



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD Y SU IMPACTO EN COSTOS POR PARADAS NO PROGRAMADAS DE LOS CAMIONES CISTERNA EN UNA UNIDAD MINERA DE LA LIBERTAD, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Carlos Enrique Acuña Martínez

Bach. John Paul Carbajal Alcantara

Asesor:

Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente a mi familia, por ser la inspiración en cada uno de mis días, aquella fuerza que necesito para lograr mis sueños y objetivos más deseados. También quiero extender esta dedicatoria a la memoria de mi abuela, quien en vida fue pilar fundamental y un ejemplo a seguir.

Carlos Enrique Acuña Martínez

Dedico esta presente tesis a mi esposa, aquella mujer maravillosa con quien tengo la oportunidad de compartir increíbles momentos junto con mis dos hermosos hijos. También deseo dedicar este trabajo a mis padres por sus grandes consejos y su amor incondicional para mí.

John Paul Carbajal Alcántara

AGRADECIMIENTO

Todo este tiempo en la universidad me ha enseñado que la vida está llena de retos constantes, algunos sacrificios y barreras que he logrado superar para poder alcanzar mis objetivos, es por ello que agradezco a mis profesores por transmitirme su conocimiento en cada una de las materias correspondientes y al apoyo de mi amigo John Carbajal con quien siempre es un placer y un aprendizaje el poder desarrollar trabajos.

Carlos Enrique Acuña Martínez

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de lograr superar cada prueba de la vida universitaria, a cada uno de los ingenieros y profesionales que me compartieron sus experiencias en los salones de clase y a mi amigo Enrique Acuña con quien siempre es un honor discutir y debatir de temas expuestos dentro y fuera de la universidad.

John Pul Carbajal Alcántara

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	24
1.3. Objetivos	24
1.3.1. Objetivo general.....	24
1.3.2. Objetivos específicos	24
1.4. Hipótesis.....	24
1.4.1. Hipótesis general.....	24
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	27
2.1. Tipo de investigación	27
2.2. Población y muestra	28
2.2.1. Población.....	28
2.2.2. Muestra.....	28
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	29

2.4.	Procedimiento.....	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS		33
3.1.	Diagnóstico actual del área de mantenimiento.....	33
3.2.	Determinar el estado actual de los camiones	35
3.2.1.	Análisis de las fallas y reparaciones	39
3.2.2.	Análisis de los costos por paradas no programadas.....	45
3.3.	Aplicación de la metodología RCM.....	49
3.3.1.	Identificación y elección de componentes críticos	49
3.3.2.	Elaboración de modos y efectos de falla	53
3.3.3.	Evaluación del número de prioridad de riesgo (NPR)	57
3.3.4.	Programación del mantenimiento	59
3.4.	Análisis de la influencia de un mantenimiento centrado en confiabilidad.....	61
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		66
4.1	Discusión.....	66
4.2	Conclusiones	68
REFERENCIAS		71
ANEXOS		74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	26
Tabla 2. Tipo de investigación.....	27
Tabla 3. Diseño de la investigación	27
Tabla 4. Muestra de estudio	28
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	29
Tabla 6. Análisis de datos	29
Tabla 7. Criterios éticos.....	32
Tabla 8. Factores de estudio para el análisis del área de mantenimiento	33
Tabla 9. Resultado de ponderaciones	50
Tabla 10. Hoja de información	53
Tabla 11. Hoja de decisión	55
Tabla 12. Tarea propuesta.....	56
Tabla 13. Resultados del Número de prioridad de riesgo.....	57
Tabla 14. Programa de mantenimiento Preventivo Volvo FMX 370 (i)	59
Tabla 15. Programa de mantenimiento Preventivo Volvo FMX 370 (ii)	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. N° de averías de la flota, año 2018.	15
Figura 2. Evolución del costo del mantenimiento, año 2018.	15
Figura 3. Componentes del costo total de mantenimiento correctivo.	23
Figura 4. Diagrama de dispersión de fallas vs costos.....	28
Figura 5. Procedimiento de investigación.	31
Figura 6. Radar de factores del area de mantenimiento.	34
Figura 7. Línea de tiempo de paradas para FG-956	36
Figura 8. Línea de tiempo de paradas para VB-056.....	37
Figura 9. Línea de tiempo de paradas para PJ-417.....	38
Figura 10. Histograma del N° de fallas de los camiones cisterna.	39
Figura 11. MTBF de los camiones cisterna.....	40
Figura 12. Histograma del tiempo en reparación de los camiones cisterna.	41
Figura 13. MTTR de los camiones cisterna.	42
Figura 14. Disponibilidad inherente.	43
Figura 15. Índice de confiabilidad.....	43
Figura 16. Índice de mantenibilidad.....	44
Figura 17. Costos de intervención.	46
Figura 18. Costos de falla.....	47
Figura 19. Costo total de parada no programada.....	48
Figura 20. Matriz de criticidad.	51
Figura 21. Priorización de componentes críticos.	52
Figura 22. Árbol lógico de decisiones RCM.....	54
Figura 23. Resultados NPR.	58
Figura 24. Comparación de los Costos de intervención 2018 y 2019.....	61

