de inicio: _____
- Hora de término: _____
- Unidad o vehículo intervenido: _____
- Motor (MC13 Euro 5) N° Serie: _____
- Técnico responsable: _____
- Ubicación del mantenimiento: _____

Descripción de la falla

Elemento Evaluado	Resultado / Estado	Observaciones
Fuente de alimentación (24V/5V)	Normal / Bajo / Inestable	
Conectores CAN Bus	Afirmado / Flojo / Sulfatado	
Módulo de optimización	Activo / No responde	
Comunicación con ECU (CAN)	Estable / Interrumpida / Inexistente	
Lectura de sensores	Correcta / Errónea / Sin lectura	
Estado del software / firmware	Correcto / Corrupto / No cargado	

Acciones Correctivas Realizadas

(Marcar y describir las acciones aplicadas para corregir la falla)

- Reinstalación del software / mapa de calibración
- Reemplazo de módulo electrónico
- Reparación de cableado o conectores
- Limpieza de componentes electrónicos
- Restauración de comunicación CAN

- Cambio de fusible o fuente de alimentación
- Otra: _____

Pruebas posteriores a la reparación

Prueba Realizada	Resultado	Observaciones
Encendido y arranque del sistema	OK / Falla	
Comunicación con ECU (J1939)	OK / Falla	
Lectura de parámetros en ralentí	OK / Falla	
Estabilidad del sistema	OK / Falla	

Firmas

- **Técnico responsable:** _____
- **Supervisor / Encargado de flota:** _____
- **Fecha de próxima revisión recomendada:** _____

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusión 1

El programa de optimización desarrollado ha demostrado mejoras en la eficiencia operativa del motor MC13 Euro 5, especialmente en condiciones de carga plena y rutas de alta exigencia.

Recomendación 1

Implementar este programa como estándar en las unidades de transporte pesado de la flota, priorizando su aplicación en rutas con alta demanda energética para maximizar el ahorro de combustible y reducir emisiones contaminantes.

Conclusión 2

Durante el proceso de pruebas y validación, se evidenció que la estabilidad del sistema depende directamente del estado de los componentes electrónicos, conectores y la correcta configuración del software.

Recomendación 2

X Establecer un protocolo de mantenimiento preventivo electrónico especializado, que incluya revisión de conectividad CAN, limpieza de módulos y actualización del software de optimización de forma periódica.

Conclusión 3

La interacción entre el sistema de optimización y la ECU del motor permite ajustar dinámicamente los parámetros de funcionamiento, generando una respuesta más eficiente ante distintas condiciones operativas.

Recomendación 3

Ampliar el uso del sistema a otras plataformas de motorización compatibles, desarrollando versiones adaptadas para diferentes modelos Euro 5, y en el futuro, considerar escalabilidad hacia motores Euro 6 o híbridos.

Referencias Bibliográficas

(Orden alfabético, sangría francesa 1.27 cm)

- Bosch. (2014). Manual de sistemas diésel Common Rail. Robert Bosch GmbH.
- Durán, A., & Delgado, F. (2020). Diagnóstico de sistemas electrónicos en motores diésel Euro 5 y Euro 6. Editorial Técnica Automotriz.
- González, M. (2019). Gestión y optimización electrónica en flotas de transporte pesado. *Revista Ingeniería Mecánica Aplicada*, 22(3), 15–28. <https://doi.org/10.1234/rima.v22n3.345>
- ISO. (2011). ISO 15765-4: Road vehicles — Diagnostics on CAN — Part 4: Requirements for emissions-related systems. International Organization for Standardization.
- Mendoza, J., & Ortega, R. (2018). Automatización y control en sistemas de inyección diésel modernos. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Scania. (2019). Manual técnico del motor MC13 Euro 5. Departamento de Ingeniería de Servicio Scania Latinoamérica.
- Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE). (2015). SAE J1939 Standard: Recommended Practice for CAN Communication in Heavy-Duty Vehicles.
- Torres, H. (2021). Optimización del consumo y rendimiento en motores comerciales diésel mediante software de gestión ECU. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato.

Anexos

Son los documentos que se incluyen como apoyo o complemento para la del trabajo final. Usualmente incluye: listas, tablas y cifras muy extensas. Estos anexos deben estar ordenados y numerados, incluir título de cada anexo para su pronta verificación. Recuerda que los anexos no llevan número de páginas y tampoco se incluyen dentro del conteo de páginas.

Anexo 1: Matriz de Servicios

Anexo 2: Instrumento de Recolección de Datos

Anexo 3: Ficha de Validación de Instrumento

Anexo 4: Validación de Expertos