



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA.

“Teoría de fallas de motor C15 Acert Caterpillar, casuísticas de optimización del mantenimiento”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Correa Neira Moisés (ORCID: 0000-0002-3005-534X)

ASESOR:

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID:0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos.

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico este proyecto a dios por iluminar mi vida el día a día, haber dado el permiso de llegar hasta el final

A mis padres Teodomiro correa y Orfelinda Neira quienes han sido mi mayor motivación para no rendirme hasta culminar mi meta trazada y así se sientan orgullosos de mí.

A mis hermanas quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo en los momentos más difíciles durante mis estudios.

Moisés

Agradecimiento

Agradezco a mi Dios todo poderoso por guiarme cada segundo de mi vida por ser la guía de mis pensamientos y la luz de mi camino ya que sin ti no somos nada.

A la universidad cesar vallejo, por darme la oportunidad de continuar mis objetivos y acogerme y forjarme de conocimientos y ser un buen profesional, agradezco a todos los docentes por la enseñanza y consejos brindados durante este lapso de aprendizaje.

A mis padres por los consejos que me brindaron de principio a fin en los estudios que sirvieron para estar en estas instancias, a mis hermanas por siempre haber estado en el momento que más las necesitaba gracias a todos por hacer mi vida feliz.

A cada colaborador de la empresa de "FERREYROS S.A." Quienes sin ninguna dificultad me brindaron información necesaria para realizar el proyecto de investigación.

El autor

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | v |
| Índice de figuras..... | vi |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 25 |
| 3.2. Variable y operacionalización..... | 25 |
| 3.3. Población y muestra..... | 25 |
| 3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos..... | 26 |
| 3.5. Procedimientos..... | 26 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 26 |
| 3.7. Aspectos técnicos..... | 26 |
| IV. RESULTADOS..... | 28 |
| V. DISCUSIÓN..... | 58 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 59 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 60 |
| REFERENCIAS..... | 61 |
| ANEXOS..... | 67 |

Índice de tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1: Fallas presentadas en el motor Caterpillar C15 ACERT | 35 |
| Tabla 2: Datos de presión de aceite..... | 36 |
| Tabla 3: Datos de Presión de Aceite Corto a Tierra | 38 |
| Tabla 4: Datos de Requerimiento de Calibración de Motor..... | 39 |
| Tabla 5. Análisis de partículas en motor C15, de Junio a Octubre 2020..... | 48 |
| Tabla 6: Equipos que se adquirirán para dicho proyecto | 54 |
| Tabla 7: Ahorros por el mejor nivel de mantenimiento. | 55 |
| Tabla 8: Tasas de rendimiento de los bonos del tesoro USA..... | 56 |
| Tabla 9. Flujo de caja | 57 |
| Tabla 10. Potencia nominal | 73 |
| Tabla 11. Normas de emisiones..... | 73 |
| Tabla 12. Especificaciones generales | 73 |
| <i>Tabla 13. Dimensiones del motor: aproximadas</i> | <i>73</i> |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Simulador T 600 utilizado en la investigación | 31 |
| Figura 2 Sistema Electrónico del Motor CAT C 15 utilizada en la Investigación .. | 32 |
| Figura 3: Sensor de temperatura del aire del múltiple de admisión..... | 33 |
| Figura 4 Sensor de Posición del Acelerador | 33 |
| Figura 5: Códigos de diagnóstico de velocidad del motor y su programación..... | 34 |
| Figura 6 Viscosímetro Automático Huillón..... | 41 |
| Figura 7: Aparato para medir espuma en lubricantes..... | 42 |
| Figura 8 Espectrógrafo de Emisión | 43 |
| Figura 9 Punto de Inflamación equipo..... | 44 |
| Figura 10 Instrumento para la determinación de Punto de Fluidéz | 45 |
| Figura 11 Relación entre Temperatura y Viscosidad..... | 46 |
| Figura 12 Valores Máximos de Impurezas en Aceite Lubricante..... | 47 |
| Figura 13 Desgaste por tipo de elemento de motor ACERT C 15, Tractor CAT D8T | 49 |
| Figura 14 Prima riesgo País | 55 |
| Figura 15 Variables definidas para el análisis | 70 |
| Figura 16 Valores muestrales a ser utilizados..... | 70 |
| Figura 17 Descriptivos y prueba T..... | 71 |
| Figura 18 Correlaciones y regresión | 71 |
| Figura 19 Regresión ANOVA | 72 |

Resumen

Los motores a combustión, ciclo diésel, son tecnología que tiene más de 100 años, su uso todavía se vislumbra como necesaria en los próximos 30 años al menos, quizás con cambios tecnológicos como su conversión a electrónicos primero y luego el uso de otros combustibles como el biodiesel, gas natural, hidrogeno, por lo que hay que seguir trabajando en su eficiencia (mejorar su confiabilidad y disponibilidad), y por lo tanto minimizar sus costos de operación y mantenimiento, por lo que es pertinente trabajar en ese sentido.

Esta necesidad de ser más eficiente, al lograr mejores curvas de potencia y torque, menores emisiones atmosféricas de gases efecto invernadero y más eficiencia en el uso de los combustibles, el primer cambio energético es la utilización de motores de control electrónico, es decir el uso de la tecnología del riel común, sensores y actuadores, ecu etc., que permiten hasta variar los mapas de funcionamiento de los motores, esto trae como consecuencia el aumento de la complicaciones de las labores de mantenimiento y reparación de los motores, por lo que las labores de control, planificación y control estadístico, necesitan ser analizados con mayor detalle, esto se incrementa con el aumento de las complicaciones que se originan con el uso de nuevos combustibles, tales como los biodiesel, gas natural, entre otros. Esta técnica, nos obligan a estudiar con mayor detalle, las estadísticas de confiabilidad y disponibilidad, en cuanto a sus estadísticas de concentración y dispersión, y que validen el mix de mantenimiento, que se utilizará y de esta manera poder implementarlo para el futuro con la confianza que será útil, para adelante.

Palabras claves : Motores, Confiabilidad, disponibilidad, Estadísticos.

Abstract

Combustión engines, diesel cycle, are technology that is more than 100 years old, their use is still seen as necessary in the next 30 years at least, perhaps with technological changes such as their conversion to electronic first and then the use of other fuels such as biodiesel, natural gas, hydrogen, so it is necessary to continue working on its efficiency (improve its reliability and availability), and therefore minimize its operation and maintenance costs, so it is pertinent to work in that sense This need to be more efficient, by achieving better power and torque curves, lower atmospheric emissions of greenhouse gases and more efficiency in the use of fuels, the first energy change is the use of electronic control motors, that is, the use of common rail technology, sensors and actuators, ecu etc. , which allow even varying the operating maps of the motors, this brings as a consequence the increase in the complications of the maintenance and repair work of the motors, for which the control, planning and statistical control tasks need to be analyzed with In greater detail, this increases with the increase in complications that originate with the use of new fuels, such as biodiesel, natural gas, among others. These techniques force us to study in greater detail, the reliability and availability statistics, in terms- of their concentration and dispersion statistics, and to validate the maintenance mix that will be used and thus be able to implement it for the future with the confidence that it will be useful, going forward

Keywords: Engines, Reliability, availability, Statistics

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, tiene como objetivo aplicar métodos científicos para solucionar diversos problemas donde es difícil encontrar la verdad de los hechos en los cuales pocos tenemos conocimiento en fallas y ocurrencias de los hechos en este tipo de motores. Hoy en la actualidad son pocas las empresas que están mejorando en lo que es capacitación del personal técnico en diagnóstico con herramientas de última generación en el parque automotriz, para no tener inconvenientes a la hora de atender al cliente para explicarle sin ninguna dificultad y así se sienta contento de seguir trabajando con la empresa.

Es por eso que hemos iniciado este presente proyecto de teoría de fallas, para así analizar de la manera correcta el problema que se presente, donde será de una gran ayuda a las empresas, donde implementando el presente proyecto brindaran un servicio de calidad, brindando una confianza a sus clientes que adquieren su servicio y también se podrá capacitar técnicos para que realicen un análisis de fallas sin ningún inconveniente.

Este proyecto es ideal para las empresas que podrán realizar análisis de fallas en componentes de motores de combustión interna, donde permitirá tener un plan de procedimientos secuenciales a través de los cuales se pueda determinar y determinar las causas reales por las que se produjo la falla en el componente. En un alto porcentaje a los clientes les incomodan que reparemos sus componentes sin haber encontrado la verdadera causa que originó el problema en el equipo y así mismo no les gusta que se les haga llegar una factura por reparación de una avería ocurrida a una fecha temprana de haber sido reparado dicho componente.

Cuando el cliente reclama, es porque siempre tienen razones insatisfechas, porque no se realiza un buen servicio en su máquina. El propósito del presente proyecto de teoría de fallas es ayudar a crecer y reforzar sus conocimientos para diagnosticar fallas y mejorar su compromiso con los clientes.

La investigación responderá a la siguiente formulación ¿Qué tan factible será la teoría de fallas de motor C15 Acert Caterpillar casuísticas de optimización del mantenimiento?, con el problema específico, ¿De qué manera se estudiará la teoría de fallas de motor C15 Acert Caterpillar casuísticas de optimización del

mantenimiento?, ¿Qué tan factible será la teoría de fallas de motor C15 Acert Caterpillar casuísticas de optimización del mantenimiento?

Por tal la investigación con la justificación con la finalidad de ofrecer un servicio de confianza a los clientes en el diagnóstico de fallas en los motores C15, donde en la mayoría de veces los hacen sentir culpables del problema que ha tenido su equipo, esto será de un gran beneficio que en el futuro no se tenga ninguna dificultad en hacer un diagnóstico de fallas y tener un veredicto exacto si fue ocasionado por mala operación o fabrica. En lo social, porque en la región en lo que es el parque automotriz existe un problema de manera muy constante en los talleres y empresas con lo referido a la teoría de fallas en los motores ya mencionados, donde se requiere de profesionales bien capacitados para un excelente servicio.

En lo tecnológico porque conforme va pasando el tiempo contamos con diversas herramientas de diagnóstico, donde se debe saber su funcionamiento sin ningún inconveniente como por ejemplo scanner ítem, lupa portátil, manómetros. En económico porque existen un gran número de talleres que cuentan con personal sin capacitación y es un problema cuando se presenta fallas de gran envergadura, donde recurren a las pocas empresas que cuentan con dicho personal, así que con el presente proyecto se brindara capacitaciones a diferentes empresas por el bien de todos.

En lo laboral, se generarán muchos puestos de trabajo ya que las empresas automotrices, cuanto darían por contar con personal bien capacitado y poder brindar un buen servicio a sus clientes. En lo ambiental, es un tema muy importante a nivel mundial, donde con el presente proyecto lograremos realizar diagnósticos y análisis de una mejor calidad, donde ya no se ara trabajos que afecten al medio ambiente, por ejemplo: con el scanner ET se puede diagnosticar el motor funcionando sin necesidad de estar desmontando componente que generen una contaminación.

La investigación tomará la teoría de fallas del motor C15 Acert Caterpillar, mantendrá y optimizará la causalidad (con objetivos específicos) como el objetivo general y utilizará herramientas o instrumentos como ET CAT (manómetros, multímetros de pistola de temperatura) para identificar fallas del motor en funcionamiento. De acuerdo con la normativa vigente, se analizan los resultados de

las pruebas de laboratorio como inspección visual, análisis metalográfico y análisis de dureza realizados en Talleres de Ferreyros S.A. Determine la posible causa de la falla para que los componentes afectados lleguen a la raíz. Determinar la viabilidad económico-financiera de mejorar el análisis de fallas de la serie de motores. Oruga cer macro.

El desarrollo de la investigación responderá a la siguiente hipótesis Realizando el estudio de teoría de fallas en motor C15 Caterpillar mejoraremos en el proceso de cómo llegar a la causa raíz de una falla.

II. MARCO TEÓRICO

(ORDUÑA, y otros, 2018) «El diagnóstico de falla tiene como finalidad encontrar la causa raíz de algún punto de operación no conveniente a lo normal en un componente que ha quedado a medias o completamente destruido, tomando medidas apropiadas para un crecimiento eficiente en un reciente producto, con el objetivo de disminuir errores que puedan afectar un componente, y así mismo reducir costos para mejorar su calidad y precisión para prevenir futuros desastres, malos procesos y contribuir la vida humana y apoyar al desarrollo de la ingeniería, la investigación óptima de un componente a base del diagnóstico de la falla contribuye al crecimiento de la ingeniería, teniendo conocimiento del mecanismo de la falla, generando una solución.

Según (ORDUÑA) « nos comenta que se requiere de metodologías que nos ayuden a identificar si la falla está asociada a defectos técnicos de una pieza, dentro de los cuales se encuentran materiales en mal estado, o fallos de manufactura, o por error de operación donde pueden aparecer sobre cargas de distintos tipos, donde para realizar una completa evaluación de la falla de un componente de motor de combustión interna se debe hacer una recopilación de información y así tener claro todos los conceptos que abarcan el entorno del motor y sus principales piezas, para así caracterizar una correcta evaluación de dicho componente.

(NAIK, y otros, 2019) se toman las medidas adecuadas a tiempo, las fallas mecánicas simples en el motor conducirán a fallas catastróficas e irreversibles. La velocidad de funcionamiento del motor es uno de los factores más importantes para los clientes. (WITEKA et al., 2019) «La biela es un componente clave del motor de pistón. La biela transfiere la carga del pistón al cigüeñal. En los motores diésel modernos, el alto valor de par obtenido a baja velocidad impondrá una gran tensión en el pistón, el cigüeñal, la biela y otros componentes del motor, y la magnitud de la tensión de trabajo afectará en gran medida la vida útil del motor. polo. Otros factores que limitan su resistencia a la fatiga son: forma incorrecta (diseño), defectos de material o errores técnicos (defectos generados en el proceso de producción) ».

(VENKATACHALAM, y otros, 2019) «Nos cuenta que, en los últimos 150 años, que los estudios continúan y se basa en los pistones, pero la falla sigue teniendo un echo universal, el pistón es un componente importante en el motor de la máquina que se encuentran fallas de diferentes topos, termo mecánicas, fatigas, oxidaciones, desgastes, etc. y condiciones de operación y funcionamiento».

(THIBBLIN, 2019) «Nos cuenta que hoy en día, los principales requisitos de alto rendimiento y bajo consumo de diésel de los motores se incrementan continuamente, las condiciones de trabajo son cada vez más exigente y las fallas de los componentes claves se ocasionan con frecuencia, esto no solo produce grandes pérdidas y desastres, sino que también se contamina el planeta, o también causar problemas sociales». (FONTE, y otros, 2015) « Nos cuentan que los motores han realizado experimentos con cambios significativos desde que el vehículo se creó por primera vez en la década de 1880, uno de las creaciones más importantes del siglo IXX donde tuvieron un acaparamiento enorme en el mercado de la industria, las fábricas automotrices están con la mente puesta en desarrollar nuevos equipos que cumplan con los requisitos que solicita el cliente».

(MEDINA ernesto., 2017) «Díganos que el análisis se utiliza específicamente para identificar componentes fallados, separarlos e inspeccionarlos para que cumplan sus principios más básicos, y la falla es una situación indeseable que impide que los componentes estructurales cumplan con sus propósitos de fabricación, es decir, que todo paró el trabajo de la máquina, el propósito es eliminar claramente la causa de cualquier síntoma, y el análisis de fallas también puede diagnosticar por qué la máquina ya no puede brindarle servicios de fabricación. »(Página 15)

(XIWEL, y otros, 2017) «Nos cuentan que en los últimos años se ha presentado una demanda progresiva de mayor producción, disminuyendo las emisiones y menos consumo de combustible en motores de combustión, se debe ejecutar la demostración de la durabilidad de cada pieza de la cámara de combustión, debido a que la temperatura es alta y ambiente a alta presión, donde también es difícil implementar la refrigeración del pistón por su movimiento reciproco» (P. 2)

(ZBIGNIEW S, y otros, 2018) «Uno de los principios básicos de un motor de combustión interna, es el componente llamado cigüeñal, por lo cual generalmente se somete a una evaluación completa de fallas, por ejemplo jadhav el (2013) presento un estudio de una falla irreparable de un cigüeñal de un motor marino donde se ejecutó un análisis de fallas bajo flexión y torsión, donde se debe tener en cuenta esa estimación precisa de fatiga y así garantizar la seguridad del componente y el equipo.»

(SHRIVASTAVA, y otros, 2018) «En el presente documento, el modo de fallas y el análisis del árbol de fallas y análisis de efecto, su historia y los beneficios se evalúan a la parte de falla y a la razón básica del fracaso y las causas del fracaso, con el uso de FMEA, la parte de la falla y se discute sus efectos para calcular el rango de la gravedad y el nacimiento de las fallas, el porcentaje de detección y ver el número de prioridad de riesgo, donde si nos arroja más de 100, podremos ver que tenemos un problema de gravedad para estudiar, donde se tomara las medidas de inmediato y así no generar una perdida catastrófica tanto en el componente y el equipo».

(BUESTAN , y otros, 2016) «Nos cuentan que hoy en día para realizar un análisis de fallas en las piezas principales de un motor de combustión interna, especialmente en el sistema de lubricación, donde se debe tomar pruebas instructivas, lo que hace detener el trabajo del motor para efectuar una evaluación de las fallas presentadas, utilizando un gran porcentaje de tiempo causando costos en reparaciones.»

(GARCÍA, y otros, 2018) «Nos dicen que las fallas en los motores se producen de manera constante en las emisiones, por esto es de mucha importancia detectar las posibles causas de los fallos con el propósito de controlar dichas emisiones contaminantes, generando una excelente condición del motor, así los estudios y crecimientos tecnológicos se centran en parte, a determinar fallas en los motores con desarrollo de técnicas de mantenimiento.» (SANTIANA, 2018) «Nos dice que hoy en día los diferentes equipos de diagnóstico contamos con los scanner automotrices, con el scanner podemos realizar el diagnóstico de la parte electrónica del vehículo, donde en la pantalla del scanner se visualiza los códigos de falla, para

contar con la solución del problema se tiene que revisar los factores que hacen que se produzca la falla, concluyendo con la determinación de la falla se determina si es necesario el cambio del componente».