Figura 25. Variación del costo de intervención.....	62
Figura 26. Comparación de los costos de falla 2018 y 2019.....	63
Figura 27. Comparación de retrasos y detención de la unidad año 2018 y 2019.....	64
Figura 28. Variación del costo de falla.....	64
Figura 29. Comparación de costos total correctivo año 2018 y 2019	65

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	21
Ecuación 2. Tiempo medio de reparaciones (MTTR).....	21
Ecuación 3. Disponibilidad inherente.....	21
Ecuación 4. Confiabilidad	22
Ecuación 5. Mantenibilidad.....	22

RESUMEN

La presente investigación titulada “Mantenimiento centrado en confiabilidad y su impacto en costos por paradas no programadas de los camiones cisterna en una unidad minera” tiene como objetivo principal determinar en qué medida un mantenimiento centrado en confiabilidad impacta en los costos producidos por paradas no programadas, para lo cual se empleó una metodología de investigación de tipo aplicada con un diseño pre-experimental, teniendo una muestra de tres unidades, determinadas bajo criterios de mayor costos y cantidad de fallas. En el cual se hace uso del análisis documental y observación directa como métodos de recolección de datos; permitiendo así, obtener como resultado un diagnóstico y análisis en el área de mantenimiento, realidad actual de las unidades en estudio, la elaboración de una metodología RCM y una evaluación comparativa de los costos del año 2019 con respecto al año 2018, donde se concluyó el impacto positivo con una variación de 5.22% equivalente a US\$ 4, 656.53

Palabras clave: Mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM, Costos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy en día es imprescindible que los activos de cualquier empresa, organización o institución sean fiables para poder competir en un mercado cada vez más competitivo y hostil, donde los costos, son la variable en muchas ocasiones, más importantes para el éxito de la empresa. (“La Fiabilidad: La R De La RAMS”, 2020).

Es por ello que el mantenimiento es una de las principales partidas que se consideran en el presupuesto de cualquier proyecto minero a gran escala en el que se utilice transporte automotor y arranque mecánico. (Guerra & Montes de Oca, 2019). La búsqueda de menos tiempo improductivo de los equipos, menor costo de sobretiempos del personal de mantenimiento, menores reparaciones de gran escala y fallas repetitivas, menor costo por unidad de producción, así como el deseo de incrementar la productividad, vida útil y seguridad de los operarios, son algunos de los enunciados por los que es importante realizar y programar mantenimiento a los camiones y volquetes que trabajan en mina. (“Camiones y volquetes”, 2020, p.104-105). En este contexto la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) busca la mezcla óptima de las prácticas de mantenimiento reactivo, tiempo o basado en el intervalo, basado en la condición y proactivo. Estas estrategias de mantenimiento, en lugar de ser aplicadas de manera independiente, se integran para aprovechar sus respectivas fortalezas para maximizar la fiabilidad de instalaciones y equipos, minimizando los costos. (Martínez, 2019).

La experiencia en diferentes industrias conocidas por la criticidad de su mantenimiento como la aeroespacial, ferroviaria, nuclear o oil&gas, han reportado, gracias a la implantación de la metodología RCM, reducciones de costes en las actividades de

mantenimiento, mejorando en la mayoría de veces, la fiabilidad de sus operaciones y por tanto la disponibilidad global del sistema. En mayor y en menor escala la metodología RCM puede aplicarse a cualquier instalación o activo productivo con el mismo objetivo reportado por dichas empresas: reducir costos y mejorar los indicadores productivos del activo. (“Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad: el RCM”, 2020).

