

IMPACTO DEL DIESEL EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN EN EQUIPOS PESADOS: DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS

IMPACT OF DIESEL ON THE INJECTION SYSTEM IN HEAVY EQUIPMENT: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Brisleydy Yoselyn Rojas Ramírez¹

Recibido: 02-06-2025

Aceptado: 04-11-2025

Resumen

La calidad del gasoil constituye un factor fundamental para el óptimo funcionamiento de los sistemas de inyección en maquinarias pesadas, especialmente en la maquinaria de línea amarilla empleada en sectores como la construcción, minería y agricultura. Debido a las particularidades del mercado de combustibles en el país, el gasoil frecuentemente exhibe impurezas y variaciones en su composición, lo que repercute negativamente en el rendimiento y la longevidad de los sistemas de inyección diésel. Este artículo analiza cómo la calidad del gasoil influye en los sistemas de inyección, así como en los costos de operación y mantenimiento, y propone soluciones para mitigar estas repercusiones.

Palabras clave: diésel; calidad; mantenimiento; rendimiento; sistema de inyección.

Abstract

Diesel fuel quality is a fundamental factor for the optimal functioning of injection systems in heavy machinery, especially yellow-line machinery used in sectors such as construction, mining, and agriculture. Due to the specifics of the fuel market in the country, diesel fuel frequently exhibits impurities and variations in its composition, which negatively impact the performance and longevity of diesel injection systems. This article analyzes how diesel fuel quality influences injection systems, as well as operation and maintenance costs, and proposes solutions to mitigate these impacts.

Keywords: diesel; quality; maintenance; performance; injection system.

Introducción

En nuestro país, es bastante común ver maquinaria que funciona con motores diésel, ideales para la reconstrucción de carreteras, tanto urbanas como rurales. Son una pieza clave para áreas vitales como la construcción, la minería, la agricultura y el transporte a nivel nacional. Estos motores, debido a sus particularidades, son muy eficientes y poseen una potencia operativa considerable, lo cual depende, en gran medida, de la calidad del combustible utilizado; por lo tanto, unos niveles óptimos en la calidad del combustible garantizan el funcionamiento adecuado del sistema de inyección. Sin embargo, en los últimos años, Venezuela ha experimentado

¹ Lcda. en Administración. Ocupó cargos de: Jefe de la Unidad de Transporte pesado. Empresa PC. Jefe de la Unidad de Vialidad Agrícola de la Empresa PC. Barquisimeto, estado Lara / Venezuela brisleydyrojas@gmail.com

numerosos desafíos, sobre todo en el sector energético, lo que se traduce en un bajo rendimiento o en combustibles derivados del petróleo que no cumplen con los estándares.

La baja calidad del combustible tiene un impacto directo en los componentes del motor, especialmente en el sistema de inyección, diseñado para operar en condiciones de alta presión y precisión. Cualquier alteración en la calidad del combustible, como la presencia de agua, sedimentos o variaciones que afecten la lubricación, puede acelerar el desgaste, causar obstrucciones y provocar fallas en los inyectores, lo que reduce significativamente la seguridad y el rendimiento del equipo.

Es poco probable que se cumplan las normativas ambientales nacionales e internacionales sobre contaminación. La investigación de (Barrena, 2018), revela que el parque automotor venezolano, caracterizado por vehículos en mal estado y falta de controles, agrava el problema ambiental. Asimismo (Trujillo, 2022) destaca la baja calidad del diésel venezolano, exemplificando con la contaminación por agua "Si además de tener un combustible sucio viene contaminado con agua, las cosas se ponen peor. La norma BS EN590 especifica que el combustible debe tener menos de 200 ppm de agua menos del 0.02% de agua", (p.5), lo cual reduce la vida útil del sistema de inyección. En este contexto, este artículo analiza el efecto del diésel en los sistemas de inyección de equipos pesados, identifica los principales problemas técnicos y operativos asociados, y explora las innovaciones tecnológicas y regulaciones que podrían mitigar estos efectos. Un conocimiento profundo de estas interacciones es esencial para optimizar la eficiencia operativa, disminuir los gastos de mantenimiento y avanzar hacia un uso más sostenible de los recursos energéticos en la maquinaria pesada.