(ADRIANO, 2016) «En su investigación nos dice que algunos avances de la tecnología, se han enfocado en conocer las causas principales que originan la falla en los equipos, con el principal objetivo de establecer un plan de control y reducir de las mismas, una tecnología que ha contribuido a una administración de última generación muy rentable que es el mantenimiento fijado en la durabilidad del equipo el cual nos lleva a conocer el contexto operacional». (P. 15). (ASTUDILLO, 2016) «Nos dice que el análisis de aceite, en la actualidad es uno de los métodos más importantes de mantenimiento, este método de análisis se realiza generalmente en laboratorios de última tecnología, este análisis lo realizan las grandes empresas, donde se puede realizar a la mayoría de los aceites lubricantes, así mismo estos análisis tiene elevados costos, ya que toman de un tiempo para ejecutar este tipo de análisis en los laboratorios».

(CHURA, 2019) «La evaluación de desgaste de los metales de motores de combustión interna en la interpretación de los límites calculados y establecidos con el objetivo de comparar y afianzar los resultados para obtener posibles causas más precisas y confiables en el trabajo de los equipos y el porcentaje de lubricación». (REYES, 2018) «Nos dice que hoy en día los motores diésel vienen implementados en automóviles livianos y pesados, pero en los dos casos implementaron el sistema de inyección electrónica siendo una mejora notable para el funcionamiento del motor, donde los gases contaminantes se han reducido un gran porcentaje, contribuyendo con el problema mundial en la contaminación del medio ambiente».

(VILLALOBOS, 2019) «En su investigación, nos dice que un análisis de fallas nos ayuda a determinar una evaluación de la condición mecánica de las piezas de una máquina como son, pernos, engranes y rodamientos etc, determinando oportunamente los principios que lo ocasionan, en una máquina se encuentran fricciones entre las piezas internas, desgastando sus partes de contacto, esto implica el crecimiento de las sobrecargas, las tensiones, pérdidas de resistencia, ya que una falla en mal momento causa pérdidas económicas, debido a la mala

calidad del compromiso comercial». (ARIAS , y otros, 2018) «En su investigación detallan que las fallas en los componentes mecánicos ha sido una de las principales ramas que se ha estudiado en la ingeniería mecánica con el objetivo de disminuir daños en las maquinas, ya que contribuye a evaluar las causas posibles de las fallas y crear un plan de cómo evitar las fallas que pueden generar grandes pérdidas de dinero».

Así mismo (ARIAS) «dice que para el análisis de fallas es importante usar las siguientes herramientas, una es la metalográfica y la siguiente es la inspección visual, el análisis metalográfico tiene como objetivo analizar la estructura de los metales y sus materiales y poder identificar su materia química y propiedades mecánicas, la evaluación visual nos permite localizar las partes que se producen las fallas ocasionadas en el componente ya sea por oxidación del componente.

Motor diésel (LAKSHMINARAYANAN, y otros, 2020) «En el presente libro nos explica que el motor diesel sustituyo al motor de vapor junto al caballo de trabajo de acuerdo a la tecnología moderna, en los últimos 100 años ha impulsado a la mayoría de los trabajadores de máquinas como agrícolas, trenes, barcos, autobuses, tractores y durante los últimos 50 años, carros urbanos, el beneficio es que tiene una eficiencia de combustible muy alto. El motor puede aceptar combustible de calidad muy variable.» También (Lakshminarayanan) «dice que el final del camino se había comentado que el motor diésel se le venía una implementación de tecnología moderna y la causa raíz de niveles altos de contaminación al medio ambiente. Cuando una serie de mejoras se fueron dando se ha tenido lugar en los últimos 25 años se mejoraron las dificultades que se presentan con éxito, lo más primordial es que el diésel ofrece crecimiento en tecnología y más en el futuro (Antón Andrés, Dilmer 2018) los diseñadores de motores son conscientes de la gran responsabilidad hacia el campo y el aire limpio que requieren estos motores».

Aplicación de motores diésel, (LAKSHMINARAYANAN) «Nos habla que los motores diésel se ejecutan en laboratorios especializados para satisfacer las normas de emisión, ya que en la actualidad contamos con el euro VI, con combustible eficiente y demanda de costo, la metodología de los motores diésel

adecuados a la versión final, como una maquina es primordial, seleccionar de manera correcta el tamaño, peso, potencia y otros parámetros al precio correcto que son los que deciden el éxito del motor». Sistema electrónico (LAKSHMINARAYANAN) «También nos explica de la evolución de los motores de inyección diesel que se ha modernizado conforme va pasando el tiempo.

(LAKSHMINARAYANAN) «El sistema electrónico del motor diésel, consta de una computadora o ECM electrónico, que recibe las señales de los sensores y salida de actuadores, la computadora está conformada de un microcontrolador y un oscilador y transformador analógico donde es necesario el circuito integrado de especificación (ASIC), las señales de salida contienen varios diagramas integrados para las señales de ancho del pulso y diagrama de activación para los inyectores y otras piezas aparte de los mencionados». (Ferreyroscat) «Sis cat nos explica que el sistema de inyección electrónico está elaborado integralmente en la parte de combustible del motor y el sistema de escape y admisión de aire y así controlar de manera electrónica la sincronización del inyector y la entrega del combustible.

Sistema de Inyección electrónica En los últimos años la inyección electrónica ha crecido a agigantados pasos, donde ha dado mucho que hablar ya que el sistema de inyección se controla a través de un módulo de control eléctrico ya que se encarga de ordenar la cantidad de inyección exacta, donde se logra una menor contaminación al medio ambiente y ahorros económicos, es por eso que hablaremos de tres sistemas de inyección electrónica, HEUI, common rail y el EUI.

(CASTILLEJO, 2014) «Nos dice que hasta el año 1980 el porcentaje de combustible inyectado y la apertura de la inyección era tomada de la forma mecánica, pero el objetivo con la limitación de las emisiones contaminantes necesita de una excelente precisión de los valores de inyección, presión de inyección, inyección principal, comienzo de inyección y preinyección, destinado a la función de operación del motor. Esto solo se puede dar con la presencia de un módulo de control electrónico ECM, donde se calcula los valores de inyección junto a valores externos. (Revoluciones del motor, altitud, temperatura, carga)». (CASTILLEJO) «Sistema common-rail.

Como su nombre lo dice, está conformado de un rail o conocido como acumulador que distribuye a todas las cañerías de los inyectores, en rail llega el combustible enviado por la bomba de alta presión, la presión se genera conforme a las revoluciones del motor y de la cantidad de inyección, el rail acumula el combustible de alta presión de los inyectores, que apertura y cierran comandadas por electroválvulas, que comanda el módulo de control electrónico ECM».

(VALLEJO, 2013) « Comenta en su investigación que el sistema de inyección EUI es accionada por un balancín, donde el combustible es comandado de forma electrónica, los inyectores como todo sistema van alojados en la culata, el sistema de inyección electrónico como podemos ver ciertos componentes mecánicos ahora ya son remplazados por componentes electrónicos como el avance de la sincronización, regulador mecánico, aire/combustible, donde este sistema es comandado por un módulo de control electrónico que se encarga de ser el componente principal del sistema».

Por último (VALLEJO) «también comenta del sistema de inyección más moderno en la actualidad (HEUI) el cual es comandado de forma hidráulica a través de una bomba especial, siendo comandado electrónicamente, su trabajo del sistema HEUI es de forma muy diferente a los anteriores sistemas de combustible, este sistema no requiere de ajustes y las configuraciones del motor se ejecuta instalando diferentes softwares en ECM». Sistema de admisión de aire y escape, (ARANDA, y otros, 2017) «En su investigación definen el sistema de admisión y escape son el conjunto de componentes que alojan los gases a la entrada y a la salida de la cámara de combustión donde se forman diferentes descomposiciones que conllevan al trabajo de un motor, a continuación, hablamos del admisión y escape.

El sistema de admisión es el que se encarga de suministrar aire limpio a través del filtro para la combustión del motor, está conformado por los siguientes componentes. Caja de filtro, filtro, líneas de conexión al turbo cargador. El múltiple de admisión eficaz brinda al motor aire limpio a una temperatura adecuada, también cumple la operación del motor por un tiempo establecido por fabrica, las líneas de admisión es preferible que sean cortas para no tener problemas con el flujo de aire.

Un sistema de admisión pobre afectara el desempeño del motor, ya que puede ingresar humedad al sistema produciendo la reducción de la vida útil del equipo».

«El sistema de escape es el que se encarga de expulsar los gases quemados al exterior que son producidos por la combustión del motor y ayuda a mejorar la combustión y el desempeño final del equipo obtenida ya que son barridos por el pistón en la carrera hacia el punto muerto superior y salen por medio de la válvula de escape al múltiple, el sistema se puede dividir en 1 o 2 catalizadores y así mejorar las emisiones de los gases contaminantes y es derivado al silenciador para mejorar el nivel sonoro del sistema».

El sistema de enfriamiento según (LAKSHMINARAYANAN) «en los motores diésel están conformados por conductos de refrigerante, en las piezas del núcleo del motor, componentes que conforman el sistema de refrigeración son: bomba de agua, radiador y ventilador, pero el motor de combustión lenta diésel tiene constante aire para el trabajo, donde la temperatura se disipa a las piezas del núcleo del equipo como el cilindro, camisa, cárter y culata siempre y cuando sean los parámetros del diseño».

(LAKSHMINARAYANAN) «diese que el enfriamiento del motor diésel de maquinaria pesada se enfrían con refrigerante que circula aproximado a un ms-1 de velocidad en los componentes calientes, donde se tiene que saber sobre el revestimiento y la culata. La guarda de llama, salida de escape, puertos de válvulas de la culata y asientos de los inyectores, estos componentes se deben enfriar de manera obligada para evitar fatigas térmicas y fundición de componentes, el refrigerante debe eliminar la temperatura de los componentes críticos a la temperatura adecuada y asegurar el trabajo del motor. El flujo es una función directa del número de Reynolds».

Cálculo de número de Reynolds.

$$Re = \frac{DV * p}{\mu}$$

El pistón es un elemento infaltable en un motor que va alojado en el cilindro del monoblock, el pistón cumple la función de desplazarse en la cámara de combustión,

el cilindro la parte superior es la parte estacionaria de la cámara de combustión. La parte superior del pistón es la más cercana a la culata, el pistón va sujetado en el cigüeñal a presión, donde está sometido a tensiones y cargas mecánicas durante el trabajo del motor por el movimiento de la combustión, los pistones se intercambian en los cilindros del monoblock y da el giro al cigüeñal, para mover el vehículo». Cálculo de relación de compresión

$$RC = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 * s + v_c}{v_c}$$

El producto del material se determina de manera que los pistones tengan una alta calidad de resistencia, peso, resistente a altas temperaturas, exente dureza al desgaste y a la oxidación, buena pasividad térmica y fácil de mecanizar. Los pistones diésel la mayoría son fabricados de aluminio por las presiones del cilindro que son hasta 170bar y para presiones de 180bar son de acero forjado». (LAKSHMINARAYANAN) «el trabajo que ejecuta el pisto es en forma de ocho, durante su ciclo, el pistón puede tener rozamiento cinemático con el cilindro solo por la camisa, tanto en calor como en frio, hay una mínima película de lubricación que no permite que los metales no rocen los contactos.

El bloque es un componente indispensable en lo que conforma el motor diésel de combustión interna ya que en el van alojados los pistones, cojinetes, eje de levas, bomba de aceite, tren de manivelas, cigüeñal, culata, sistema de enfriamiento y lubricación. Es el cual que se pueden montar diferentes componentes externos, carcasa de la volante, filtros, bomba de agua. El monoblock de cilindros esta pertinente a cargas de pernos estáticos, cargas a presión, temperaturas. El cárter es otro componente indispensable que cumple la función de alojar el aceite del motor que va acoplado al bloque». Para calcular la cilindrada.

$$V_u = \frac{\pi * D^2 * C}{4}$$

$$V_t = \frac{\pi * D^2}{4} * C * N$$

El cigüeñal cumple la función de generar el movimiento del pistón en movimiento giratorio, el cigüeñal está conformado por bielas, diarios y piezas finales, la biela va conectada hacia el muñón del cigüeñal. La potencia se genera desde el pistón por el acoplamiento al cigüeñal al momento de la combustión. La cigüeña es un componente fundamental que trasmite la energía a la maquina trabajando. Este componente se tiene que fabricar de manera bien cuidadosa para que soporte las cargas de flexión sin cambio de diseño y tamaño.

Tipos de cigüeñal. (LAKSHMINARAYANAN) «dice que el cigüeñal puede tener una fabricación distinta, siempre viendo el número de cilindros, el cigüeñal de tiro múltiple y tiro simple para motores diésel en V o en line. El tipo de cigüeñal incorporado se fabrican juntando las aletas y bielas separadoras». A, b muestran un cigüeñal de cinco lanzamientos para motor V de 10 cilindros

Fabricación. (LAKSHMINARAYANAN) «comenta que el cigüeñal es un componente muy importante y costoso en el motor, cuando realizan la fabricación se respeta cada estándar que pide ser aplicado y así no tener ningún inconveniente a futuro. Durante la fabricación, para minorar la elasticidad del cigüeñal, se necesita herramientas adecuadas en distintas etapas de la fabricación. Para prevenir el desgaste en el periodo de trabajo del motor es primordial para brindar el correcto cilíndrico y diseño de las bielas. Se recomienda evitar la forma de óvulos. Desequilibrio para la masa excéntrica.

$$F = m * r * w^2$$

$$\text{Desequilibrio vibratorio} = \frac{\text{fuerza desequilibrada}}{\text{rigidez dinamica}}$$

Distribución. (LAKSHMINARAYANAN) «en su libro explica sobre la distribución de un motor, que generalmente se encuentra en la parte delantera del motor, su función es conducir piezas principales del motor, como bomba de inyección y de aceite, árbol de levas. En algunas opciones del motor, el sistema de acoplamiento delantero también se ocupa de girar otros componentes como bomba hidráulica, bomba de transferencia. En otros tipos de motores como los marinos, la bomba de agua es girada por engranajes. El sistema de distribución en la parte frontal,

generalmente tiene la imagen de un tren de engranajes y finamente conecta al cigüeñal y proporciona toda la potencia». Cálculo de potencia.

$$P = T * w = \frac{T * n}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$r = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{VP_{MI}}{VP_{MS}}$$

Presión media efectiva.

$W_{\text{neto}} = \text{PME} * \text{area del envolo} * \text{carrera} = \text{PME} * \text{volumen de desplazamiento}.$

$$\text{PME} = \frac{W_{\text{neto}}}{V_{\max} - V_{\min}} + \frac{w_{\text{neto}}}{v_{\max} - v_{\min}} \quad (\text{KPa})$$

Turbo compresor. (LAKSHMINARAYANAN) «Habla sobre la historia del turbocompresor que está basada en el motor diésel de combustión interna. Rudolf Diésel y Daimler realizaron un estudio en el aumento de trabajo de energía y memorando el consumo del diésel en los motores de combustión interna al comprimir el aire de combustión, en los años 1800. En el año 1925. El suizo Alfred Buchí fue el primero en lograr el éxito de explotar el turbocompresor, y genero un incremento de potencia de más de 40% en lo cual fue el comienzo de la turbo alimentación en el automóvil industrial. Para determinar el caudal de aire que ingresa al motor se usa la siguiente formula.

$$M_{\text{turbo}} = \frac{CR_p * n_v * N}{944798}$$

$$M_{\text{atm}} = \frac{C * n_v * N}{767728}$$

Turbo alimentación. (LAKSHMINARAYANAN) «comenta que el turbo está conformado por un eje de soporte de conexión montado en dos llanuras flotantes, rodajes que están en la parte interna de la carcasa, en lo cual están fabricados de hierro fundido y níquel. La compatibilidad de la turbina y el compresor es necesario para lograr el exelente rendimiento del motor». Turbo de dos etapas.

Reducción de contaminación. (LAKSHMINARAYANAN) «comenta de los motores de la generación moderna que cumple los estándares Euro-6 están logrando un abarcamiento total en el mercado ya que las emisiones se han reducido más del límite obligatorio de los valores. En el territorio vehicular en los países con estricto control de gases contaminantes, la contaminación por NOx a minorado más del 70% en los años 1990, a pesar de los gases reales del ciclo de conducción, son superiores las medidas de laboratorio, y en los siguientes 5 años el objetivo que se espera es la caída al 90% desde el día de hoy».

(LAKSHMINARAYANAN) «La configuración continua de las medidas de gases contaminantes y los pasos de prueba fueron una motivación clave del crecimiento de la combustión diésel, dióxido de carbono, emisiones y ruido. Cuanto mas alto eran los estándares de reducción de los gases contaminantes, mas se ejecutan que los objetivos, donde no solo se lograría optimizando la combustión, sino que el proceso posterior de las emisiones de gases de escape, donde también es necesario para los motores diésel».

Problemas de durabilidad del motor. (LAKSHMINARAYANAN) «Nos comenta que hoy en día la durabilidad de los motores es muy primordial ya que en el mercado los clientes piden un servicio de mayor calidad, mayor vida útil, mayor potencia del motor y menores emisiones contaminantes y generando grandes expectativas y durabilidad para los motores diesel de última tecnología, donde al aumento térmico y mecánico, donde los problemas de la durabilidad del diseño del motor son señales importantes para una mejor vida útil del motor». Cat® c15 Acert motor diesel industrial.

(MUHAMMAD, A., 2020) «Describe las características de del motor diesel industrial cat® c15 Acert™, ofrece un rango de 440- 595 hp a 1800-2100 rpm, este tipo de motor cumple con las normas de emisiones contaminantes EPA tier 3 de EE.UU, donde son equivalentes a EU Stage IIIA. Las fábricas y aplicaciones que trabajan con motores c15 Acert, agregan agricultura, tractore agrícola, cargador frontal, tractores oruga, palas, grúas, generadores industriales, perforadoras y todo que quipo que se dedica a lo que es movimiento de tierra».

El motor c15 Acert está accionado con inyección de combustible directa, donde el rendimiento de la bomba de inyección está controlado por un regula mecánico, para mantener las rpm del motor que el operario seleccione ya que así genera una excelente repuesta del motor y ganancia económica en el combustible».