En el Perú las empresas mineras dependiendo de la magnitud de la producción, invierten en mantenimiento aproximadamente entre un 12% y 15% de la inversión total según Maykol Valdez, Gerente de Ventas de Metso. Al respecto, el costo de inversión para el mantenimiento se incrementa cada año debido a que las minas buscan elevar su producción, lo que implica mayor exigencia de los equipos, o la adquisición de nuevas máquinas, lo cual demanda una mayor integración estratégica entre el área de Producción y Mantenimiento. Ante ello se realiza el mantenimiento de manera predictiva a fin de pronosticar fallas futuras en los equipos e intervenirlos adecuadamente en paradas programadas y no de manera intempestiva. (“mantenimiento y repuestos para maquinarias”, 2020, p.176-177).

Para aquellos que manejan camiones de servicio mediano y pesado, la inteligencia y la comunicación continúan evolucionando. Según Civitts de PacLease los camiones más nuevos tienen diagnósticos remotos que pueden proporcionar información a una flota o instalación de mantenimiento, acelerando el proceso de reparación. En cuanto al futuro, vemos que el mantenimiento preventivo pasa al mantenimiento predictivo. Con todos los datos recopilados en camiones, no estamos lejos de que llegue el día en que el mantenimiento se lleve a cabo basado en experiencias y datos del mundo real, en lugar de con un programa de servicio estático. De igual manera Sieja de Serco

Business nos indica que el mayor despliegue de dispositivos telemáticos que proporcionan datos en tiempo real sobre el rendimiento del vehículo y del operador ha llevado a los proveedores de mantenimiento a centrarse cada vez más en el análisis de datos. Históricamente, el uso del análisis de tendencias de fallas para ajustar los procedimientos de mantenimiento preventivo era la herramienta principal para evitar el mantenimiento no programado. Ahora, podemos combinar las herramientas de tendencias de fallas históricas con datos en tiempo real para encontrar las condiciones de desgaste que son las precursoras de las fallas. Esto nos permite intervenir con un eficiente enfoque correctivo planeado para evitar costosas acciones de mantenimiento no planificadas. (“Mantenimiento interno vs externo”, 2020).

Los aspectos antes señalados, evidencian la preocupación por seguir investigando la importancia del mantenimiento y el control de sus costos; es por ello que la presente investigación se enfocará en determinar el impacto de aplicar un mantenimiento centrado en confiabilidad en los costos de mantenimiento de los camiones cisterna, ya que, debido a las paradas no programadas de las unidades durante un año, han provocado afectar a la rentabilidad de la empresa en estudio. Así, el presente trabajo permitiría mostrar las diferentes situaciones que se identifican con los objetivos, esto gracias al procesamiento de datos obtenidos a través de la observación y el análisis documental. Para ello, se buscará aplicar herramientas y técnicas que permitan el desarrollo de un mantenimiento RCM. Dichas aplicaciones nos permitirán obtener resultados que nos brinden la posibilidad de dar soluciones concretas para la situación problemática. Así como también, proponer recomendaciones claves que permitan el crecimiento de la empresa estudiada. Por último, el desarrollo de esta investigación sustentará el conocimiento adquirido a lo largo de la carrera con la finalidad de contribuir a las mejoras en el campo del mantenimiento. Es de suma importancia para

los autores de este trabajo comprender la aplicación de la ingeniería industrial dentro de un contexto real, donde se requieren soluciones en los procesos de mantenimiento y optimización de costos. Ante ello, esperamos dar inicio a una experiencia como profesionales y brindar conocimiento de herramientas de mejora en las diferentes industrias, especialmente en el rubro minero.

El presente estudio se realiza en una empresa dedicada a la prestación de servicios integrales tercerizados de procesos, vinculados a la industria, el comercio y la logística; el servicio de transporte, almacenamiento, control y reparto de combustible en las grandes minerías de tajo abierto a nivel nacional.