Antecedentes

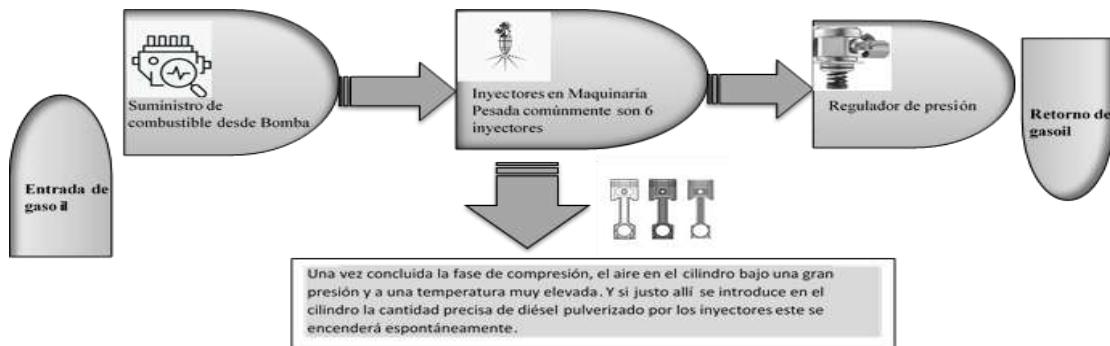
En un análisis sobre el impacto que contextualiza la importancia del mantenimiento preventivo en la gestión de maquinaria pesada, el aporte de Sanabria & Harley, (2011) suministra una guía detallada para la implementación de planes de mantenimiento preventivo en el sector público, siendo una referencia valiosa para los interesados. Una de las premisas es la necesidad de "implementar planes de mantenimiento que en realidad satisfagan las exigencias de los procesos en donde interviene la maquinaria" (p.26). Por lo cual se puede interpretar como el enfoque proactivo, maximizando la vida útil de la maquinaria, optimizando la productividad y reduciendo los costos operativos; todo plan de mantenimiento tiene como objetivo sea un activo estratégico para la empresa, en lugar de un simple gasto.

(Mauricio, 2017) en su tesis titulada “Análisis de desgastes mecánicos por tribología para reducir costos de mantenimiento del motor de tractor sobre orugas D6T-Caterpillar”, desarrolló un estudio centrado en la evaluación de desgastes mecánicos mediante principios tribológicos con el fin de optimizar los costos de mantenimiento en maquinaria pesada del sector minero y construcción civil. El enfoque que le dio el autor fue en los pares cinemáticos del motor diésel CAT C9.3 ACERT, donde se identificaron las principales fuentes de fricción, tipos de desgaste (adhesivo, abrasivo, por fatiga, entre otros) y la importancia crítica de la lubricación. Aunque la investigación no estudió inicialmente la calidad del gasoil, su importancia radica en la interrelación entre la calidad del combustible y la eficiencia de la lubricación y el desgaste de componentes mecánicos.

Un concepto importante en este tema es el nivel de productividad, que se encuentra estrechamente relacionado con el buen funcionamiento de la máquina y el buen manejo de la misma. Por consiguiente, se puede dar un concepto específico de la siguiente manera “La productividad de los equipos se refiere generalmente al tiempo durante el cual la máquina está en funcionamiento realizando un trabajo productivo”. (Poole, 2019). Es decir, que el rendimiento obtenido durante las horas de trabajo de uno o varios equipos depende del buen desempeño de los componentes del equipo y el recurso humano que ejerce la labor de operario.