(Ferreyroscat) «También describimos el sistema de refrigeración que lo conforman los siguientes componentes: bomba de agua, termostato, radiador y enfriador de aceite, son los que se encargan de controlar la temperatura del motor por medio del refrigerante». «Sistema de lubricación en el motor está conformado por los componentes cómo. Colector de aceite, filtro de aceite, bomba de aceite, tubería de aceite, enfriador de aceite y conductos de aceite para el bloque del motor, cual se encargan de lubricar los componentes internos que conforman el motor, y así no se produzcan desgastes prematuros ocasionando pérdidas económicas. La presión del aceite se proporciona a todos los puntos de lubricación de los cojinetes de bancada de cigüeñal y de biela, el aceite circula a través de los agujeros en el cigüeñal para enviar aceite a los cojinetes de biela».

Motor básico Principio del formulario. Conjunto de bloque de motor. (Ferreyroscat) El bloque del motor c15 Acert está compuesto por conductos de lubricación para los cojinetes de las bancadas y la falda de los pistones. Los conductos están diseñados en la parte interior del bloque del motor. La bomba de aceite envía aceite a los conductos, las camisas que alojan al pistón que son introducidas a presión, la cual tienen una placa espaciadora de acero que permite una mayor durabilidad y reutilización. El bloque cuenta con siete cojinetes que soporta el cigüeñal usando dos pernos para sujetar por medio de las tapas del cojinete ancladas al bloque»

La culata es un componente indispensable en el motor, en el cual es una pieza fabricada de hierro fundido, en la culata van alojadas las válvulas de admisión y escape, resortes, tren de balancines, inyectores, donde también van acoplados el múltiple de admisión y escape. El inyector unitario está instalado en un adaptador de acero inoxidable, este adaptador se ha instalado a presión dentro de la perforación del inyector de la culata».

Pistones, anillos y bielas. (Ferreyroscat) «Nos describe sobre el pistón, anillos y biela. El pistón está diseñado en dos piezas que está conformado por una cabeza fabricada por acero forjado y una falda de aluminio fundido, las dos piezas están acopladas por medio de la biela y el bulón de anclaje. El pistón aloja a tres anillos que se encuentran ubicados en ranuras en la cabeza de acero, los anillos cumplen la función de sellar los gases de combustión y el aceite. El primer anillo es un anillo Keystone con una capa de plasma superficial, el segundo anillo está fabricado con revestimiento de cromo y el tercero es el de aceite que cuenta con un expansor de resorte». «Con respecto a la biela es de diseño convencional. La biela va acoplada en el cigüeñal donde lo sujeta una tapa con dos pernos enroscados en el vástago. La biela este rectificado a un Angulo de 12 grados a cada lado de los extremos pequeños, donde coincidirán con la actividad del pistón».

Árbol de levas. (Ferreyroscat) «Describe sobre el árbol de levas en cual está conformado por tres lóbulos en cada cilindro que tiene la funciones de accionar el inyector unitario, válvulas de admisión y escape, el eje de levas va alojado en el bloque lo cual lo sostienen siete muñones en el túnel. El engranaje del árbol de levas cuenta con amortiguadores que contrarrestan las vibraciones que se ocasionan durante el trabajo del inyector de combustible por la alta presión del diesel. El árbol de levas lo impulsa un engranaje loco ajustable que es movido por los demás engranajes de la distribución».

Cigüeñal. (Ferreyroscat) «Describimos la función del cigüeñal en el motor c15 Acert. Es el que produce la fuerza de la combustión en el movimiento del pistón, donde también cuenta con un amortiguador de vibraciones que lo lleva en la parte delantera para controlar las vibraciones producidas por el trabajo del motor. El cigüeñal es el que se encarga de impulsar un grupo de engranajes de la distribución que se encuentra en la parte delantera del motor como árbol de levas, bomba de agua, bomba HEUI y bomba de aceite».

Amortiguador de vibraciones. (Ferreyroscat) «La potencia que ejerce la fuerza de combustión hace que el cigüeñal se tuerza. A esto se le denomina vibraciones de torsión, donde si las vibraciones son sobre a normal, el cigüeñal traerá consecuencias generando paradas del equipo. El amortiguador asimila las

vibraciones de torsión a lo que especifica el manual y así evitar daños en el cigüeñal». Sistema de inyección de combustible electrónica. Este sistema de inyección de combustible es controlado netamente electrónico, que trabaja mediante presión hidráulica utilizando el aceite lubricante del motor. La función de este sistema es extrayendo el combustible de su depósito a través de una bomba de baja y alta presión, que, al variar la presión de aceite, es la que se encarga de controlar la inyección de combustible de manera unitaria según la posición del cigüeñal.

(Ferreyroscat) «El sistema de inyección HEUI electrónico está conformado de los siguientes sistemas: el sistema mecánico y electrónico. El sistema mecánico está conformado por el tanque de combustible, ya que es de donde se suministra el combustible por medio de la bomba de baja presión. El sistema electrónico es controlado por un ECM a todas las funciones del motor, la parte electrónica consta de tres tipos de componentes como la entrada el control y la salida».

(Ferreyroscat) «El ECM es el que se encarga de activar el solenoide del inyector HEUI para empezar a inyectar el combustible, don también el ECM desactiva los solenoides para detener la inyección de combustible. El motor c15 Acert usa los siguientes componentes electrónicos: entrada, control y salida. El componente de entrada cumple la función de enviar la señal eléctrica al módulo de control electrónico, la señal siempre varía en voltaje, frecuencia y duración de impulso».

(Ferreyroscat) «Explica sobre las señales en el sistema electrónico. Cuando se presenta una variación de señal es cuando hay un cambio en un componente específico del equipo. El módulo de control electrónico evalúa la señal del sensor de entrada como averías sobre la condición, en los entornos de la unida (ECM) es la que recibe las señales de entrada. El circuito eléctrico en el componente de control analiza las señales de los sensores de entrada. Los componentes de salida del sistema también suministran energía eléctrica, donde se basan en combinaciones de los valores de las señales de entrada.

Fallas que se proporcionan de manera constante en los motores c15 Acert, como evitarlas. Inyectores más consumo de combustible, menos potencia. Los inyectores en mal estado (sucios), es un caso habitual en las maquinas con un

cierto número de horas, provocando una mala combustión generando consumo de combustible produciendo humo negro. Estos problemas se producen por suciedad en los orificios y la tobera del inyector, esto se produce por la mala calidad del combustible y genera una mala combustión de combustible.

Esto es causado por darse un trabajo a baja temperatura o conduciendo a bajas revoluciones del motor, o en mayoría de los problemas presentados es por la mala calidad del combustible que se abastece al equipo. Para evitar estos problemas es primordial estar al día en los mantenimientos del motor, como cambios de filtros de combustible a sus horas que manda fabrica, y también siempre velando por un combustible de calidad que cumpla los estándares que requiere este tipo de motores. Turbocompresor. Este componente sus problemas que padecen, son por desgaste del eje de la turbina del compresor ya que permite fuga de aceite generando pérdida de potencia en el motor, el desgaste se produce por no estar al día en cambio del filtro de aire o por exigir a rpm inadecuadas de motor.

Para evitar estos problemas a tempranas horas de servicio del turbo en sus partes móviles, lo primordial que se debe hacer, es respetar las revoluciones del motor que indica fabricante y estar al día en su cambio de filtro dependiendo el terreno que esta trabajado el equipo. Consumo de aceite. Este problema se presenta por la causa más común que son desgaste de anillos del pistón y cilindro, pero también por mal estado de retenes de válvulas y turbocompresor, o por fugas de aceite por las partes externas del motor.

Para evitar el consumo de aceite a tempranas horas de servicios del equipó se debe tener en cuenta el mantenimiento, como cambio de aceite y su respectivo filtro a sus horas determinadas. También verificar de manera constante el filtro de aire para que no ingresen partículas de arena generando un desgaste en el cilindro más acelerado de lo normal.

Motor inestable. Este problema se presente por falta de calibración en su tiempo especificado por el manual por desgaste en el balancín con la válvula, el desgaste puede ser producido por falta de lubricación. También se presenta la falla por inyector en mal estado generando inestabilidad en el motor. Para evitar estos problemas se debe calibrar las válvulas a sus horas determinadas que manda el fabricante. Y

sobre los inyectores abastecer combustible de buena calidad y no tener problemas a tempranas horas de servicio. Sobre calentamiento de motor. Este problema se presenta por varias causas, como radiador en mal estado, termostato fuera de servicio, bomba en mal estado o fuga de refrigerante. Esto se genera por no hacer un mantenimiento contante de radiador, bomba de agua y termostato. Para evitar estas fallas en tiempos no previstos se tiene que sondear el radiador a sus horas determinadas, cambio de termostato como manda fabrica, igual bomba de agua y siempre verificar estado de mangueras.

Baja presión del aceite. El consumo de aceite puede presentar por un bajo nivel de aceite, filtro obstruido o bomba de aceite en mal estado, o también orificios de lubricación obstruidos por partículas en el interior del motor. Para evitar este problema a tempranas horas de servicio, es tener su mantenimiento al día siempre verificando el nivel de aceite mandando muestras al laboratorio para verificar la viscosidad del fluido. Aceite de motor en el sistema de enfriamiento. Esta falla se presenta por las siguientes causas: recalentamiento de motor y rajadura de culata, enfriador de aceite perforado, sello de bomba de agua en mal estado.

Para evitar esta falla se debe prevenir recalentamiento del motor, siempre verificando nivel de refrigerante, también estar pendiente de las luces de advertencia para así evitar estos problemas. Desgaste de asiento de válvulas y desgaste de cilindros. Estas fallas se presentan mayormente por el tiempo de trabajo, pero siempre de diez motores uno genera este problema a tempranas horas de trabajo del equipo, esto se da por no estar al día en su mantenimiento como cambio de aceite y filtro de aire, haciendo que ingresen partículas al cilindro.

Para evitar estas fallas que no se den a pocas horas de trabajo del equipo se recomienda estar al día en su mantenimiento como cambio de aceite y filtro de aire, así se podrá tener buenos resultados en el motor.

Fracturación de eje de levas y cigüeñal. Este problema no es constante pero cuando se dan es por sobre esfuerzo del motor, generando una pérdida de propiedades en los componentes generando fracturas en ellos, o también se producen por falta de lubricación generando agarrotamiento entre componentes. Para prevenir estas fallas es capacitar a los operadores para que operen el equipo

a las revoluciones adecuadas que especifica fabricante y siempre tener en cuenta para lo que está destinado dicho motor.

Problemas electrónicos. Las fallas eléctricas se presentan por medio de los sensores, arnés sulfatado, circuitos abiertos, batería en mal estado generando sobre voltaje generando corto circuito en módulo de control electrónico. Para prevenir los problemas eléctricos, se debe hacer mantenimiento a los sensores de manera constante, siempre verificar que el arnés este cubierto para que en lluvias no afecte en el circuito.

Mantenimiento que se le debe hacer a un motor para obtener más vida útil. La Definición de mantenimiento es un conjunto de tareas establecidos para que un equipo permanezca brindando un buen servicio, sin generar paradas a tempranas horas de servicio, y brindando un excelente rendimiento. Así que contamos con tres tipos de mantenimiento. Mantenimiento preventivo. este mantenimiento es el que se encarga de prevenir las fallas en el motor teniendo al día los mantenimientos, PM1, PM2, PM3 Y PM4. Como cambio de aceite, cambio de filtros, calibración de válvulas etc. Con esto se obtendrá una mayor efectividad y excelente desempeño de los equipos.

Mantenimiento predictivo, Este mantenimiento se realiza en una maquina a las 2000 horas, es donde se encarga en hacer evaluaciones en el equipo, como toma de presiones en la parte del motor, transmisión e hidráulica, también se toma muestreo a todos los fluidos para ser enviados al laboratorio, también se verifica parámetros en el ET Caterpillar. Mantenimiento correctivo. Es el mantenimiento destinado a corregir los problemas que se presentan en los equipos como reparaciones de componentes que han sido diagnosticados por el personal técnico y se ha tomado de inmediato intervenir el equipo, así no tener problemas catastróficos que afecten a la empresa.

Mantenimiento preventivo que se realizan para prevenir fallas. En el periodo de 250, 500 y 750 horas de trabajo se realiza lo siguiente: Reemplazo de filtro y aceite de motor. Reemplazo de filtro de aire y filtros de combustible. En el periodo de 1000 hora se realiza lo siguiente: Lavado de motor por la parte exterior para calibración de válvulas de culata. Verificar y limpiar el respiradero de los gases del cárter.

Reemplazo de aceite del motor y transmisiones. Reemplazo de filtro de aceite de motor, filtros de combustible, filtro de aire y filtros hidráulicos. Tomar muestreó de fluidos para enviar al laboratorio. Realizar un AT1 del equipo.

En el periodo de las 2000 horas de servicio de la maquina se realiza lo siguiente: En este pm4 se realiza todas las actividades antes mencionadas agregando lo siguiente: Reemplazo de aceite hidráulico. Realización de un AT2 que es verificar parámetros del rendimiento del equipo, verificación de amortiguador de vibraciones oscilantes del cigüeñal, mantenimiento del sistema electrónico. En el periodo de las 3000 y 4000 horas de trabajo de la maquina se realiza lo siguiente: En este periodo de horas se realiza evaluación de turbo, reemplazo de refrigerante, evaluación de bomba de agua y evaluación de inyectores.

Cada 6 años o 12000 horas de servicio de la maquina se realiza lo siguiente: Cuando cumple 12000 horas de trabajo una maquina quiere decir que ha cumplido su ciclo de servicio, don se tiene que hacer obligatorio un overhaul de motor, transmisión, parte hidráulica, ya que si no toma esta medida tendrá consecuencias fatales generando grandes pérdidas para el cliente. Herramientas que se utilizara en el presente proyecto. ET CAT. (MECANICOSVIRTUALES., 2019) «El software (ET CAT) es un equipo de diagnóstico, especialmente para maquinas Caterpillar, con este scanner se podrá verificar el estado de la maquina funcionando, y al mismo tiempo permite dar con la falla, para continuación darle solución, también se puede realizar configuraciones del ECM, calibración de sensores, cambio de parámetros y más actividades que permiten más rendimiento del motor».

DATALOGGER. (JMindustrial.) Este proceso se pude realizar atraves del ET Caterpillar, ya que trae una función, para evaluar en tiempo real, que permite crear un grupo de hasta 6 parámetros como máximo, y se programa máximo 5 minutos para proceder a leer los parámetros arrojados en la pantalla de la laptop. Pero también existen unos registradores de datos neta para esta función ya que se comunica con ordenadores y utilizan software especialmente para tomar los datos y posteriormente evaluar los datos obtenidos». Multímetro. (GARCIA Eduardo.) «Describe la función del multímetro, es un instrumento digital electrónico, su función es calcular o medir el voltaje, corriente y resistencia, pero también hay que tener en

cuenta el modelo del instrumento, ya que puede medir otros valores como temperatura y capacitancia o también continuidad de circuitos eléctricos. Ya que por medio del multímetro podemos diagnosticar si están funcionando los componentes y circuitos eléctricos».

Lupa portátil. (Ferreyroscat) «Para un buen análisis de las piezas falladas se necesita una lupa portátil, ya que las fracturas de los componentes son demasiado pequeñas y muy tediosas de identificar, es por eso que se utiliza una lupa con capacidad de aumento de 10 – 20X, siempre y cuando sea de la marca Caterpillar ya que es idéntica a la que utilizan los joyeros para examinar las piedras doradas. Ya que se requiere de una precisión eficaz, para así encontrar el inicio de las fracturas o desgastes mínimos que se dan en los componentes. Y cuando son más delicados las fracturas se requiere un microscopio o un estereomicroscopio de escaneo».

Laboratorio de análisis de fluidos. (CFT finning) «Nos explica sobre el análisis de fluidos S.O.S de los fluidos de la máquina, ya que con el s. o. s, se puede mostrar la presencia de partículas que están produciendo los componentes internos de la máquina, que pueden indicar ataque por ácidos o desgastes anormales. Para tomar las muestras de aceite, siempre hay que asegurarse que el motor este a temperaturas de operación normal. El examen Espectrógrafico es el análisis s. o. s, que permite identificar los componentes elementales en el fluido. Donde identifica las partículas específicas de metal o aleaciones. Para tener una mayor exactitud se debe tomar varias muestras y así detectar de manera eficaz cual es el componente que se está deteriorando, y de esta manera tomar medidas inmediatas en el equipo».

Manómetros. Los manómetros son esenciales en las evaluaciones de una maquina ya que nos permitirán estar seguro de los valores que me arrojado el ET Caterpillar, como la presión del cilindro, presión de aceite de motor y gases de escape. Pistola de temperatura. La pistola de temperatura se utiliza para inspeccionar y evaluar las temperaturas arrojadas en el equipo. Gracias a la tecnología, permite una toma rápida y eficaz ya sea cerca o determinada distancia. CIS CAT. El sis cat es la página oficial de Caterpillar, donde se podrá encontrar

toda la información de las maquinas cat. Cuando se necesita un procedimiento de armado o evaluación, al único lugar que podemos acudir es al sis cat, ya que nos brindara el procedimiento correcto. Procedimientos que se aplicaran en el desarrollo de la investigación.

Análisis técnico (AT1). (Ferreyroscat) «AT1 es realiza un check list de inspección de la maquina o monitoreo de condiciones. Es sencillo realizar ya que es una manera efectiva para poder prevenir problemas del equipo. El análisis proactivo de los datos tomados permitirá a los supervisores intervenir el equipo para no tener consecuencias graves». Inspección técnica (AT2). La inspección AT2, es evaluar por completo el estado de la máquina, ya sea parte del motor, como presión de la cilindrada, presión de aceite de motor etc. también presiones de transmisión y sistema hidráulico, don al final de la evaluación, lo datos tomados son comparados con los del manual de fabricante, y si se encuentra datos anormales se interviene de inmediato el equipo para analizar las consecuencias. También se realiza con el ET Caterpillar, donde se puede leer todos los parámetros de forma electrónica como se observa en la imagen a continuación:

La toma de de fluidos se realiza con la finalidad de enviar al laboratorio, donde analizaran con equipos de última tecnología, que determinaran que tipo de materias se han encontrado y que porcentaje, donde se recurrirá al manual para ver que componente es el afectado y comenzar hacer un seguimiento al sistema junto con evaluaciones. Análisis de fallas aplicada (AFA) (Ferreyroscat) «El análisis de fallas su principio básico es determinar la causa raíz del problema causada en la máquina, donde se haya ocasionado de manera temprana o de forma inusual, como una fractura de un cigüeñal a pocas horas de trabajo del motor. El AFA empieza recolectando información desde el operador, informes de entrega de equipo al cliente, informe de su ultimo mantenimiento, reparaciones previas a la falla y datos de análisis de fluidos. Esto se debe de recolectar durante el proceso de reparación, el análisis de fractura determinara quien es el responsable de lo sucedido. Bien sea cliente o fabrica».