Para este caso, tal operación se lleva a cabo en la unidad minera ubicada en la región de La Libertad, para quien la empresa tiene disponible 10 camiones cisternas, con una capacidad de 5000 galones, estos equipos operan 2 turnos abasteciendo un total de entre 7000 a 7500 galones/cisterna, cada uno con un desplazamiento operativo de aproximadamente de 75km desde la estación de servicio hasta los diferentes puntos de ubicación de los equipos mineros. De acuerdo a este contexto las actividades mineras contemplan una serie de elementos que deben funcionar continuamente sin pausas para mantener el ciclo productivo y cumplir con sus objetivos, teniendo en cuenta que el desarrollo de la empresa en mina es un proceso continuo, las fallas son visibles y cuantificables, de acuerdo a los datos del periodo 2018 de la flota, se registraron retrasos y detenciones por razones de averías inesperadas (Figura 1). Estas paradas imprevistas, afectan directamente la rentabilidad de la empresa, esto reflejado especialmente en que los costos de mantenimiento ya que estos sobrepasan el presupuesto estimado por gerencia (Figura 2).

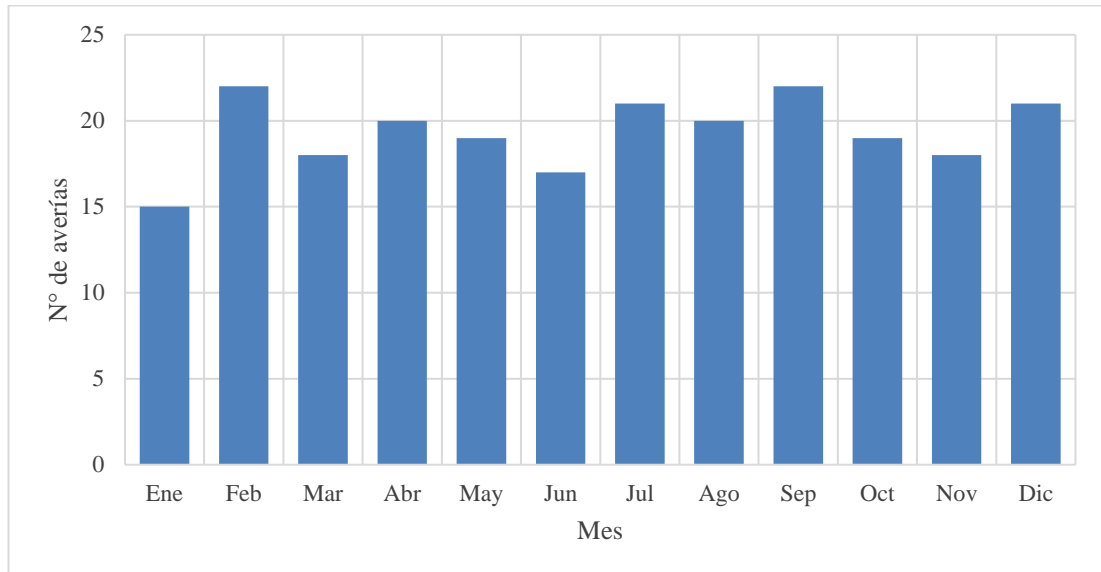


Figura 1. N° de averías de la flota, año 2018.

Nota. El número de averías mostradas solo son consideradas cuando la operatividad de los camiones cisterna se ve comprometida.

Fuente, reporte del área de mantenimiento.

Tal y como se muestra tenemos un promedio mayor a las 15 paradas de toda la flota, evidentemente esta situación trae consigo respectivos desembolsos para cubrir reparaciones que permitan la disponibilidad de la unidad.