Teóricamente el sistema de Inyección indirecta se describe como: “Los motores de inyección indirecta son motores más bien lentos que entregan una potencia por debajo de 4500 revoluciones por minuto de giro del cigüeñal” (Parera, 1990). Esto es, el combustible se inserta en una pre-cámara situada en la culata, unida a la cámara principal por un conducto angosto. La combustión parcial en esta pre-cámara causa presión que empuja la mezcla hacia el cilindro primordial.

Figura 1. Sistema de Alimentación en Motores de Inyección a Gasoil



Nota: Rojas, 2025.

Los sistemas de inyección actualizados y electrónicos permiten mejorar presiones y optimizar la combustión, lo que ha llevado a una mayor eficiencia y potencia en los motores diésel modernos, este tipo de inyección es recomendable por su tolerancia a combustibles de menor calidad, es decir, la mezcla previa compensa irregularidades en la pulverización, ideal para mercados con estándares de combustible variables.

Indicadores de medición de la calidad del gasoil en Venezuela

En Venezuela, la evaluación del gasoil se basa en criterios técnicos definidos por estándares tanto locales como globales. Aquí te detallo los principales indicadores que se usan para calibrar la calidad del gasoil:

- ✓ Índice de cetano: Evalúa qué tan bien enciende el diésel dentro de los motores de combustión. Un número mayor refleja una ignición de mejor calidad.
- ✓ Medición: ASTM D613: Impacta directamente en cómo rinde el motor y en las emisiones que produce.
- ✓ Punto de inflamación: La temperatura más baja a la que los vapores del combustible se prenden con una chispa.
- ✓ Método de medición: ASTM D56: Clave para asegurar el manejo seguro del combustible al guardarlo y moverlo.
- ✓ Punto de obstrucción del filtro en frío (CFPP): Señala la temperatura mínima donde el combustible fluye sin problemas sin tapar los filtros.
- ✓ Por su Viscosidad: Resistentes del fluido a fluir a una temperatura dada (40 °C).
- ✓ D95 (destilación): La temperatura a la que el 95% del combustible se ha evaporado ya.
- ✓ Método de medición de acuerdo a la Organización Internacional de Normalización (ISO 3405:2019): Vinculada a la volatilidad y al comportamiento térmico del combustible.
- ✓ Análisis de laboratorio: La espectroscopía FTIR ATR, combinada con métodos quimiométricos, ofrece un método directo y eficaz para detectar problemas en gasolina y diésel, minimizando el fraude de combustibles en la India (Kabu, Manohar, Singh, & Yadav, 2024).

Estos indicadores son esenciales para garantizar que técnicamente el combustible tiene estándares elevados y cumple con normas internacionales. Sin embargo, las empresas y consumidores finales no tienen a su alcance laboratorios especializados; por lo cual debe hacerse otro tipo de pruebas menos complejas tales como: ver la viscosidad, filtrar el combustible entre

otros para asegurar no llevar sucio al sistema de combustión que puedan afectar la vida útil de los equipos.

Metodología

Para determinar la incidencia de la calidad del gasoil en los daños del sistema de inyección en los equipos de vialidad agrícola el enfoque fue Cuantitativo ya que se recolectaron datos de consumo de gasoil, horas de trabajo de maquinaria, y kilómetros de vialidad intervenidos; efectivamente, la metodología cuantitativa parte de la premisa de que la realidad social y física puede ser medida y analizada objetivamente utilizando métodos estadísticos y matemáticos. Se busca cuantificar fenómenos y variables tal cual como lo indica (Ñaupalis, Valdivia, Palacios, & Romero, 2018), en que lo importante es establecer y medir variables y generalizar resultados. De igual manera la fuente principal para la visualización de las fallas recurrentes fue a través de entrevistas y revisión de reportes tanto de mecánicos como de operadores, encargados de mantenimiento. El estudio se basa en obra de conformación y deforestación de 2000m², se propone una metodología en análisis comparativos, estructurada en las siguientes etapas:

Pruebas físicas

- ✓ Inspección visual de sedimentos, color y transparencia.
- ✓ Uso de manómetros para medir la presión.
- ✓ Identificación de caídas de presión asociadas a obstrucciones o fugas.