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación a desarrollar es descriptiva – evaluativa no experimental. Es donde se busca estudiar y analizar el propósito, para tomar la decisión correcta, donde nos conlleva a realizar métodos del mundo real. Aplicando varios métodos ya sea encuestas o experimentos. Descriptiva. Se refiere a que tendrá como finalidad, analizar y describir la información y características, en la investigación de teoría de fallas del motor c15 Acert. Así poder cumplir con el desarrollo del proyecto. No experimental. Es una investigación no experimental ya que el investigador no ejecutara ninguna manipulación con respecto a las variables.

Según (CORREA, y otros, 2002) “nos definen sobre la investigación evaluativa que se ha convertido hoy en día, una de las fuentes más importantes de conocimientos en las diversas instituciones del ámbito estudiantil moderno. Porque permite mostrar el grado de eficiencia o deficiencia de las aplicaciones que muestran el camino para la valorización del éxito, logrado por el desempeño realizado. Donde su desarrollo aplica sus mismas evoluciones, permitiendo un acercamiento permanente a la científicidad”.

Las variables se definen de la manera siguiente: $Y = f(X)$, X: Variable independiente. (Casuísticas de optimización del mantenimiento.), Y: Variable dependiente. (Teoría de fallas de motor C15 Acert Caterpillar.)

3.2. Variable y operacionalización

- **Variable independiente.** Casuísticas de optimización del mantenimiento
- **Variable dependiente.** Teoría de fallas de motor C15
Matriz de operacionalización (Ver Anexo 01)

3.3. Población y muestra

- **Población.** La población a estudiar para la investigación es la teoría de fallas de los motores C15 Acert Caterpillar llegando a la causa raíz.
- **Muestra.** La muestra está formada por la misma población es decir la teoría de fallas del motor C15 Acert Caterpillar.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

La técnica es evaluar y recoger toda la información que tenga relación con el tema a desarrollar, como revista, libros, anexos e informes etc. Pero siempre se debe de tener en cuenta el permiso y autorización de los autores.

- **Encuesta técnica.** Es un instrumento que nos facilitara con la recolección de información que se aplicara en la presente investigación, donde será de mucha importancia para lograr el objetivo que es el desarrollo de la teoría de fallas de motor c15 Acert Caterpillar.

3.5. Procedimientos

El desarrollo en la presente investigación es la siguiente:

- Recolectar la información del operador o encargado del equipo.
- Se descargara un estado de parámetros con el ET Caterpillar. Para verificar códigos que nos puedan ayudar a llegar a la causa raíz del problema.
- Proceder a solicitar el historial de la máquina, para poder verificar que fallas se han presentado antes de lo ocurrido.
- Identificación de la falla con la ayuda de los datos para determinar la causa raíz.

3.6. Método de análisis de datos

La presente investigación se empezó a desarrollar, después de consultar a la empresa líder de maquinaria Caterpillar, si nos podían facilitar información que se utilizaría para el desarrollo de la investigación. Respondiendo a nuestra solicitud que no había ningún problema, se comenzó a la recolección de información que será demostrada en laboratorios y cálculos como manda el estudio.

3.7. Aspectos técnicos

Para la ejecución de la presente investigación se respetó la referencia y citas de los autores de los estudios consultados, tomando en cuenta la norma ISO 690.

- Responsabilidad. La ejecución del proyecto se desarrolló, respetando los tiempos establecidos por la universidad y siempre tomando las medidas de

seguridad, utilizando los equipos de protección personal en la ejecución del proyecto.

- Transparencia. La recolección de información para dicho proyecto es veras y confiables, donde no se alteraran bajo ninguna forma para fines de beneficiar los resultados.
- Honestidad. El proyecto presentado se ejecutó con esfuerzo y dedicación personal de la manera más sincera posible, sin manipular y alterar información, para no tener consecuencia a la hora de presentar el proyecto.

IV. RESULTADOS

4.1. Identificación de fallas motor funcionando utilizando herramientas como el ET CAT, o instrumentos (manómetros, multímetro pistola de temperatura).

En la actualidad, desde los años 90 del siglo pasado y con cada más frecuencia, el componente de control electrónico de los vehículos electrónicos en general (Camiones y Automóviles en todas sus variedades y Modelos), ha aumentado por lo que la ingeniería del Mantenimiento ha tomado un rol muy importante, llegando a establecerse una nueva rama de la ingeniería como es la Mecatrónica Automotriz, también conocida como Autotrónica.

Por lo que la casuística de fallas de estos componentes electrónicos y como evitarlas, disminuirlas o mitigarlas, ha adquirido un rol fundamental en la gestión del mantenimiento en sus diversas versiones y modalidades (Tanto en el RCM – Mantenimiento basado en la confiabilidad, donde el acopio de información de los historiales de fallas, sirven para elaborar la base estadística, donde se pueden aplicar las fórmulas de estadística inferencial, que nos permiten recomendar las acciones de la gestión del mantenimiento, con en el TPM – Mantenimiento Productivo Total es decir los vehículos deben estar en la disposición de lograr la máxima producción posible), por lo que en esta investigación es necesaria la descripción total de las principales acciones de Mantenimiento Electrónico de los Motores de la Serie C15 – Tecnología ACERT (Familia de Motores de alto estándar ambiental, Norma TIER IV, para adelante, con Rango de Potencias de 475 a 580 HP, y velocidades de operación de 1,800 a 2,100 RPM, con múltiples aplicaciones en Tractore agrícolas, Tractores o topadoras Mineras, Excavadoras de Oruga en la Minería y la Construcción, en la industria forestal, en camiones de transporte pesado etc.), siendo las principales acciones de mantenimiento de las que se recolectara datos las siguientes :

- Evaluación, Diagnostico Electrónico de los sistemas de un motor diésel (admisión, turbo alimentación, inyección, combustión, cigüeñal, pistones, Carter, alternador, aire acondicionado, radiador etc.

- Evaluación, Diagnostico Electrónico del Sistema de Dirección – transmisión, sistema de suspensión – amortiguación, diferencial, ejes, llantas etc.
- Evaluación, diagnostico electrónico del sistema de frenos, alarmas y otros sistemas de seguridad
- Evaluación, diagnostico electrónico de los sistemas de control, ECM y demás implementos electrónicos

En cuanto a los instrumentos a utilizarse en la presente investigación, estos serán:

- a. El **Software licenciado por Caterpillar**, denominado Electronic Technician (CAT ET), que se maneja ya sea desde una computadora personal o laptop y más actualmente desde un teléfono inteligente, en entorno Windows de Microsoft en donde se pueden monitorear el estado de los parámetros tales como temperaturas, presiones, velocidades, caudales, tiempos, fuerzas etc., comprobar su normal desempeño a través de salidas de códigos de diagnóstico, normalidad o criticidad de los procesos de funcionamiento, mostrar la lógica de configuración de los llamados módulos de Control Electrónico (ECM), realizar modificaciones, mejoras en los diversos sistemas que están bajo el control de estos módulos

Esto se realiza por intermedio del instrumento de servicio y diagnostico denominado ET, el cual ha sido diseñada y construida para comunicarse de manera bidireccional con los ECM por intermedio de los enlaces de comunicación de datos, bien denominados (CAT Data Link), lográndose de esta eficiente manera, obtener datos descargados a las PC, poder analizarlos y poder diagnosticar e implementar las soluciones de corto, mediano y largo plazo de los problemas de funcionamiento actuales y a futuro

Es primordial indicar, que para distintos motores de vehículos, se utiliza el conector de controladores programables lógicos (PLC), para las aplicaciones de control y automatización de los procedimientos que se dan en un motor automotriz de combustión interna, como se pudo observar de acuerdo a sus manuales de operación, ordena enlazar sensores de pedal de acelerador, presión y temperatura

a sus entradas digitales y analógicas, para poder ser visualizado en una laptop, por intermedio de reglamentos de comunicación, como los ejecutores del software patentado labview, que con los hábitos y sub hábitos de programación y el ejecutor del servidor tipo ole para control de procesos (OPC), se puede ver en la pantalla del software establecido ya sea en una PC o en un teléfono moderno.

En este proyecto de investigación, por las eventualidades sanitarias, que se vive hoy en día, se ejecuta la simulación de las señales de evaluación, para lo cual se ocupa interfaces de usuarios de la forma más fácil, con el servicio de los microcontroladores de la marca microchip del programa lenguaje C, crea señales de simulación de potenciómetros y controles ADC, donde gracias a su variabilidad crea interfaces de usuario con el software visual Basic.

b. Hardware a utilizarse

Simulador de señal de sensores, marca PITARCH, modelo TERTER 600, que generalmente es un medidor universal de funciones y señales (temperatura relativa, presiones manométricas, perdidas por efecto hall, corriente inductiva, el cual es utilizado para medir señales de motores Caterpillar, donde también Suzuki, Mazda y Subaru.

Características Principales del Simulador PITARCH – TESTER 600

Emulador Universal de Funciones y Señales

En TPS, los rangos son de 0 – 5 Voltios y Posiciones (0%, 25%, 50%, 75% y 100 %)

En Temperatura de 0°C – 350 °C

En MAP 0 – 5 Voltios

En Sonda Lambda 0 – 1 Voltios

En Sonda Hall (Cuadrado) 10 – 200 Hertz

En Sensor Inductivo 1 – 10,000 Ohmios

Instrumento muy versátil, de uso práctico y bajo costo relativo, lo que nos otorga un simulador virtual de funciones y señales que nos permiten simular el testeo de ECU de Motores Caterpillar con la confiabilidad y margen de error correcta



Figura 1 Simulador T 600 utilizado en la investigación

En el presente proyecto de simulación de señales de sensores del motor C15 Acert Caterpillar, el sistema electrónico cual está conformado por distintos actuadores y sensores comandados por una computadora de módulo de control electrónico ECM, donde los sensores son piezas electrónicas, quien son los que se encargan de enviar los datos de presión, velocidad y temperatura en señales de voltaje al módulo de control electrónico, con el objetivó que de acuerdo a la programación este defina el tiempo exacto que debe inyectar el combustible.

El esquema utilizado en el presente trabajo de investigación fue:

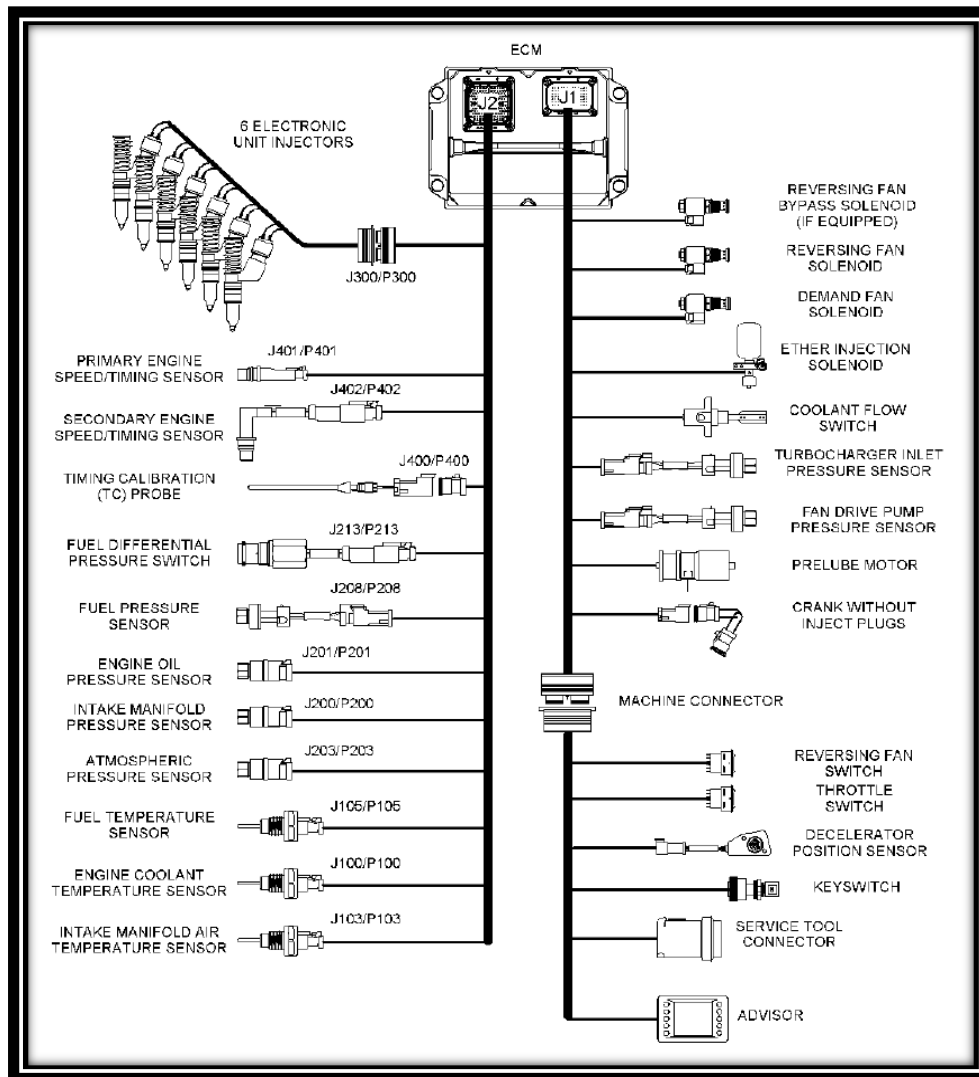


Figura 2 Sistema Electrónico del Motor CAT C 15 utilizada en la Investigación

Fuente: manual sis cat.

Del manual de funcionamiento del TESTER 600, procedemos a describir algunos de los procedimientos que se realizaron en la presente investigación:

Sensores de temperatura del aire del múltiple de admisión; estos sensores son pasivos, por lo cual no necesita alimentación exterior para enviar señales, según la medición de la temperatura se envía una señal de voltaje al módulo de control electrónico del motor por el pin 1 que es el de señal y el pin 2 que es el de masa del sensor. A continuación la figura 23 nos describe el diagrama electrónico del enlace del sensor de temperatura de aire del múltiple de admisión.

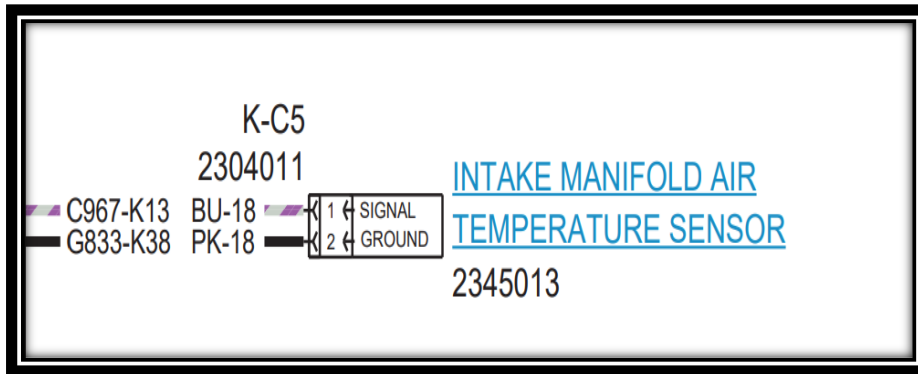


Figura 3: Sensor de temperatura del aire del múltiple de admisión

Fuente: propia

c. Sensor TPS de posición de acelerador.

Es un dispositivo activo que se alimenta por 5 voltios por el pin A, pin B es masa y pin C es el que envía la señal al ECM. el porcentaje de operación de la temperatura del sensor esta entre -40°C a 85°C . el modo de señal analógica que recibe el ECM del pin C es de ancho de pulso modular, cave recalcar que el ciclo completo de servicio de la señal se modifica según al giro del pedal del acelerador. El pin C es el regreso a tierra del sensor hacia el módulo de control electrónico del motor. La figura 24, enseña el diagrama de conexiones eléctricas del sensor de posición del acelerador.

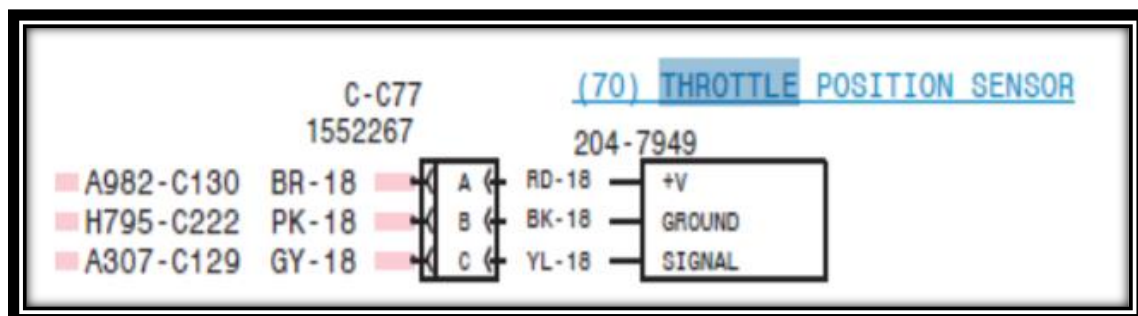


Figura 4 Sensor de Posición del Acelerador

Fuente: manual sis cat.