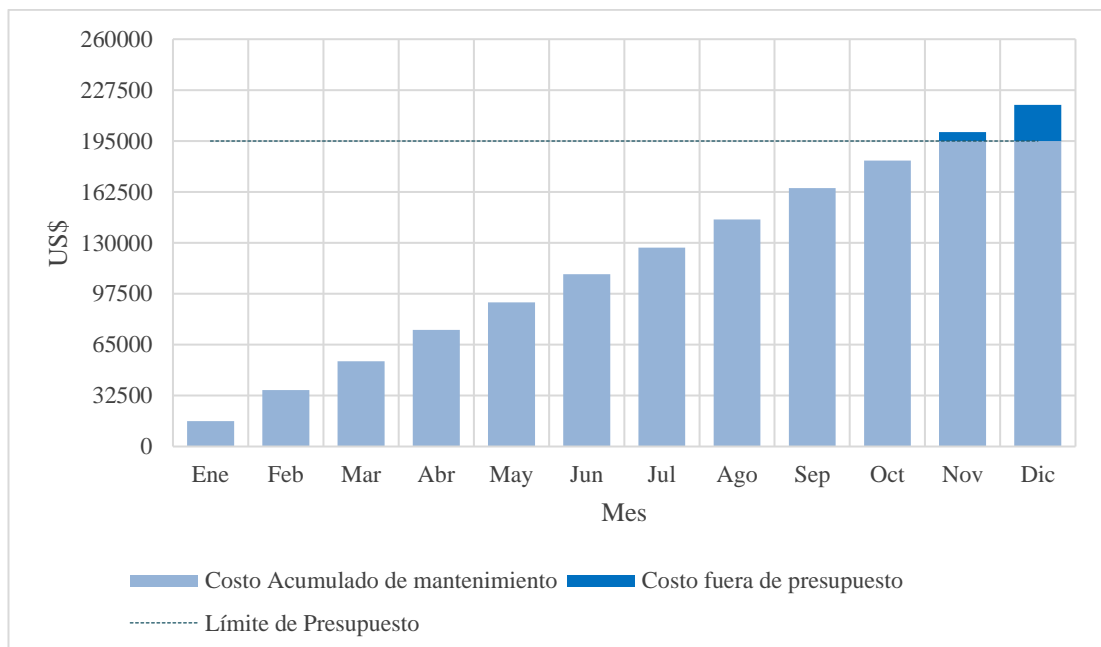


Figura 2. Evolución del costo del mantenimiento, año 2018.

Nota. El presupuesto anual para mantenimiento es designado por gerencia. Fuente: área de mantenimiento, reporte de costos de mantenimiento anual.

Según se observa en la Figura 2, este efecto indica que se sobrepasó el costo estimado para el mantenimiento por un monto de US\$ 22,990.30 en el año 2018 debido a paradas de mantenimiento no programado. De continuar con esta situación en esta área, seguirá contribuyéndose en sobre costos, perjudicando principalmente la rentabilidad de la empresa y comprometiendo su competitividad en el rubro. Por lo cual, se pretende analizar a detalle el desarrollo operativo del área de mantenimiento con la finalidad de mejorarla enfocándose en optimizar los costos correspondientes.

Tal motivo, nos llevó a revisar algunas investigaciones previas respecto al tema, como la investigación de Flores y Gamarra (2018) denominada “Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la caldera de 200 BHP para reducir costos, planta pesquera Hayduk”. En la cual buscaron una implementación RCM con la finalidad de reducir costos, una investigación de tipo aplicada, con un diseño no experimental causal. En donde la recolección de datos se obtuvo a través de la revisión de planos, manuales de equipos críticos y entrevistas al personal de mantenimiento y operaciones. Para el proceso de esta información emplearon algunas herramientas respecto al tema como AMEF, distribución Weibull y factibilidad económica. Lo cual les permitió alcanzar una confiabilidad 67.36%. Reduciendo así los costos de mantenimiento en S/. 38,190 en un año.

Así mismo, tenemos a Centurión (2019) con su investigación denominada “Implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para optimizar el desempeño en excavadoras CAT 374fl del proyecto Shahuindo” donde indica la importancia de los costos derivados de las actividades de mantenimiento de los equipos afectadas por actividades correctivas, sin planificación que generan problemas de baja disponibilidad y confiabilidad. Para ello tuvo como

objetivo realizar la implementación de la metodología RCM; un estudio que corresponde a una investigación experimental con diseño cuantitativo y descriptivo, aplicando técnicas de recolección de datos como la observación directa y el análisis documental. Información que le permitió analizar el porcentaje actual de paradas no programadas y los costos de mantenimiento y operación, realizar un AMEF y un análisis económico; obteniendo así, resultados que concluyeron en la corrección de los eventos y modos de fallas que originaron las paradas no programadas y la raíz de los problemas, obteniendo una DM de 91%, DF 90.1% y la confiabilidad de la flota e indicadores (MTBF 49.62 Hr y MTTR 4.93 Hr). Durante el periodo de estudio también logró reducir los costos de mantenimiento en 9.27% (Equivalente a \$5,641.00 de US\$ 60,875.00 a US\$ 55,234.00).