En teoría, la evaluación de parámetros del combustible requiere un laboratorio especializado para medir octanaje y resistencia a la detonación, así como cuantificar el azufre (niveles >15 ppm aumentan la corrosión y las emisiones). No obstante, este estudio se descarta debido a sus altos costos. Para la Muestra, se enumera un registro de 10 días de labor sin tener el control del almacenaje de gasoil y dicha tarea fue ejecutada por un tractor de oruga New Holland. Adicionalmente, una retroexcavadora con motor Cummins 4BT y las cuales presentaron fallas similares en el tiempo de trabajo. En el caso de la recopilación de datos para ver los indicadores económicos se tomó los datos de los últimos 3 meses en gastos incurridos por reparaciones y servicio técnico.

Cuadro 2. Sistematización de incidencias en trabajo de Limpieza de patio Tractor de Oruga

| ELEMENTOS DE RETRASO EN EL SERVICIO DE LA OBRA CON TRACTOR DE ORUGA D55 NEW HOLLAND | | | | | | | | |
|--|---------------------|-------|----------|--------|------------------|-----------|-----------------|-----------------------------------|
| PERÍODO DE TRABAJO | ELEMENTOS VARIABLES | | | | FALLAS MECÁNICAS | | | RETRASO ADMINISTRATIVA DE LA OBRA |
| | DIAS | CLIMA | OPERADOR | GASOIL | ELECTRICA | INYECCION | SIST HUDRAULICO | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2 | 2 | 1 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 |

Nota: Datos recopilado en la Gerencia vialidad Agrícola.

La inspección visual y reportes de mecánicos y el operador revelaron que el equipo presentó pérdida de potencia, mostraban sedimentos o partículas visibles en el combustible y filtros obstruidos, lo que indica contaminación. Así mismo se visualiza que el elemento predominante estuvo principalmente por fallas de motor, que luego al tener los reportes pertinentes las fallas fueron principalmente en el sistema de inyección con 4 días de retraso; siendo el mayor costo involucrados por cambio de filtros y mano de obra para la puesta en marcha de la operatividad de la maquina; esto involucra en atraso del servicio por consiguiente mayor gasto en logística.

Cuadro 3. Sistematización de los reportes por personal Involucrado en la reparación tractor de oruga

| Reportes de labores | Cantidad de personal involucrado | | |
|---|----------------------------------|------------|-----------------|
| | Mécanicos | Operadores | Administrativos |
| 1er cambio de filtros de combustibles | 3 | 1 | 1 |
| 1ra revisión de elementos de motor por perdida de potencia | 1 | 1 | 0 |
| 2do cambio de filtros y limpieza de tuberías | 3 | 1 | 1 |
| Ajuste de mangueras Hidráulicas | 0 | 1 | 0 |
| 3er cambio de filtros por obstrucción y limpieza de tanque y sistema completo | 5 | 0 | 1 |
| 4to cambio de filtros de combustibles | 1 | 0 | 1 |
| totales | 13 | 4 | 4 |

Nota: Datos recopilado en la Gerencia vialidad Agrícola.

Las reuniones de equipo operativo se realizan luego de cada jornada y verificar los recursos utilizados y entrelazar los reportes generados por el operador del tractor de oruga, ya que este informa atrasos generados por fallas mecánicas, por cambio climático o por retraso de logística en sitio de labor. Así mismo, el personal mecánico junto con el jefe de operaciones propone una estrategia para solventar en menor tiempo posible.