Los resultados obtenidos se muestran en las salidas de las pantallas de la PC, de acuerdo al formato de salida diseñado por el software:

Explicación detallada de los códigos de registro en el experimento

Durante el desarrollo del proceso de obtención de datos de los reportes de fallas realizadas en la presente investigación, la salida de datos se ha realizado por las siguientes pantallas, que pasamos a detallar y de las cuales se procesó la información para los análisis de gestión del mantenimiento realizados (confiabilidad y producción total), y poder medir la efectividad de estos planes de gestión.

d. Código de Diagnostico de velocidad del Motor y su relación con la posición del acelerador, presión de aceite del motor, temperatura de refrigerante del motor, presión de salida del turbocompresor, presión atmosférica, presión de entrada al turbocompresor, etc.

| Código | Descripción | Veces | Primera | Última |
|--|--|-------|---------|--------|
| Transmisión 777 - Reloj de diagnóstico = 8541 horas | | | | |
| 627- 4 | Corto a tierra int presión freno estac | 2 | 8516 | 8541 |
| 190- 9 | Sensor de velocidad de motor : Velocidad de actualización anorm | 5 | 154 | 8466 |
| 248- 9 | Cat Data Link no se está comunicando | 5 | 154 | 8466 |
| Freno 777 - Reloj de diagnóstico = 8541 horas | | | | |
| 712- 5 | Lámpara de control de retardador : Corriente bajo lo normal | 2 | 8516 | 8541 |
| 91- 9 | Sensor de posición del acelerador : Velocidad de actualización an | 5 | 154 | 8466 |
| 190- 9 | Sensor de velocidad de motor : Velocidad de actualización anorm | 5 | 154 | 8466 |
| 248- 9 | Cat Data Link no se está comunicando | 5 | 154 | 8466 |
| 3508 777 (2GR54321) - Reloj de diagnóstico = 8192 horas | | | | |
| 91- 2 | Sensor de posición del acelerador : Datos irregulares, intermitent | 2 | 8192 | 8192 |
| 100- 3 | Sens pres del aceite del motor : Voltaje sobre normal | 2 | 8192 | 8192 |
| 110- 3 | Sensor de temperatura de refrigerante de motor : Voltaje sobre no | 2 | 8192 | 8192 |
| 273- 3 | Sensor de presión de salida de turbocompresor : Voltaje sobre no | 2 | 8192 | 8192 |
| 274- 3 | Sensor de presión atmosférica : Voltaje sobre normal | 2 | 8192 | 8192 |
| 275- 3 | Sensor derecho de presión de entrada de turbocompresor : Voltaj | 2 | 8192 | 8192 |
| 276- 3 | Sensor de presión de entrada de turbocompresor izquierdo : Volt | 2 | 8192 | 8192 |

Figura 5: Códigos de diagnóstico de velocidad del motor y su programación

Fuente: Elaboración propia

Registro de eventos. La cantidad de sobre velocidades visualizados durante la ejecución de los estudios de la investigación, se aumentan en el histograma de exceso de velocidad de un motor C15 ACERT, en la panta del ET. Se mostró de manera gráfica el número de exceso de velocidades. El porcentaje vertical de las gráficas se visualiza el número de veces del exceso de velocidad o aceleración, sucedió en cada categoría. La línea horizontal muestra el porcentaje más alta del rpm de cada exceso de velocidad. Los excesos de velocidad se agruparon en categorías en aumento de 200 rpm, en el estudio se detectó ocho excesos de velocidad con un valor sobre los 2.200 rpm, la variación depende del tipo de motor analizado.

Los resultados obtenidos se visualizan en el cuadro adjunto:

Los principales tipos de falla que se detectaron en el Motor Caterpillar C15 ACERT, son los siguientes:

Tabla 1: Fallas presentadas en el motor Caterpillar C15 ACERT

| Referencia cruzada de códigos flash | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|---|
| COD FLASH | COD CID/FMI | COD SPN/FMI | Descripción del código |
| 24 | 100 -03 | 100 - 03 | Presión de Aceite de Motor en corto a Batería |
| 24 | 100 -04 | 100 - 04 | Presión de Aceite de Motor en corto a Tierra |
| 25 | 273- 00 | 102 - 00 | Presión de Salida del Turbo por encima de lo Normal |
| 25 | 273- 04 | 102 - 04 | Presión de Salida corto a Tierra |
| 34 | 320- 02 | 190 - 02 | Perdida de Señal de Sincronizador de Velocidad |
| 34 | 320- 11 | 190 - 11 | Sensor de Velocidad Falla Mecánica |
| 42 | 261- 13 | 228 – 13 | Requerimiento Calibración de Sincronización Motor |
| 51 | 168- 02 | 168 - 02 | Voltaje del Sistema Intermitente |
| 56 | 268 -02 | 1111 -02 | Verificar Parámetros de Programación |
| 58 | 247 -09 | 639 - 09 | J1939 Link de Comunicación de Data |

Fuente: elaboración propia.

Antes de pasar a detallar todos los resultados determinados, por la programación del microcontrolador se debe explicar que se utilizó, el ET Caterpillar que es un software informático que traduce todo los parámetros y códigos que se encuentran en la máquina. Para el caso de obtener los resultados en la investigación realizada, se utilizó el software ET Caterpillar de la corporación ferreycorp, el cual cuenta con el idioma español que facilita leer y programar de manera fácil y sencillo por la persona. (programa inductivo y amigable)

El ECM ha través de com adapter se comunica con el pc conectando el puerto de enlace USB. En este tipo de enlace tenemos el com adapter que se encarga de detectar todas las señales para ser enviadas a la PC para verificar todos los códigos, parámetros y configuraciones. la conexión vía USB determina distintas variedades de aplicaciones que se conforman en diferentes menús que cada función comparte diferentes actividades y tienen requerimientos de traslado de

datos idénticos. Esto es una gran ayuda para los diseñadores o fabricantes de softwares genéricos en el cual no necesita muchas aplicaciones.

Facilitando las labores y costos del mantenimiento.

e. Presión de aceite de motor en corto a batería

Condiciones que generan este código: La ECM detecta una señal de voltaje del sensor de presión, cuando el voltaje es superior a 4.8 Voltios

Respuesta del sistema

El ECM establecerá la presión de aceite del motor al valor predeterminado, los parámetros para la presión de aceite bajan se desactivarán en los sistemas de monitoreo programables

Además el sistema emitirá las siguientes señales de alerta:

- El ET mostrará Abierto / Corto alto para la presión de aceite en la pantalla de estado de ET
- El ECM generará un código de diagnóstico cid 100 fmi 03 en el enlace de datos cat.
- El ECM generará un código de diagnóstico spn 100 fmi 03 en el enlace de datos j1939
- El ECM generará un código de 24 destellos que se mostrará en la lámpara de diagnóstico

Solución de problemas.

Realice el siguiente procedimiento de diagnóstico: prueba de circuito abierto o cortocircuito del sensor analógico. Datos obtenidos en el Motor C15 ACERT N° Serie: CATC150456288.

Tabla 2: Datos de presión de aceite.

| Nº | Dia | Hora | Estado |
|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | 06/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 2 | 09/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 3 | 13/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 4 | 16/04/2020 | 10:00 AM | OK |

| | | | |
|----|------------|----------|------|
| 5 | 20/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 6 | 23/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 7 | 27/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 8 | 30/04/2020 | 10:00 AM | OK |
| 9 | 04/05/2020 | 10:00 AM | OK |
| 10 | 07/05/2020 | 10:00 AM | OK |
| 11 | 11/05/2020 | 10:00 AM | OK |
| 12 | 14/05/2020 | 10:00 AM | OK |
| 13 | 18/05/2020 | 10:00 AM | OK |
| 14 | 21/05/2020 | 10:00 AM | OK |
| 15 | 25/05/2020 | 10:00 AM | STOP |
| 16 | 28/05/2020 | 10:00 AM | STOP |
| 17 | 01/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 18 | 04/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 19 | 07/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 20 | 11/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 21 | 14/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 22 | 18/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 23 | 21/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 24 | 25/06/2020 | 10:00 AM | STOP |
| 25 | 28/06/2020 | 10:00 AM | OK |
| 26 | 02/07/2020 | 10:00 AM | OK |
| 27 | 05/07/2020 | 10:00 AM | OK |
| 28 | 09/07/2020 | 10:00 AM | OK |
| 29 | 12/07/2020 | 10:00 AM | STOP |
| 30 | 16/07/2020 | 10:00 AM | OK |

Fuente: Elaboración propia.

Presión de aceite de motor en corto a batería

Condiciones que generan este código: La ECM detecta una señal de voltaje del sensor de presión, cuando el voltaje es menor a 0.2 Voltios.

Respuesta del sistema

El ECM establecerá la presión de aceite del motor a un valor predeterminado, los parámetros para la presión de aceite se desactivarán en el sistema de monitoreo programable. Además el sistema emitirá las siguientes señales de alerta:

- El ET mostrará corto a tierra para la presión de aceite en la pantalla de estado de ET
- El ECM generará un código de diagnóstico cid 100 FIM 04 en el enlace de datos cat.
- El ECM generará un código de diagnóstico spn 100 FIM 04 en el enlace de datos j1939

- El ECM generará un código de 24 destellos que se mostrará en la lámpara de diagnóstico

Solución de problemas

Realice el siguiente procedimiento de diagnóstico sensor analógico abierto de prueba de cortocircuito

Datos obtenidos en el Motor C15 ACERT N° Serie: CATC150456288

Tabla 3: Datos de Presión de Aceite Corto a Tierra

| Nº | Día | Hora | Estado |
|-----------|------------|-------------|---------------|
| 1 | 06/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 2 | 09/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 3 | 13/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 4 | 16/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 5 | 20/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 6 | 23/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 7 | 27/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 8 | 30/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 9 | 04/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 10 | 07/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 11 | 11/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 12 | 14/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 13 | 18/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 14 | 21/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 15 | 25/05/2020 | 10:00 AM | Stop |
| 16 | 28/05/2020 | 10:00 AM | Stop |
| 17 | 01/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 18 | 04/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 19 | 07/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 20 | 11/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 21 | 14/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 22 | 18/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 23 | 21/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 24 | 25/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 25 | 28/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 26 | 02/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 27 | 05/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 28 | 09/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 29 | 12/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 30 | 16/07/2020 | 10:00 AM | Ok |

Fuente: Elaboración propia

Requerimiento Calibración de Sincronización Motor. Condiciones que generan este código: La sincronización no se ha calibrado desde que se instaló el ECM o la calibración está fuera de especificación

Respuesta del sistema

El ECM registrará el código de diagnóstico, el ECM utiliza la sincronización predeterminada. Además el sistema emitirá las siguientes señales de alerta:

- El ECM registrará el código de diagnóstico El ECM utiliza la sincronización predeterminada
- El motor puede funcionar con dificultad o el motor puede emitir humo blanco en el escape
- El ECM generará un código de diagnóstico CID 261 - FMI en el enlace de datos cat.
- El ECM generará un código de diagnóstico SPN 228 FMI 13 en el enlace de datos J1939
- El ECM generará un código de 42 destellos que se mostrará en la lámpara de diagnóstico

Solución de problemas

Realice el siguiente procedimiento de diagnóstico calibración del sensor de velocidad / sincronización del motor

Datos obtenidos en el Motor C15 ACERT N° Serie: CATC150456288

Tabla 4: Datos de Requerimiento de Calibración de Motor

| N.º | DIA | HORA | ESTADO |
|------------|------------|-------------|---------------|
| 1 | 06/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 2 | 09/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 3 | 13/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 4 | 16/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 5 | 20/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 6 | 23/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 7 | 27/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 8 | 30/04/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 9 | 04/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 10 | 07/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 11 | 11/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 12 | 14/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 13 | 18/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 14 | 21/05/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 15 | 25/05/2020 | 10:00 AM | Stop |

| | | | |
|----|------------|----------|------|
| 16 | 28/05/2020 | 10:00 AM | Stop |
| 17 | 01/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 18 | 04/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 19 | 07/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 20 | 11/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 21 | 14/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 22 | 18/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 23 | 21/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 24 | 25/06/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 25 | 28/06/2020 | 10:00 AM | Stop |
| 26 | 02/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 27 | 05/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 28 | 09/07/2020 | 10:00 AM | Ok |
| 29 | 12/07/2020 | 10:00 AM | Stop |
| 30 | 16/07/2020 | 10:00 AM | Ok |

Fuente: Elaboración propia.

Ejecución del análisis de los resultados de las pruebas de laboratorio tales como inspección visual, análisis metalográfica y análisis de dureza, efectuadas en los Talleres de Ferreyros S.A. , bajo la normatividad vigente.

Para la realización de los respectivos análisis Metalográficos en aceites de motor, utilizaremos los equipos de avanzada tecnología de la Sucursal de la Empresa Ferreyros en la Región Lambayeque, sita en la Autopista Chiclayo – Lambayeque Km 779, Distrito de Lambayeque, Provincia de Lambayeque, Región Lambayeque, el cual pasaremos a describir:

a. Viscosímetro Huillón automático

Beneficios y descripción

- Trabaja sometido con la norma ASTM D 445 necesita un 1 ml de muestra del fluido.
- Amplitud del porcentaje cerrado de viscosidad: de 2 a 2000 cSt a 40°C.
- Rango de temperatura del baño de 20 a 110°C con una precisión de 0.01°C.
- De excelente rendimiento, equivalente a 75 muestra pot hor
- De alto rendimiento, equivalente a 75 muestras por hora, por cada baño.
- Rapidez de determinación de viscosidad media y / o índice de viscosidad en cuestión de solo unos minutos.
- Al finalizar, limpieza automática de tubos de secado.

- Solo necesita menos de 10 ml de disolvente utilizado normalmente en el ciclo de limpieza.



Figura 6 Viscosímetro Automático Huillón

Equipo para calcular espuma en aceites lubricantes

Principales características técnicas

Rango de Energía Calorífica al ingreso 2.3 KW

Rango de voltaje de la fuente de alimentación en AC 220V±10% y frecuencia 60 Hertz

Rango de variación del control de la temperatura 24 a 93.5 °C

Precisión del control estadístico de la temperatura ± 0.5°C

Motor, Potencia Nominal de Curvas, definido ex post 25W

Ajuste del alcance de la temperatura de 0 a 99.9 °C

Reloj de medición del tiempo 0 a 99.99 horas

Rango del medidor de flujo de fluidos 16 a 160 ml/min

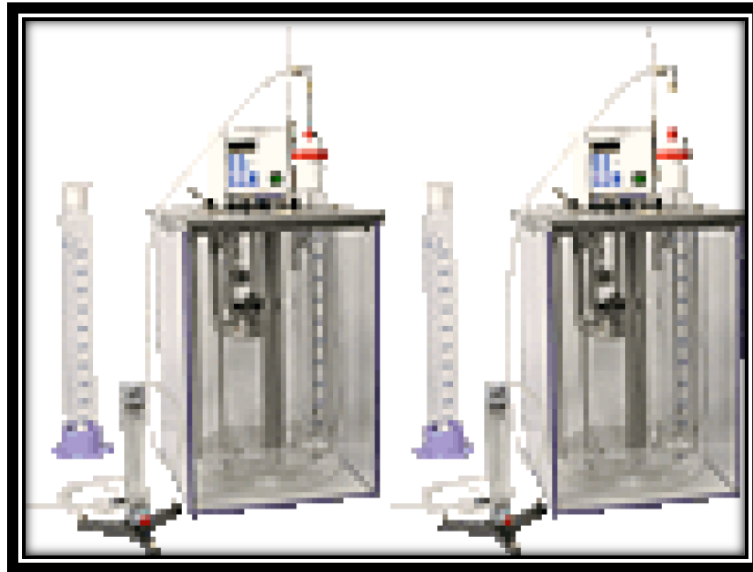


Figura 7: Aparato para medir espuma en lubricantes

4.2. Análisis Espectrográfico por emisión para partículas de desgaste en aceite

Características

Analítica prueba

- Desgaste en metales
- Principales contaminantes
- Características de aditivos

Beneficios y características

- Pone en evidencia una advertencia temprana de un desgaste fuera de lo normal.
- Se rige con el método de ensayo de la ASTM D6595
- La muestra no necesita ser preparada.
- Rapidez del análisis de la muestra, el cual solo es de 30 segundos.
- Realiza un análisis holístico de todos los elementos
- Disponibilidad inmediata para el análisis las muestras.
- Curva de aprendizaje, muy breve para operarlo en toda su capacidad.
- Solo requiere electricidad CA, No requiere servicios especiales o gases.
- Partículas grandes pueden ser analizadas con facilidad.
- Posee la capacidad de análisis de azufre en todas sus mezclas y combinaciones



Figura 8 Espectrógrafo de Emisión

Instrumento para determinar el Punto de inflamación

Características, aplicaciones y principales Beneficios

- Rápida curva de aprendizaje para determinar el punto de inflamación.
- Análisis en tiempo real, con total visualización durante el ensayo.
- Se facilita el análisis estadístico, mediante el aumento de la memoria local para el control de las pruebas realizadas.
- Sensor de presión Barométrica, con capacidad de corrección en línea.
- Frecuencias etiquetadas y calibradas.
- La gestión del gas es automática, tanto para el encendido de pruebas, como para la programación del reencendido de la llama de ser necesario, se posibilita la supresión automática de gas después de la prueba
- Gestión de datos de libre disponibilidad, con funciones de red interconectada, controlado por Software, operación de gestión de los datos disponibles.



Figura 9 Punto de Inflamación equipo

Equipo para determinar la facilidad de separar el agua del Aceite

Características y Beneficios

Descripción de las especificaciones

- Las Principales especificaciones son las siguientes:
- Aprueba en las especificaciones de ASTM D1401, D6074, D6158, ISO 6614, DIN 51599.
- Amplitud del Rango de agitación: 60 - 1800 rpm.
- Rango de la Precisión: ± 1.0 rpm.
- Motor de la Unidad: 1/10hp (75W), un torque elevado, de acuerdo a curvas de variabilidad
- Amplitud del rango de temperatura del baño: 25 a 150°C
- Rango del control de Estabilidad: $\pm 0,05^\circ\text{C}$.
- Amplitud de la capacidad: siete de 100 ml probetas graduadas.

Fabricación:

- Recipiente de vidrio refractario de 12x12 pulgadas (30.5x30.5cm) de dimensiones principales
- Trabaja en el Medio: agua potable o aceite blanco técnico
- Rango de Capacidad Mediana: 21.9L (5,8 gal)

Parámetros eléctricos

- Voltaje: 115V, Frecuencia: 50-60Hz, Amperaje: 12A

Accesorios de obsequio

- Siete probetas de 100 ml

Medidas

- LxWxH, mm (cm) 12x12x38 (30.5x30.5x96.5)
- - Neto Peso: 55 lbs. (24.9kg) “

**Instrumento del Punto de Fluidez, su determinación
Características y Beneficios**

Hace posible la automatización, vertimiento del análisis de puntos con una precisión propia de un microprocesador.

- Precisión alta proporcionada.
- La red funciona de manera autónoma.
- Mantenimiento, preventivo, correctivo fácil de operar.
- Pruebas estandarizadas o personalizadas., son permitidas
- Multi analizador y red independiente, funciona en configuraciones de red permitidas
- Las pruebas y la documentación completa de todos los parámetros y resultados son proporcionadas.
- Con impresoras en red, se permite en envío de datos a cualquier dispositivo conectado en serie



Figura 10 Instrumento para la determinación de Punto de Fluidez

Espectrofotómetro Infra-Rojo (FT-IR)

Que cumple la función de medir la composición química de un lubricante.