También revisamos la investigación de Guevara (2019) denominada “Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW PLASTIC SAC para la reducción de costos por parada de máquina” el cual tuvo como objetivo principal proponer un mantenimiento centrado en confiabilidad para lo cual inicialmente identificó la situación en la que funcionan las maquinarias de esta empresa, recolectando datos durante un periodo de 12 meses. Identificó la cantidad de mantenimientos correctivos y los costos que estos acarrearían para determinar su impacto en la utilidad. Su diagnóstico se basó en 6 equipos de la línea de producción, donde se hallaron 105 averías que generaban 989 horas de parada de máquina y un costo por mantenimientos correctivos de S/. 29 130,00, así mismo, identificó 03 equipos como críticos, concluyendo así, en la mejora de indicadores de mantenimiento de equipos críticos, elevando su confiabilidad al 97,29%, reduciendo la Mantenibilidad en 90,56% e incrementado un 3,83% la disponibilidad; así mismo, el costo promedio de parada de maquina se redujo a cero, mientras que para la inversión propuesta tuvo

como costo inicial S/ 2 735,00, y un costo anual de S/ 53820,60 de acuerdo a su análisis costo – beneficio obtuvo un VAN de S/ 682 069,63 TIR de 3801,48%, TMAR global, superando al mínimo aceptable (10%) y un coeficiente costo beneficio de S/ 2,11.

Por último, la investigación de Guarniz (2018) denominada “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna del Consorcio JRamírez EIRL”, el cual tuvo como objetivo principal diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna. en el que utilizó un diseño de investigación pre-experimental donde en primera instancia determino que en el periodo 2017 se perdió un total de 2230 horas por fallas en plena operación, con un total de 67 fallas las cuales originaron un costo total del mantenimiento de S/. 408,956.50 luego de ello analizó los indicadores de mantenimiento iniciales de los camiones cisterna, determinando que la disponibilidad se encuentra en el rango de 84.07% - 90.44%, la confiabilidad entre 81.35% - 90.26% y la mantenibilidad entre 52.38% - 75.55%; tras ello, realizó un análisis de modos y efectos de fallas AMEF a los 10 activos físicos de nivel de clasificación crítico, con sus respectivas fallas, los cuales fueron causantes del 69.24% del total de las horas pérdidas (1544 horas) y del 71.64% de las fallas (48 fallas) encontrando un total de 70 modos de fallas distintos que son los causantes de las fallas en los activos físicos de los camiones cisterna, de los cuales 2 modos de fallas son aceptables, 12 modos son fallas reducibles a deseables y 56 modos son fallas indeseables. Con el que Determinó que, con la aplicación de un MCC, se puede llegar a reducir el 80% de las fallas que ocasionan pérdidas económicas a la empresa, Todo ello le permitiéndole al Consorcio JRamírez EIRL obtener un beneficio de S/190,927.90, con una inversión en equipos de S/. 235,993.15 con un retorno operacional de la inversión de 15 meses.

El desarrollo de esta investigación se fundamentó científicamente en las bases teóricas de Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad, una metodología desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, definida por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 (Campos, Tolentino, Toledo, & Tolentino, 2019).

Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Moubray, 2004, p. 7).

El Mantenimiento centrado en confiabilidad, plantea su desarrollo comenzando desde el criterio de “cuál es la función que debe de cumplirse” para desde ahí construir toda una arquitectura que proteja con alta confiabilidad que dicha función se vaya a cumplir la mayor parte de su vida operativa sin fallas, averías o interrupciones que son la razón de existir de la alta disponibilidad y productividad requerida en todo tipo de sistemas o procesos productivos. (IPEMAN).

El RCM utiliza no sólo los cuatro tipos de acciones (correctivas, modificativas, predictivas, preventivas), sino la mayoría de los instrumentos avanzados específicos de orden técnico (Mora, 2009).