Debido que los datos recopilados por las fallas del retroexcavador coinciden en el sistema de inyección, sin embargo, este equipo presentó problemas que involucra el mantenimiento preventivo y correctivo con una mayor incidencia en los costos de reparación. Se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Sistematización de los reportes por personal Involucrado en la reparación de Retroexcavadora

| Reportes de labores por el Periodo | Cantidad de personal involucrado | | |
|---|----------------------------------|------------|-----------------|
| | Mécanicos | Operadores | Administrativos |
| tres cambios de filtros de combustibles | 4 | 1 | 1 |
| Desarme y colocación de bomba de inyección para revisión | 3 | 0 | 1 |
| Extraer los 4 inyectores por obstrucción llevar a banco de prueba | 3 | 0 | 1 |
| 2do desarme de bomba por falta de presión en el sistema . | 0 | 1 | 0 |
| Cambio de filtros y colocación de bomba reparada | 3 | 0 | 1 |
| totales | 13 | 2 | 4 |

Nota: Recopilación de datos por reportes generados del equipo retroexcavador.

Análisis de Resultados

Contaminación excesiva del Combustible, visualmente los filtros se encontraban con partículas sólidas, el filtro secundario con agua o microorganismos, los elementos lograron obstruirse rápidamente, requiriendo cambios frecuentes para mantener el flujo adecuado de combustible. Así mismo se descartó que la calidad de los filtros no estuviese en los estándares de calidad necesaria. El ambiente de Trabajo se encontraba operando en zona de mucho movimiento de tierra y se visualizó que la zona de almacenaje de gasoil no fue la adecuada.

En el caso del retroexcavador, el tiempo de la determinación de la falla fue exhaustiva invirtiendo más tiempo en el personal mecánico, los costos de reparación de bomba de inyección y mantenimiento de inyectores (antes de su tiempo) es un gasto que la empresa no tenía planificado. La consecuencia de estas fallas son los costos elevados por cambiar los filtros con tanta frecuencia, así mismo el costo de traslado de mecánicos al sitio y su labor. El tiempo de Inactividad, cada cambio de filtro requiere tiempo, lo que puede reducir la disponibilidad y productividad de la máquina. La productividad baja por condiciones de combustibles ha generado pérdida de labores y motores dañados en algunos casos.

Impacto Económico

Cuadro 5. Reportes realizados para gestionar los recursos en compras

| Reportes por mes de la Retroexcavador | 1er Mes | 2do Mes | 3er Mes |
|--|---------|---------|---------|
| Cant de filtros de combustibles usados por máquina | 12 | 14 | 14 |
| Cantidad reportadas de traslados de mécanicos | 10 | 10 | 10 |
| Cant de reparaciones de sist inyección | 3 | 2 | 2 |

Nota: Datos recopilados por el área Operativa y administrativa.

El incremento de los gastos que se incurren por mes relacionados al diagnóstico por la mala calidad de combustible hace que cualquier empresa inicie un análisis de precios del servicio y comparar los gastos no programados que la maquinaria puede presentar, es así que tanto por concepto de viáticos y gasto de reparación aumentan significativamente. Dichos costos no están contemplados en la estructura de costo inicial, lo que se incurre en ocasiones la reducción de ganancias.

Estrategias para Mitigar el Impacto

El uso de diésel de mala calidad puede causar daños significativos a los motores diésel, incluyendo obstrucción del sistema de combustible. Para minimizar estos daños, es crucial adoptar prácticas de mantenimiento y selección de combustible adecuadas.

- ✓ Implementar un programa de mantenimiento regular para los sistemas de inyección y los motores, que incluya la limpieza y reemplazo de inyectores, así como la inspección de los filtros de combustible.