Pautas para su Funcionamiento

Un análisis a nivel molecular de aceites lubricantes y líquidos hidráulicos por espectroscopia FT-IR nos permite contar con la información directa en especies moleculares de atención, incluyendo aditivos, corte de productos líquidos y contaminación externa. El espectro infrarrojo de aceites utilizados es medido con la base del espectro (la base de espectro determinado de cada uno de los cinco grupos dependiendo del tipo de lubricante). Las diferencias en el espectro IR son medidas y cuantificadas. Los niveles de oxidación, nitración y subproductos de sulfato son detallados junto con el hollín, agua, y glicol.

Aplicaciones

Para todos los Aceites y lubricantes industriales.

Beneficios y características

- Según Hinostroza: “Absoluta confianza de la transmisión.
- Las partes especializados para bloquear las reflexiones parásitas.
- La Electrónica avanzada para el muestreo de alta fidelidad de la señal.
- Alto grado de control sobre la imagen de la fuente que permite la optimización de los parámetros de medición
- Precisión del Eje X superior a 0,01 cm-1

En cuanto a los resultados obtenidos, debemos de mencionar primero, como referencia los tipos de aceites lubricantes con los cuales trabajaremos, siendo resumidos en la figura siguiente, en donde se muestra la relación existente entre la clasificación SAE y la clasificación Segundos Saybolt Universal, en función de la temperatura y sus rangos Máximos y Mínimos de variación.

| Clasificación SAE | Escala de viscosidad, segundos Saybolt Universal | | | | | |
|-------------------|--|--------|---------|--------|---------|--------|
| | A 0 °C | | A 54 °C | | A 99 °C | |
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| 10 | | | 90 | 120 | | |
| 10 W | 6000 | 12000 | | | | |
| 20 | | | 120 | 185 | | |
| 20 W | 12000 | 48000 | | | | |
| 30 | | | 185 | 255 | | |
| 40 | | | 255 | | | 80 |
| 50 | | | | | 80 | 105 |
| 60 | | | | | 125 | 125 |
| 70 | | | | | 125 | 150 |

Figura 11 Relación entre Temperatura y Viscosidad

Así mismo las concentraciones máximas de impurezas (Limallas metálicas, sólidos en suspensión), que provienen desde distintas fuentes, Metálicas como el

Hierro de las paredes de los cilindros, pistones, cigüeñal, bielas etc., Cobre de los anillos, tuberías de aceite, bujes, radiadores, intercambiadores de calor, Plomo de restos del combustible, Aluminio de partes móviles como pistones y que expresan fallas en su lubricación, Sodio debido a filtraciones de refrigerante y que no pueden exceder determinadas concentraciones por peligro de emulsión del aceite, silicio que denota la presencia de arena y por lo tanto falla en los respectivos filtros de aire y finalmente boro que demuestra reacción química en el aceite lubricante

| Constructor del Motor | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---|
| Análisis de Aceite | Caterpillar | Cummins | Detroit Diesel |
| | todos los modelos | todos los modelos | todos los modelos |
| Hierro | 100 ppm | 84 ppm | 150 ppm |
| Cobre | 45 ppm | 20 ppm | 90 ppm |
| Plomo | 100 ppm | 100 ppm | - |
| Aluminio | 15 ppm | 15 ppm | - |
| Cromo | 15 ppm | 15 ppm | - |
| Espectroscopia | 20 ppm | 20 ppm | - |
| Sodio | 40 ppm | 20 ppm | 50 ppm |
| Boro | 20 ppm | 25 ppm | 20 ppm |
| Silicio | 10 ppm | 15 ppm | none specified |
| Viscosidad | +20 % to -10 % del grado nominal SAE | +/- 1 SAE grade o 4 Cst del aceite nuevo (Visc @ 100 Å° C) | +40 % a -15% del grado nominal (Visc @ 40 Å° C) |
| Agua | 0.25% max | 0.2% max. | 0.3% max |
| TBN | 1.0 mg KOH/g min estimado | 2.0 mg KOH/g min. o la mitad del aceite nuevo o equivalente al TAN | 1.0 mg KOH/g min estimado |
| Dilucion Combustible | 5% max. | 5% max | 2.5% max |
| Dilucion Refrgerante | 0.1% max | 0.1% max | 0.1% max. |
| Ferrografía | en excepciones | en excepciones | en excepciones |

Figura 12 Valores Máximos de Impurezas en Aceite Lubricante

También podemos resumir toda la tipología de falla y origen, que podemos deducir a partir de la medición por análisis espectrometrico de los aceites de lubricación y refrigeración de motores Caterpillar C15 Tecnología ACERT

Así mismo, con la data obtenida, podemos elaborar nomogramas (Resolución grafica de ecuaciones), entre la concentración de limaduras de mineral y el desgaste ocasionado por fricción entre los elementos, para el caso de limaduras de Níquel vs desgaste de un motor Caterpillar C 15, Tecnología ACERT, N1 Serie CATC150456288. En el caso del tractor de las siguientes características

- Marca : Caterpillar
- Modelo : D8T
- Motor : Caterpillar
- Modelo : C15 – ACERT

- Serie : CATC150456288
- Cilindrada: 15, 2 Litros
- Diámetro: 137 mms
- Carrera : 172 mms
- Velocidad: 1,850 RPM

Tabla 5. Análisis de partículas en motor C15, de Junio a Octubre 2020

| TIPO DE METAL | 15/06/2020 | 05/08/2020 | 14/09/2020 | 21/10/ 2020 |
|----------------------|------------|------------|------------|-------------|
| HIERRO (Fe) PPM | 45 | 49 | 55 | 59 |
| CROMO (Cr) PPM | 0 | 0 | 0 | 1 |
| NIQUEL (Ni) PPM | 0 | 0 | 0 | 2 |
| ALUMINIO (Al) PPM | 7 | 8 | 9 | 11 |
| COBRE (Cu) PPM | 6 | 8 | 10 | 11 |
| PLOMO (Pb) PPM | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ESTAÑO (Sn) PPM | 0 | 0 | 0 | 1 |
| MANGANESO (Mn) PPM | 0 | 0 | 0 | 2 |
| CADMIO (Cd) PPM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VANADIO (V) PPM | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SILICIO (Si) PPM | 18 | 18 | 20 | 21 |
| SODIO (Na) PPM | 3 | 3 | 3 | 4 |
| POTASIO (K) PPM | 1 | 1 | 1 | 1 |
| BARIO (Ba) PPM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BORO (B) PPM | 1 | 1 | 1 | 1 |
| MOLIBDENO (Mb) PPM | 0 | 1 | 1 | 1 |
| MAGNESIO (Mg) PPM | 9 | 11 | 12 | 13 |
| CALCIO (Ca) PPM | 54 | 57 | 59 | 61 |
| FOSFORO (P) PPM | 25 | 27 | 29 | 31 |
| ZINC (Zn) PPM | 29 | 31 | 33 | 33 |

Fuente. Elaboración propia

Para los correspondientes valores indicados en el Horometro de la Maquina:

| | | |
|------------|-------|-------------------------|
| 15/06/2020 | 2,345 | Horas de Funcionamiento |
| 05/08/2020 | 2,563 | Horas de Funcionamiento |
| 14/09/2020 | 2,672 | Horas de Funcionamiento |
| 21/10/2020 | 2,787 | Horas de Funcionamiento |

Así mismo si se realiza un análisis de desgaste con respecto al tiempo de funcionamiento (No confundir con tiempo de antigüedad), podemos deducir gráficos de desgaste de motor – Concentración de partículas metálicas con respecto al tiempo de uso y obtener los gráficos de desgaste adjuntos.

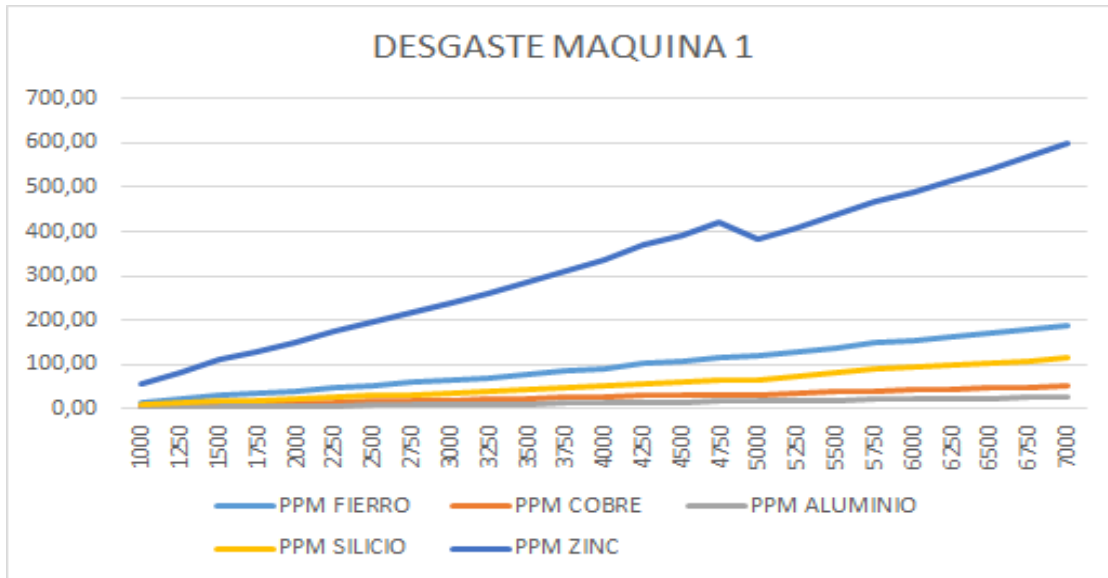


Figura 13 Desgaste por tipo de elemento de motor ACERT C 15, Tractor CAT D8T
 Fuente: elaboración propia.

También, podemos deducir de manera cualitativa, las siguientes ecuaciones relaciones entre el procedimiento estandarizado de toma de muestras, los resultados obtenidos, analizados e interpretados de estos resultados, así como el desgaste de los distintos elementos de máquina de los motores de combustión interna de inyección electrónica:

De los resultados obtenidos de los laboratorios de aceite lubricante y refrigerante de motor se dio especial atención a los apartados de viscosidad, aluminio, hierro, cromo, cobre, plomo, estaño, sodio y silicio; se hicieron los respectivos análisis de cómo era su comportamiento clasificado en las tres tipologías de gestión de Mantenimiento para mirar cómo es su variación y cómo se puede analizar, ya que estos son los parámetros que comúnmente se encuentran. Teniendo en cuenta estos parámetros vistos anteriormente en este trabajo de investigación, junto con las revisiones que hacen los técnicos y los reportes, se elaboró la relación del orden de reparación de los motores materia de esta presente investigación.

Es así como hemos obtenido la curva de viscosidad dinámica, con respecto al tiempo que nos indica, que tan apto está el aceite de motor lubricante para cumplir su función de lubricación, es decir como conserva su viscosidad (Relación de esfuerzo producido vs deformación, para un fluido Newtoniano) y que lo materializamos en la figura adjunta :

4.3. Determinar las posibles causas de fallas ocasionadas en componentes afectados llegando a la causa raíz.

El análisis de causas de fallas es la "revisión minuciosa de **hechos** ambientales y del producto que lleva a la identificación de la **causa fundamental** de problemas en el producto". El propósito de realizar un análisis de fallas es simplemente descubrir la causa fundamental de una falla de modo que se puedan tomar las medidas adecuadas para prevenir que la falla ocurra otra vez. En la definición, se destacan dos palabras clave. La primera palabra es **hecho**. Un buen análisis de fallas se basa principalmente en los hechos. Los hechos se pueden encontrar en muchos lugares: las piezas defectuosas, la aplicación, la operación, los registros de mantenimiento, los datos del ECM (Electronic Control Module, Módulo de control electrónico), etc.

Las segundas palabras destacadas son **causa fundamental**. Trabajar con hechos y con un proceso definido permite que un investigador llegue a la causa fundamental más probable de una falla y pueda responder tres preguntas:

Las piezas están rotas. Las piezas se desgastan prematuramente o de una forma inusual. Las piezas se deforman de modo que ya no pueden realizar la función deseada. Los indicadores adversos, como el calentamiento, ruidos u olores inusuales u otros problemas de rendimiento, en general, no requieren un análisis de fallas, sino la aplicación de solución de problemas, pruebas o ajustes. Utilice el análisis de fallas en el momento apropiado. El equipo de AFA enseña un proceso de ocho pasos para realizar un análisis de fallas. El proceso comienza un tiempo antes de la falla, cuando la pieza o el sistema todavía estaban funcionando correctamente y continúa a través de la falla, usando hechos, sucesos y una línea cronológica. El proceso concluye cuando los resultados del análisis de fallas se han comunicado a la parte responsable, la máquina se ha reparado y se lleva a cabo una llamada o visita de seguimiento para reafirmar la confianza del cliente en nosotros.

Las personas que usan esta información probablemente estarán muy involucradas en la fase de detección de hechos del análisis de fallas. Los hechos pueden reunirse no solo de las piezas defectuosas, sino también de la información de aplicación, operación y mantenimiento. Actualmente, cualquier cosa que haya

afectado la pieza desde la fabricación hasta el momento en que la pieza falló puede proporcionar hechos al analista de fallas. Por lo general, cuantos más hechos puedan recopilarse, mejores serán los resultados del análisis de fallas.

a) **Análisis de piezas fracturadas**

El análisis de piezas rotas debe hacerse de manera organizada con dos objetivos en mente:

- Obtener todos los hechos de las piezas rotas.
- Evitar daños adicionales a las piezas durante la remoción, inspección y posteriormente.

Se pueden seguir los siguientes pasos para asegurarse de que los objetivos se cumplan. No vuelva juntar las piezas coincidentes de una fractura, a menos que las superficies estén protegidas y se manipulen con extremo cuidado. Las superficies de fractura son frágiles y pueden dañarse fácilmente a nivel microscópico. El examen de una fractura puede ser difícil si se rearmen sin cuidado las piezas rotas, la protección es inadecuada durante el envío y no existe una protección adecuada contra la corrosión de la superficie de fractura, incluida la protección de los productos humectantes para la piel al manipular las piezas. Obtención de las piezas defectuosas y protección contra daños

Los métodos apropiados para obtener las piezas defectuosas se describen en la sección "Desarmado para efectuar un análisis de fallas". Las piezas defectuosas deben quitarse y manipularse con cuidado para evitar daños adicionales en las piezas. Una vez que se hayan quitado las piezas, estas son muy propensas a sufrir daños por impactos casuales y corrosión en las superficies de fractura. Envolver las superficies de fractura con paños o toallas y recubrirlas con inhibidores de corrosión, como aceite del motor o grasa son buenas maneras de prevenir daños adicionales. Se debe tener cuidado si las piezas se enviarán a otra ubicación para su análisis. Prepare las piezas para el transporte a fin de evitar daños por impacto o corrosión en las superficies de fractura. Si las piezas se deben dividir antes de moverlas o transportarlas, tenga cuidado para no hacer nada que modifique las características del material en el área de la fractura. Por ejemplo, cortar con un soplete muy cerca de una fractura puede recalentar el metal y cambiar las propiedades, haciendo que el análisis de fallas sea más difícil.

Limpieza de las piezas cuidadosamente

Es fácil dañar una superficie de fractura si se utilizan métodos de limpieza demasiado agresivos, cuando se hayan limpiado las superficies de fractura con un disolvente, tenga cuidado para no dañar las superficies al secarlas. Para obtener información adicional, consulte la sección sobre "limpieza", en la sección de métodos de inspección visual.

Determinación del tipo de fractura presente

Una vez que se haya limpiado la superficie de fractura de aceite, grasa, suciedad suelta y partículas de residuos, la superficie puede inspeccionarse para determinar el tipo de fractura, consulte las secciones sobre fractura quebradiza, dúctil y por fatiga para ayudar en la identificación del tipo de fractura.

Identificación del lugar de iniciación de la fractura

Una vez que se haya identificado el tipo de fractura, se debe determinar exactamente dónde se inició la fractura. Muchas de las señales que se utilizan para identificar el tipo de fractura, también se pueden utilizar para encontrar el lugar de iniciación de la fractura. A continuación, se indican algunos principios adicionales que pueden ayudar a localizar el lugar de iniciación de la fractura.

De uniforme a irregular

Las superficies de fractura son más uniformes cerca del lugar de iniciación de la fractura porque la fisura se desplaza más lentamente en esa área. A medida que las fisuras se alejan del lugar de iniciación de la fractura, se mueven más rápidamente y crean superficies de fractura más irregulares. Este concepto de "uniforme a irregular" se aplica independientemente de si la fractura es quebradiza, dúctil o por fatiga. El cambio de más uniforme a más irregular puede no ser dramático, pero el cambio es detectable con una inspección minuciosa.

Examen del lugar de iniciación de la fractura para identificar concentradores de esfuerzos normales o anormales. La identificación de concentradores de esfuerzos normales o anormales en el lugar de iniciación de una fractura ayudará a determinar si la fractura se debió a una imperfección del material o de la fabricación, a una sobrecarga en servicio, a daños durante el servicio, etc. Verificación de que el tipo de carga en la pieza corresponda al tipo de fractura identificada

El paso final en el análisis de piezas fracturadas es asegurarse de que el tipo de carga que la pieza fracturada experimenta en servicio concuerda con el tipo de

fractura identificado. Como recordatorio, a continuación se presenta información sobre tipos de carga y fracturas.

Cargas de impacto

Estas son grandes cargas aplicadas rápidamente y son responsables de una fractura frágil de piezas.

Sobrecargas

Estas son grandes cargas aplicadas rápidamente, pero no tan rápido como las cargas de impacto. Debido a que la carga se aplica más lentamente, las piezas tienen tiempo de deformarse plásticamente retorciéndose, estirándose, doblándose o reduciendo el grosor por tensión antes de fracturarse. Las sobrecargas a menudo producen una fractura dúctil de piezas. Sin embargo, una sobrecarga también puede fisurar la superficie de una pieza sin causar que la pieza falle. Esta sobrecarga genera un concentrador de esfuerzos anormales a partir del cual puede generarse una fisura de fatiga. Las sobrecargas también pueden producir una fractura frágil si el material de la pieza es frágil, como de aluminio fundido o fundición gris.

Cargas cíclicas

Estas son cargas repetidas en una pieza durante el servicio y son mucho más bajas que las cargas de impacto o las sobrecargas. La naturaleza repetitiva de las cargas cíclicas daña el material en una pieza gradualmente hasta se inicia una fractura por fatiga y avanza hasta generar la falla de la pieza. Las cargas cíclicas consideradas normales para la aplicación también pueden iniciar una fractura por fatiga de un concentrador de esfuerzos anormales.

Si la carga cíclica es grande o si la frecuencia de carga es alta, pueden iniciarse fisuras causadas por fatiga y aumentar hasta generar la falla de la pieza en un período relativamente corto.

Con la ayuda del paquete estadístico IBM SPSS 22, efectuaremos un análisis estadístico, de la muestra de resultados de desgaste y presencia de limaduras de hierro en el aceite lubricante del motor, determinaremos sus estadígrafos de dispersión y estadígrafos de concentración, así como su correlación y el análisis de confianza de los resultados de la muestra, de acuerdo a los siguientes detalles:

Las variables definidas, para el análisis serán:

4.4. Determinar la viabilidad económica – financiera de la mejora del análisis de fallas en la familia de motores .Acer Caterpillar.

El procedimiento, que se llevara a cabo, será el siguiente: Primero se determinara el monto necesario para la implementación del taller de mantenimiento en lo que se refiere a pruebas especiales – caso del análisis de aceites y otros, así como la capacitación al personal y la infraestructura necesaria para su realización Segundo, se calculara todos los ahorros logrados por la implementación de esta estrategia de mantenimiento, donde los ahorros serán considerados como ingresos en el flujo de caja, respectivo

Tercero, se elaborara el respectivo flujo de caja, para los cual se considerara una vida útil del proyecto de 5 años (periodo donde se produce la obsolescencia tecnológica), tasa de descuento de acuerdo al criterio del costo ponderado de capital, interés libre de todo riesgo, determinado por la tasa de interés, que paga los Bonos del tesoro de la reserva federal de los Estados unidos de Norteamérica, la tasa riesgo país de acuerdo a los indicadores de la agencias internacionales de calificación de riesgo, y la tasa de interés del tipo de negocio y del sujeto de crédito

En cuanto a la inversión inicial, debemos de trabajar con el siguiente cuadro:

Tabla 6: Equipos que se adquirirán para dicho proyecto

| Ítem | Descripción | Monto S/ |
|--------------|---------------------------------------|----------|
| 01 | Viscosímetro automático | 16,000 |
| 02 | Espuma en aceites lubricantes | 15,000 |
| 03 | Determinación de punto de inflamación | 13,000 |
| 04 | Separación del agua y del aceite | 11,000 |
| 05 | Instrumento de punto de fluidez | 18,000 |
| 06 | Espectrofotómetro infra rojo | 35,000 |
| Total | | 108,000 |

.Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los niveles de Utilidad: (Ahorros y mayor disponibilidad lograda por el mejor nivel de mantenimiento.

Tabla 7: Ahorros por el mejor nivel de mantenimiento.

| Mes | Monto |
|-----------|--------|
| Enero | 7,000 |
| Febrero | 8,000 |
| Marzo | 7,000 |
| Abril | 7,000 |
| Mayo | 6,000 |
| Junio | 7,000 |
| Julio | 6,000 |
| Agosto | 7,000 |
| Setiembre | 6,000 |
| Octubre | 6,000 |
| Noviembre | 7,000 |
| Diciembre | 6,000 |
| TOTAL | 80,000 |

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del costo promedio ponderado de capital, que por simplicidad la utilizaremos como tasa de descuento de los flujos económicos y financieros

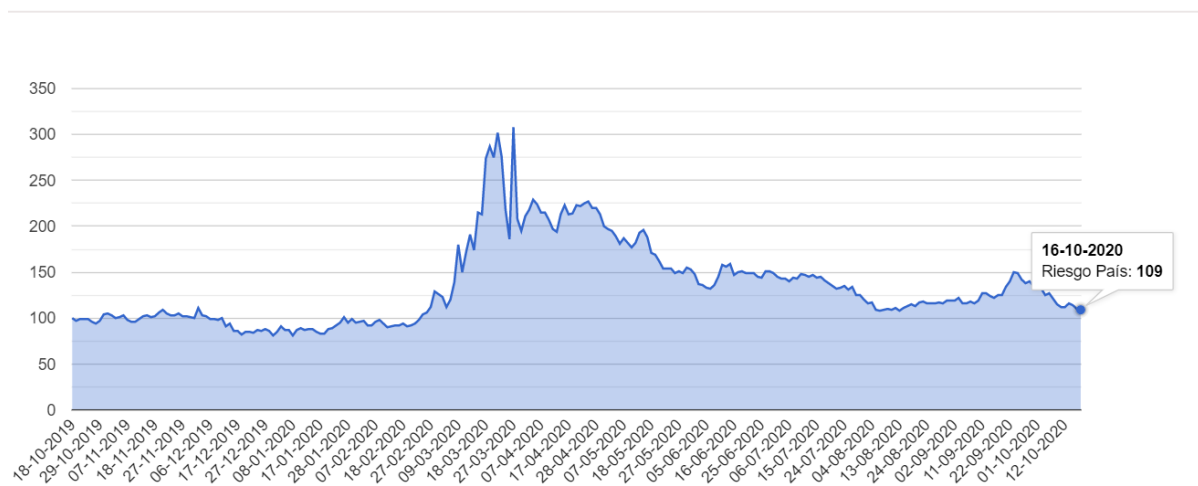


Figura 14 Prima riesgo País

Tabla 8: Tasas de rendimiento de los bonos del tesoro USA

| Fecha | 1 mes | 2 meses | 3 meses | 6 meses | 1 año | 2 años | 3 años | 7 años | 10 años | 20 años | 30 años |
|-----------|-------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1/02/2020 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 |
| 1/03/2020 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 | 1.52 |
| 1/04/2020 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 |
| 1/05/2020 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 |
| 1/06/2020 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 |
| 1/07/2020 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 |
| 1/08/2020 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 |
| 1/09/2020 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 |
| 1/10/2020 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 |
| 1/11/2020 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 |
| 1/12/2020 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 |
| 1/01/2021 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 | 1.58 |
| 1/02/2021 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 |
| 1/03/2021 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 |
| 1/04/2021 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| 1/05/2021 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| 1/06/2021 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 |
| 1/07/2021 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.61 |

Fuente. Elaboración propia

Esto nos determina el siguiente flujo de caja:

Tabla 9. Flujo de caja

| ITEM/AÑO | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| VENTAS | S/. 100,000.00 | S/. 105,000.00 | S/. 110,250.00 | S/. 115,762.50 | S/. 121,550.63 | S/. 127,628.16 | S/. 134,009.56 | S/. 140,710.04 | S/. 147,745.54 | S/. 155,132.82 |
| OTROS INGRESOS | S/. 10,000.00 | S/. 10,500.00 | S/. 11,025.00 | S/. 11,576.25 | S/. 12,155.06 | S/. 12,762.82 | S/. 13,400.96 | S/. 14,071.00 | S/. 14,774.55 | S/. 15,513.28 |
| TOTAL INGRESOS | S/. 110,000.00 | S/. 115,500.00 | S/. 121,275.00 | S/. 127,338.75 | S/. 133,705.69 | S/. 140,390.97 | S/. 147,410.52 | S/. 154,781.05 | S/. 162,520.10 | S/. 170,646.10 |
| MATERIA PRIMA | S/. 35,000.00 | S/. 36,750.00 | S/. 38,587.50 | S/. 40,516.88 | S/. 42,542.72 | S/. 44,669.85 | S/. 46,903.35 | S/. 49,248.51 | S/. 51,710.94 | S/. 54,296.49 |
| MATERIALES | S/. 7,650.00 | S/. 8,032.50 | S/. 8,434.13 | S/. 8,855.83 | S/. 9,298.62 | S/. 9,763.55 | S/. 10,251.73 | S/. 10,764.32 | S/. 11,302.53 | S/. 11,867.66 |
| MANO OBRA | S/. 11,500.00 | S/. 12,075.00 | S/. 12,678.75 | S/. 13,312.69 | S/. 13,978.32 | S/. 14,677.24 | S/. 15,411.10 | S/. 16,181.65 | S/. 16,990.74 | S/. 17,840.27 |
| IMPUESTO | S/. 11,200.00 | S/. 11,760.00 | S/. 12,348.00 | S/. 12,965.40 | S/. 13,613.67 | S/. 14,294.35 | S/. 15,009.07 | S/. 15,759.52 | S/. 16,547.50 | S/. 17,374.88 |
| TOTAL DE EGRESOS | S/. 44,650.00 | S/. 46,882.50 | S/. 49,226.63 | S/. 51,687.96 | S/. 54,272.35 | S/. 56,985.97 | S/. 59,835.27 | S/. 62,827.03 | S/. 65,968.39 | S/. 69,266.80 |
| UTILIDAD | S/. 44,650.00 | S/. 46,882.50 | S/. 49,226.63 | S/. 51,687.96 | S/. 54,272.35 | S/. 56,985.97 | S/. 59,835.27 | S/. 62,827.03 | S/. 65,968.39 | S/. 69,266.80 |
| -345000 | S/. 44,650.00 | S/. 46,882.50 | S/. 49,226.63 | S/. 51,687.96 | S/. 54,272.35 | S/. 56,985.97 | S/. 59,835.27 | S/. 62,827.03 | S/. 65,968.39 | S/. 69,266.80 |

Fuente. Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Durante la realización del presente trabajo, se ha analizado los diversos componentes de los modernos motores de combustión interna, tales como los elementos que contienen y limitan a la cámara de combustión, tal como los pistones (con sus anillos de presión y de compresión), las bielas, que transforman el movimiento alternativo en movimiento giratorio circular, con sus metales de biela y de bancada, así como el elemento macizo del cigüeñal, que es el que permite la transmisión de potencia al eje de transmisión, previo enganche con la volante, a través de la caja de cambios, se analiza también los modernos sistemas de riel común de combustible, sistema electrónico, que reemplaza al tradicional sistema de bomba de inyección, utilizado por este tipo de máquina por más de 100 años, además de elementos complementarios tales como el sistema de refrigeración, sistema eléctrico y electrónico, que contienen no una, sino varias computadoras de control y optimización.

Otro aspecto importante es el mantenimiento preventivo, con la metodología del análisis de limallas metálicas en el aceite, Para la realización de los respectivos análisis Metalográficos en aceites de motor, utilizaremos los equipos de avanzada tecnología de la Sucursal de la Empresa Ferreyros en la Región Lambayeque, sita en la Autopista Chiclayo – Lambayeque Km 779, Distrito de Lambayeque, Provincia de Lambayeque, Región Lambayeque, En cuanto a los resultados obtenidos, debemos de mencionar primero, como referencia los tipos de aceites lubricantes con los cuales trabajaremos, en donde se muestra la relación existente entre la clasificación SAE y la clasificación Segundos Saybolt Universal, en función de la temperatura y sus rangos Máximos y Mínimos de variación.

Las personas que usan esta información probablemente estarán muy involucradas en la fase de detección de hechos del análisis de fallas. Los hechos pueden reunirse no solo de las piezas defectuosas, sino también de la información de aplicación, operación y mantenimiento. Actualmente, cualquier cosa que haya afectado la pieza desde la fabricación hasta el momento en que la pieza falló puede proporcionar hechos al analista de fallas. Por lo general, cuantos más hechos puedan recopilarse, mejores serán los resultados del análisis de fallas.

VI. CONCLUSIONES

- En relación al primer objetivo, se llega a la conclusión, que los principales, medidas para el diagnóstico de fallas, serán. Evaluación, Diagnostico Electrónico de los sistemas de un motor Diésel (Admisión, Turbo alimentación, Inyección, Combustión, Cigüeñal, Pistones, Carter, Alternador, Aire Acondicionado, Radiador etc. Evaluación, Diagnostico Electrónico del Sistema de Dirección – Trasmisión, Sistema de Suspensión.
- En relación al segundo objetivo: después de un análisis, se llega a la conclusión, que así mismo las concentraciones máximas de impurezas (Limallas metálicas, Sólidos en suspensión), que provienen desde distintas fuentes, Metálicas como el Hierro de las paredes de los cilindros, pistones, cigüeñal, bielas etc, Cobre de los anillos, tuberías de aceite, bujes, radiadores, intercambiadores de calor, Plomo de restos del combustible, Aluminio de partes móviles como pistones y que expresan fallas en su lubricación, Sodio debido a filtraciones de refrigerante y que no pueden exceder determinadas concentraciones por peligro de emulsión del aceite, silicio que denota la presencia de arena y por lo tanto falla en los respectivos filtros de aire y finalmente boro que demuestra reacción química en el aceite lubricante.
- Al tercer objetivo:, de acerca cuales son las causas, de las principales fallas, debemos de mencionar que, con la ayuda del paquete estadístico IBM SPSS 22, efectuaremos una análisis estadístico, de la muestra de resultados de desgaste y presencia de limaduras de fierro en el aceite lubricante del motor, determinaremos sus estadígrafos de dispersión y estadígrafos de concentración, así como su correlación y el análisis de confianza de los resultados de la muestra, de acuerdo a los detalles
- En cuanto al cuarto objetivo, luego de elaborar el flujo de caja a precios privados, con los periodos de vida, determinada por la vida útil de los equipos, y la tasa de descuento de acuerdo a su costo de oportunidad del capital, se efectúan los respectivos flujos de caja proyectados y se determinan un VAN (Valor Actual Neto), del orden de los 392,969 y una TIR.

VII.RECOMENDACIONES

Este trabajo debe ser complementado, con posteriores estudios de trabajos de mantenimiento programada en los componentes electrónicos del motor, en especial los sensores, actuadores, circuitos integrados, ecus, entre otros elementos, para completar el análisis de mantenimiento de los motores modernos analizados en el presente trabajo de investigación

REFERENCIAS

- ADRIANO, Carlos. 2016. *“Desarrollo de un modelo de análisis de fallas, jerarquización de activos críticos y riesgos para el mejoramiento de la eficiencia en la gestión del mantenimiento de la estación de bombeo amazonas de ocp ecuador”*. Riobamba – ecuador. : ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2016.
- ALIAKBARI, IMANPARAST y MOSOUDI. 2018. *Microstructure and fatigue fracture mechanism for a heavy-duty truck diesel engine crankshaft*. Iran : Sharif University of Technology Scientia Iranica, 2018. 10.24200/sci.2018.50964.1939.
- ALTEMIRANO , Yosan y ZAVALA, Maximo. 2016. *PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA NAYLAMP – CHICLAYO*. Pimental - chiclayo. : UNIVERCIDAD SEÑOR DE SIPAN, 2016.
- ARANDA, Mauro y REVERTE, juan pablo. 2017. *sistema de admision y escape*. La Plata - Buenos Aires - Argentina : Universida Tecnologica Nacional., 2017. <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/2714/Sistemas%20de%20admissi%c3%b3n%20y%20escape.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ARIAS , cesar, PEREA, jairo y BELTRAN, ivan. 2018. *Analisis de corrosion de valvulas de admision y escape y un motor diesel*. Bogota D.C. : FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES, 2018. https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1858/perea_jairo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- ASTUDILLO, Alexiss. 2016. *ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL DESGASTE DEL MOTOR DIESEL POR MEDIO DEL ACEITE*. Quito – Ecuador. : UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, 2016.

- BARNABAS .Godwin, SARATHKUMAR. N, ASWINKUMAR. N. 2012. Failure Rate Analysis of IC Engine Components. s.l. : International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 2012. Vol. 2, 5. 2249-6645.
- BUESTAN , Chistian y JARAMA , Carlos. . 2016. *Diagnóstico de fallas en el sistema de lubricación de un motor de combustión interna a gasolina interna a gasolina Hyundai accent dohc 1.5L mediante análisis de vibración*. cuenca : Universidad politécnica salesiana., 2016.
- CASTILLEJO, Alejandro. 2014. *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. sevilla : Escuela Técnica Superior de Ingeniería universidad de sevilla., 2014. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>.
- CFT finning. SCRIBD. *DIAGNÓSTICO DEL MOTOR*. [En línea] [Citado el: 3 de junio de 2020.] <https://es.scribd.com/document/290919654/Libro-Diagnostico-Del-Motor-Caterpillar>.
- CHURA, Freddy . 2019. *Optimización del consumo de aceite y mayor disponibilidad en camiones de acarreo de mineral con análisis de aceite en la unidad económica de cobre en la región Moquegua*. Arequipa. : UNIVERCIDA CONTINENTAL., 2019.
- comunicaciones S.A.S. [En línea] [Citado el: 2 de junio de 2020.] <https://es.scribd.com/presentation/317641109/Eng-002-Mediciones-Con-El-Multimetro>.
- CORDOBA, martha y MONSALVE, carolina. *TIPOS DE INVESTIGACIÓN*.
- CORREA, Santiago, PUERTA , Antonio y RESTREPO, Bernardo. 2002. *Investigación evaluativa*. bogota colombia. : INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO, 2002. 958-9329-09-8.
- Ferreyros CAT. 2018. sis.cat. [En línea] 16 de octubre de 2018. [Citado el: 15 de mayo de 2020.] <https://sis.cat.com/sisweb/sisweb/homepage/homepage.jsp?mode=MainMenu>.

- FONTE, M, ANES, V y DUARTE, P. 2015. *Crankshaft failure analysis of a boxer diesel motor*. Lisboa, Portugal : Escola Superior Náutica (ENIDH), Portugal, 2015.
- GARCIA Eduardo. SCRIBD. [En línea] [Citado el: 2 de junio de 2020.] <https://es.scribd.com/presentation/317641109/Eng-002-Mediciones-Con-El-Multimetro>.
- GARCÍA, Cristian, MOLINA , José y SEGNINI, José. 2018. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN POR FALLAS EN UN MOTOR DIESEL UTILIZANDO TERMOGRAFÍA. s.l. : Universidad Politécnica Salesiana, 2018. 19.
- GRITSENCO, A, KUKOV, S y GLEMBA, K. 2016. *Theoretical Underpinning of Diagnosing the Cylinder Group during Motoring*. Rucia : South Ural state agrarian University., 2016. Vol. 150. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.233>.
- GURANOWSKA, merkisz y WALIGORKISKI, m. 2018. *Recognition and Separation Technique of Fault Sources in Of-Road*. s.l. : Journal of Vibration Engineering & Technologies, 2018.
- GUTIERREZ, Jorge. 2015. *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS 2015*. s.l. : GIDEMA S.A.C, 2015.
- JING, GUO XI, ZHANG, MENG XIAO y QU., SHEN. 2017. *Investigation into diesel engine cylinder head failure*. s.l. : China North Engine Research Institute., 2017. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.03.008>.
- JMIndustrial. DATA LOGGER (Registrador de datos). *google*. [En línea] [Citado el: 12 de junio de 2020.] http://www.jmi.com.mx/documento_literatura/DATALOGGER.pdf.
- LAKSHMINARAYANAN, P.A y AGARWAL, A,K. 2020. *Design and development of Heavy Duty Diesel Engines*. s.l. : instituto indio de Tecnología Kanpur, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-0970-4>.