- ✓ Mejorar la gestión y disponibilidad de combustible para evitar retrasos. Muchos de los casos las comunidades son las responsables de administrar este recurso.
- ✓ Capacitación del personal operativo (mecánicos, operadores) para minimizar errores y mejorar el rendimiento. Control de Calidad de Consumibles, establecer protocolos de control de calidad para asegurar que los consumibles (filtros, lubricantes, etc.) cumplan con los estándares requeridos.
- ✓ La empresa ha dedicado tiempo en programas de mantenimiento Regular del Sistema de Combustible, antes de hacer una labor cambio de filtros y limpieza del sistema de combustible. De igual manera se ha propuesto a nivel nacional para los equipos de inyección electrónica la adaptación de filtro trampa separador de agua del gasoil con racor 1000fh.

Conclusiones

La investigación confirma que la mala calidad del diésel impacta negativamente los motores, disminuye en un 55% la operatividad mensual por reparaciones mayores y menores afectando directamente el mantenimiento y rehabilitación de vías agrícolas. Dicha situación genera sobrecostos, retrasos en la producción y distribución de alimentos en cualquier zona del país; es vital implementar medidas de control de calidad del diésel, optimizar la buena gestión de mantenimiento de calidad para mitigar estos efectos negativos y asegurar las vías de acceso tanto en la ciudad como en el campo.

Urge una revisión y propuestas adecuadas de políticas donde se incluyen tanto empresas públicas como privadas de actualización y mejoras para que el parque de maquinarias que laboran en vías urbanas y agrícolas no disminuya, ésta última con mayor impacto ya que al no poseer vías adecuadas en periodos de cosecha éste repercute en la salida de alimentos y aumento para los consumidores finales por alto costo de transporte.

Referencias

- Barrena, M. (2018). *Revisión de la norma de control de emisiones contaminantes de automóvil de venezuela*. Valencia: Tesis para optar a Ingeniería Civil.Universidad José Antonio Páez. Obtenido de <https://riujap.ujap.edu.ve/server/api/core/bitstreams/c66cfb0a-e408-4452-b864-6084873b17d2/content>.
- kabu, B., Manohar , Singh, & Yadav. (2024). *Análisis forense de combustibles: avances recientes en la elaboración de perfiles de combustibles adulterados mediante*

espectroscopia ATR-FTIR y enfoques quimiométricos. Science Direc, 312, 10.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142524002154>.

Mauricio, D. (2017). *Análisis de desgastes mecánicos por tribología para reducir costos de mantenimiento del motor de tractor sobre orugas D6T-Caterpilla*. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú .Tesis para optar a Ingeniero Mecanico.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1646#:~:text=http%3A//hdl.handle.net/20.500.12894/1646>.

Normalización Internacional de Normalización (2019). *Petróleo y productos relacionados de fuentes naturales o sintéticas: determinación de las características de destilación a presión atmosférica* (ISO 3405) 5 ed. Obtenido de https://www-iso-org.translate.goog/standard/67956.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_p_to=wa.

Ñaupalis, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, J. (2018). *metodología de investigación cualitativa . cuantitativa* (5ta ed.). colombia: Ediciones de lau.

Parera, a. M. (1990). *Motores electronicos a Inyección diésel*. Barcelona, España: MARCOMBO. S.A.

Sanabria, H., & Harley , H. (2011). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Gobernación De Casanare*. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander, tesis para optar Especialista en Gerencia de Mantenimiento.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44699164/142123-libre.pdf?1460560308=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DELABORACION_DE_UN_PLAN_DE_MANTE_NIMIENTO.pdf&Expires=1748287233&Signature=NFrbdmgWIBj6shuDpsuHDSr83d1D0RYtVonQ6ugF3GIIR-vC4ft5XjG.

Trujillo, G. (2022). Impacto de las aprticulas y la calidad del combustible en la vida de los motores a diésel y el medio ambiente. *Noria*, 1-18. https://noria.mx/wp-content/uploads/2024/02/Importancia-de-la-calidad-del-combustible-en-la-vida-de-los-motores-diesel_completo.pdf.

Wikipedia. (s.f.). Historia del petróleo en Venezuela.
https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_petr%C3%B3leo_en_Venezuela.