- MALDONADO, V, Hernan y SUGUENZA, M, Luis. 2012. *"propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera dynasty mining del canton portovelo"*. cuenca ecuador : Univercidad politecnica salisiana., 2012.
- MATEUS, J., y otros. 2019. Failure mode analysis of a 1.9 turbo diesel engine crankshaft. *Engineering Failure Analysis*. lisboa. : a Instituto Superior de Engenharia de Lisboa,, 2019. Vol. 101.
- MECANICOSVIRTUALES. 2019. ET CATERPILLAR 2019C. [En línea] 1 de febrero. de 2019. [Citado el: 2 de junio. de 2020.] <https://mecanicosvirtuales.com/et-caterpillar-2019c/>.
- MEDINA ernesto. 2017. analisis de fallas mecanicas en turbos cargadores. venezuela. : Univercidad rafael belloso chacin., 2017. Vol. 7, 2. 1856-4194.
- MUHAMMAD, A. 2020. Cat® C15 ACERT™ Industrial Diesel EngineIndustrial. [En línea] 05 de January de 2020. [Citado el: 20 de mayo de 2020.] <https://es.scribd.com/document/441797213/C15-ACERT-18396631-004-pdf>. SS-8902540-18396631-00.
- NAIK, N, y otros. 2019. Failure analysis of governor in diesel engine using Shainin System™. *Engineering Failure Analysis*. INDIA : Manipal Institute of Technology, Manipal Academy of Higher Education, Manipal, India, 2019. Vol. 101.
- ORDUÑA, ronald y GOMEZ , favian. 2018. *Implementación del método de análisis,de falla de analisis de causa raiz a alancin y pastilla de freno*. Bogotá D.C., Colombia : Fundación Universitaria Los Libertadores, 2018.
- PAGAN, jose, VERA, francisco y HERNANDEZ, jose. 2018. *Marine diesel engine failure simulator based on thermodynamic model*. Cartagena, España. : Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, 2018. Vol. 144.
- REYES, Jhony . 2018. *"DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIÉSEL ELECTRÓNICOS, A BASE DE PRESIONES EN EL RIEL COMÚN (CRDI)"*. IBARRA - ECUADOR : UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2018.

- SANTIANA, Cristian. . 2018. “*DETECCIÓN DE FALLAS A TRAVÉS DEL MODELO FUZZY LOGIC O DECISIÓN POR UMBRALES EN SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE VEHÍCULOS CON COMUNICACIÓN CAN*”. Riobamba – ecuador : ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2018.
- SHRIVASTAVA, rahul y SINGH, alok. 2018. Research on Failure mode and effect analysis of Diesel Engine. india : International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2018. Vol. 05, 05. 2395-0056.
- THIBBLIN, Andres . 2019. *Thermal Barrier Coatings for Heavy-Duty Diesel Engines*. Stockholm, Sweden : deg Chalmers University of Technology, Sweden., 2019.
- VALLEJO, alberto. 2013. *SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL ELECTRÓNICO, PARA SERVICIO AUTOMOTRIZ PESADO*. guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0754_M.pdf.
- VENKATACHALAM, G y KUMARAVEL., A. 2019. Experimental Investigations on the Failure of Diesel Engine Piston. *ScienceDirect*. INDIA : Department of Mechanical Engineering, India, 2019. Vol. 16.
- VILLALOBOS, Osmer. 2019. *estimacion de la vida util del eje de accionamiento de una trituradora de impacto de eje horizontal a traves del analisis de falla por fatiga*. chicalayo : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, 2019. http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1769/1/TL_VillalobosQuispeOsmer.pdf.
- WEN JIANG, ZHIPENG ZHANG y AND XINYANG DENG. 2019. *Failure Mode and Effects Analysis Method Based on Fuzzy Evidential Reasoning Rules*. provincia de Shaanxi de China : Escuela de Electrónica e Información, Universidad Politécnica del Noroeste, 2019. Vol. 7.

- WITEKA, L y ZELEK, P. 2019. Stress and failure analysis of the connecting rod of diesel engine. *Engineering Failure Analysis*. POLONIA : Rzeszow University of Technology., 2019. Vol. 97.
- X. Deng, y otros. 2017. *Multi-objective optimization of cooling galleries inside pistons of a diesel engine*. Yunnan Province : Kunming University, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.12.125>.
- XIWEL, deng, JILIN, lei y JUN wen. 2017. *Multi-objective optimization of cooling galleries inside pistons of a diesel engine*. s.l. : Kunming University , 2017. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.12.125>.
- ZBIGNIEW S, TADEUSZ S y MALGORZATA S. 2018. Application of the microscopic and Mössbauer studies to the analysis of a marine diesel engine crankshaft. s.l. : Institute of Marine Engineering, Science & Technology, 2018. Vol. 17, 3. <https://doi.org/10.1080/20464177.2018.1492362>.
- ZHIXIONG, li, y otros. 2017. Computers and Electrical Engineering. *On-line indicated torque estimation for internal combustion*. china : School of Mechatronic Engineering, China University of Mining & Technolo, 2017.

| Variable | Definición conceptual. | Definición operacional. | Dimensiones. | Indicadores. | Observación. |
|---|---|--|--|--|---|
| Variable dependiente. Teoría de fallas de motor C 15 Acert Caterpillar | <p>Es el método de fallas que se presentan en el motor, donde tenemos el objetivo de dar solución, dando con la causa raíz de las fallas presentadas. Donde se dará una explicación clara y concisa al cliente de cómo se produjo la falla y que fue lo que la ocasionó. Con esta evaluación se llegara a la conclusión si pasa a reparación o cambio del componente.</p> | <p>Para identificar las fallas utilizamos los siguientes pasos. Definir el problema claro y conciso. Organizar la recolección de los hechos. Observar y anotar los datos. Pensar lógicamente los datos Identificar las causas más probables.</p> <p>Comunicarse con la parte responsable de la falla.</p> <p>Hacer las reparaciones siguiendo las instrucciones de la parte responsable.</p> | <p>Detección de fallas.</p> <p>Investigación.</p> <p>Eficiencia.</p> | <p>Tipos de fallas</p> <p>Causa de fallas.</p> | <p>Ejecutar con el proceso que corresponde, así no tener inconvenientes para lograr el objetivo que es encontrar la causa raíz de la falla presentada en el equipo.</p> |

Anexo 2. Ficha de recolección de datos

Encuesta de teoría de fallas de motor c15 Acer Caterpillar casuísticas de optimización del mantenimiento.

Encuestador: Moisés Correa Neira.

Nombre:

fecha:

Empresa:

Indicar experiencia:

A continuación usted encuentra una serie de preguntas relacionada a la teoría de fallas de motor C15 Acer Caterpillar.

Responda las siguientes preguntas con un puntaje del **1** a **10**: (1 si es Nulo y 10 si es excelente)

| | | puntaje | % |
|----|--|---------|---|
| 01 | Tiene Ud. Conocimiento en evaluaciones de motores Caterpillar | | |
| 02 | Tiene experiencia en el uso de ET Caterpillar. | | |
| 03 | Tiene experiencia en fallas electrónicas en los motores Caterpillar C15 Acer. | | |
| 04 | Ud. Trabaja con análisis de aceite para determinar fallas. | | |
| 05 | Cuenta con experiencia para determinar la falla en un componente fracturado. | | |
| 06 | Da solución a las fallas en el tiempo necesario. | | |
| 07 | Cuenta con laboratorio para hacer una evaluación visual en un componente. | | |
| 08 | Acostumbra a recopilar toda la información cuando ocurre una falla en el equipo. | | |
| 09 | Aplica los 8 pasos para hacer un análisis correcto como manda fabricante. | | |
| 10 | Ud. Aplica un AFA para determinar la causa raíz de una falla. | | |
| 11 | Cuenta Ud. con personal capacitado para todo tipo de fallas en su empresa. | | |
| 12 | Realiza un seguimiento al equipo después de la reparación. | | |

Anexo 3. Datos estadísticos

| | Nombre | Tipo | Anchura | Decimales | Etiqueta | Valores | Perdidos | Columnas | Alineación | Medida | Rol |
|---|----------|----------|---------|-----------|--------------------|---------|----------|----------|------------|-------------|---------|
| 1 | HORAS | Númérico | 8 | 0 | Horas | Ninguna | Ninguna | 8 | Derecha | Desconocido | Entrada |
| 2 | DESGASTE | Númérico | 8 | 2 | Desgaste en Micras | Ninguna | Ninguna | 8 | Derecha | Desconocido | Entrada |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |

Figura 15 Variables definidas para el análisis

Y los valores muestrales correspondientes serian:

| | HORAS | DESGASTE | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var | var |
|----|-------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1000 | 50.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1250 | 75.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1500 | 102.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1750 | 125.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2000 | 151.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2250 | 174.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 2500 | 201.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 2750 | 225.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 3000 | 253.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3250 | 274.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 3500 | 301.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 3750 | 324.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 4000 | 350.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 4250 | 375.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 4500 | 401.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 4750 | 426.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 5000 | 452.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 5250 | 476.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 5500 | 501.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 5750 | 526.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 6000 | 551.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 6250 | 576.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 6500 | 600.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 6750 | 626.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 7000 | 652.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 16 Valores muestrales a ser utilizados

En cuanto a los estadísticos de concentración y dispersión tendremos que;

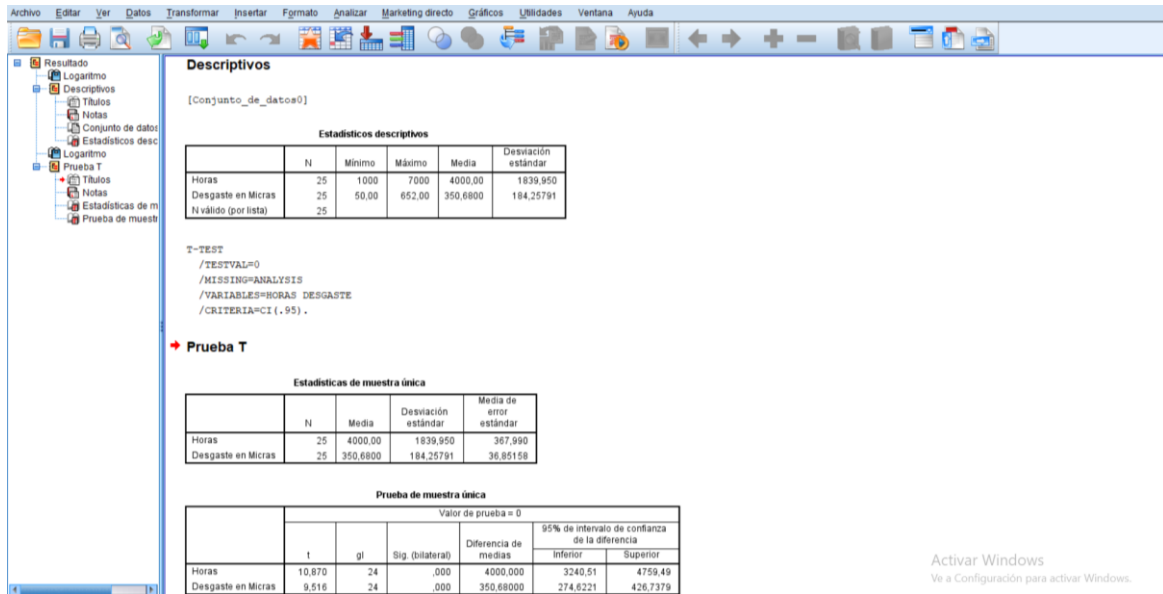


Figura 17 Descriptivos y prueba T

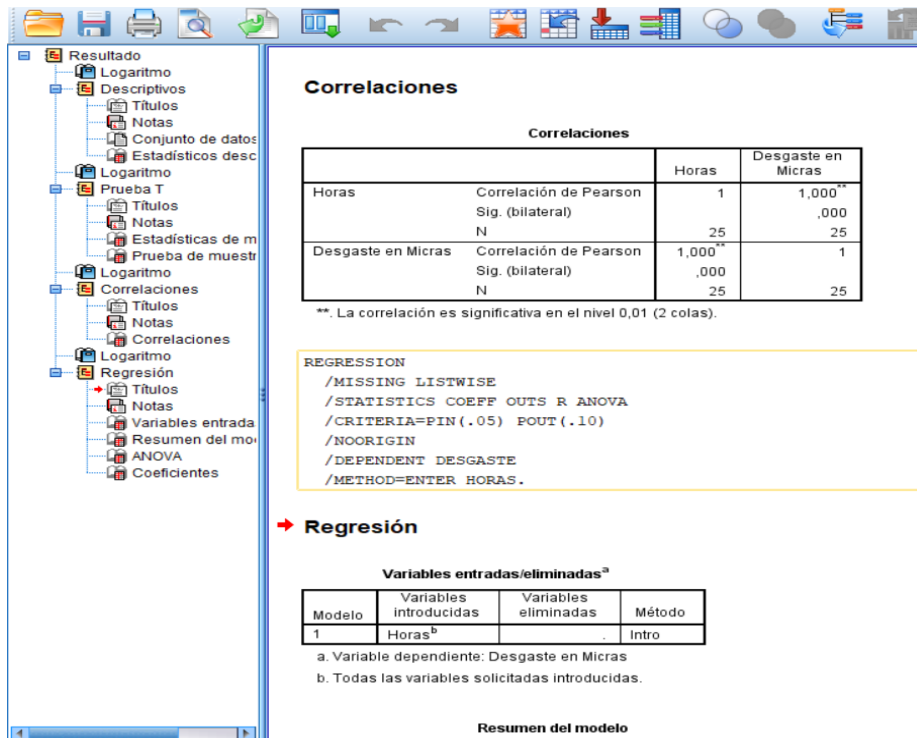


Figura 18 Correlaciones y regresión

Y en cuanto a las series ANOVA (Análisis de la varianza)

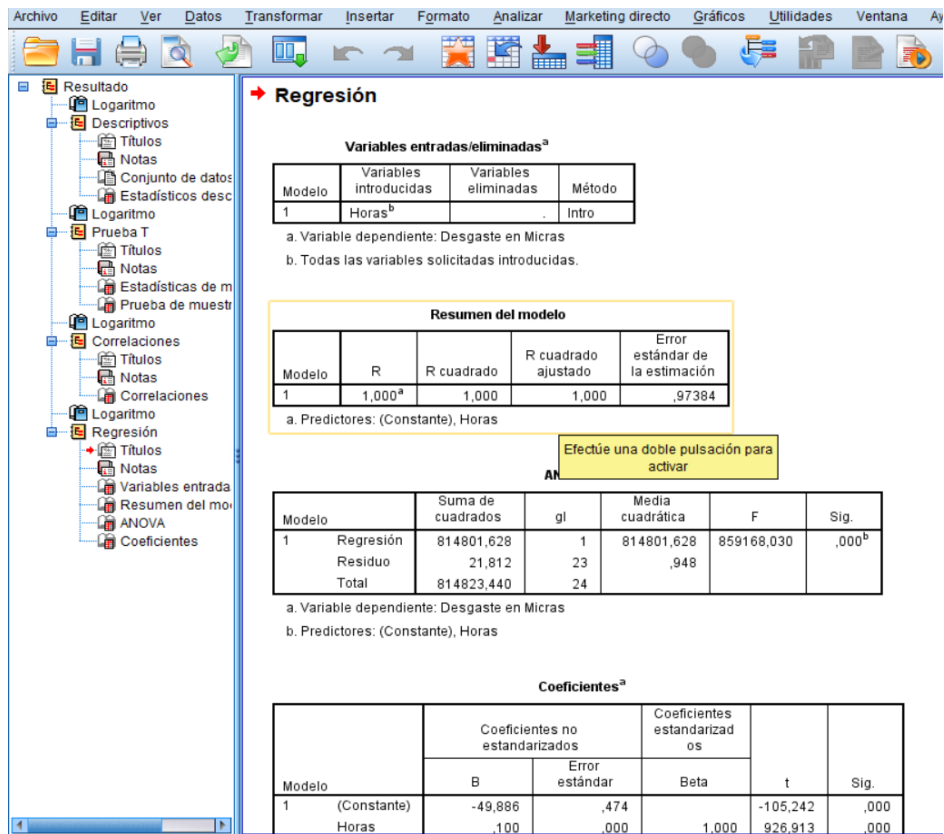


Figura 19 Regresión ANOVA

Anexo 4. Especificaciones.

Tabla 10. Potencia nominal

| Potencia nominal | | |
|------------------|-------|-------|
| potencia mínima | 328KW | 440HP |
| potencia máxima | 444KW | 595HP |

Tabla 11. Normas de emisiones

| Normas de emisiones | |
|---------------------|--|
| emisiones | China nonroad III, EE.UU.EPA tier 3 equivalente, EU stge III3 equivalente. |

Tabla 12. Especificaciones generales

| General | |
|---------------------------------------|---|
| configuración del motor | 6 cilindro, diésel de 4 tiempos de ciclo. |
| Carrera | 171.4mm (6.75in) |
| Aspiración | turbo pos enfriado (TA) |
| desplazamiento | 15.2L (927.56 in ²) |
| índice de compresión | 18.0 : 1 |
| sistema de combustión | Inyección directa. |
| rotación desde el extremo del volante | En sentido anti-horario. |

Tabla 13. Dimensiones del motor: aproximadas

| dimensiones del motor: aproximadas | |
|---|-------------------|
| Altura | 1226 mm (48.3 in) |
| Longitud | 1377 mm (54.2 in) |
| peso: seco neto: motor de funcionamiento básico sin accesorios opcionales | 1469kg (3239lb) |
| Ancho | 926 mm (36.5 in) |