En cuanto a técnicas y herramientas para esta variable se recurrió a la metodología FMEA (Modos de Falla y Análisis de Efectos) definido como un método sistemático y proactivo para evaluar un proceso para identificar dónde y cómo se puede fallar y para evaluar el impacto relativo de fallos diferentes, con el fin de identificar las partes del proceso que son las más necesitados de cambio. (Borras, 2013).

Número de prioridad de riesgo (NPR), por su parte, lo que hace es jerarquizar cada una de las tareas por realizar en los diferentes elementos o equipos, con el fin de priorizar los esfuerzos en los equipos que más lo requieran, de acuerdo con su grado de criticidad (Mora, 2009).

El análisis de criticidad (AC) es una metodología semicuantitativa para determinar el riesgo que permite establecer jerarquías o prioridades de instalaciones, sistemas equipos y dispositivos (ISED's) de acuerdo a una figura de mérito llamada criticidad; que es proporcional al riesgo (Daquinta, 2019).

Diagrama de dispersión (Jack-Knife), herramienta que determina las prioridades de mantenimiento; donde se grafican puntos basados en 2 parámetros; duración de paradas (Y), y números de paradas (X), este grafico es representado en escala logarítmica en ambos ejes (X; Y); en el cual se dibuja una línea en paralelo al eje X, asociado con la mantenibilidad y de manera similar paralela al eje Y, relacionada con la confiabilidad (Córdova, 2014)

Distribución Weibull, herramienta estadística que permite estudiar cuál es la distribución de fallas de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallas observamos que estos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. Una herramienta considerada para la predicción de comportamientos (Tamborero, 1994).

Indicadores de mantenimiento, son aquellos parámetros cuantitativos de control que nos permiten determinar el comportamiento de los datos y la efectividad del sistema de mantenimiento de un sistema productivo, estos parámetros pueden ser absolutos o relativos (García, sf)

MTBF (tiempo medio entre fallas) es el tiempo promedio transcurrido entre fallas sucesivas (suponiendo que la reparación sea posible), es decir el tiempo promedio en que un sistema de opera en régimen hasta que falla y requiere ser reparado (Northeast Power Systems, sf.).

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \quad (1)$$

Donde TBF es el entre fallas transcurridos en un determinado periodo.

MTTR (tiempo medio para reparar) es una medida básica utilizada para evaluar la mantenibilidad, duración y disponibilidad de un sistema, representa el tiempo promedio requerido para reparar un componente o dispositivo que falló (Northeast Power Systems, sf.).

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \quad (2)$$

Donde TTR es el tiempo de reparación producido en un determinado periodo.

Disponibilidad Inherente, probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, útil cuando se trata de controlar las actividades de mantenimientos no planeado (correctivos y/o modificativos). (Mora, 2009, p. 67-71).

$$\text{Disponibilidad Inherente } (A_i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Donde, MTBF es el tiempo promedio de fallas y MTTR, tiempo promedio de reparaciones.

Según Ebeling, esta disponibilidad se basa únicamente en la distribución de fallas y en la distribución de tiempo de reparación. (Mora, 2009, p. 80-81).

La confiabilidad operacional se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno (Mora, 2009, p. 95).

$$R_{(t)} = \left(e^{-\frac{\lambda * TTO}{100}} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde, λ es la tasa de fallas y TTO el tiempo total de operación.

Se denomina mantenibilidad a la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica realizar unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción. (Mora, 2009, p. 104).

$$M_{(t)} = \left(1 - e^{-\frac{\mu * TTO}{100}} \right) * 100 \quad (5)$$

Donde, μ es la tasa de reparaciones y TTO el tiempo total de operación.

Respecto a los costos de mantenimiento, el conocimiento de estos, tiene como fin precisar de manera objetiva y realista lo que cuesta la función de mantenimiento para reducir los costos globales del mismo a un nivel mínimo o mantenerlos, respaldados por una buena producción, alta calidad, y un buen estado de las instalaciones, además de generar información que facilite al personal la toma de decisiones. (EasyMaint, 2017).

Al tiempo que crece nuestra dependencia a los activos físicos, crece también el costo de tenerlos y operarlos. Para asegurar el máximo retorno de la inversión que representa tenerlos, deben mantenerse trabajando eficientemente tanto tiempo como se requiera. (Moubray, 2004, p. 8).

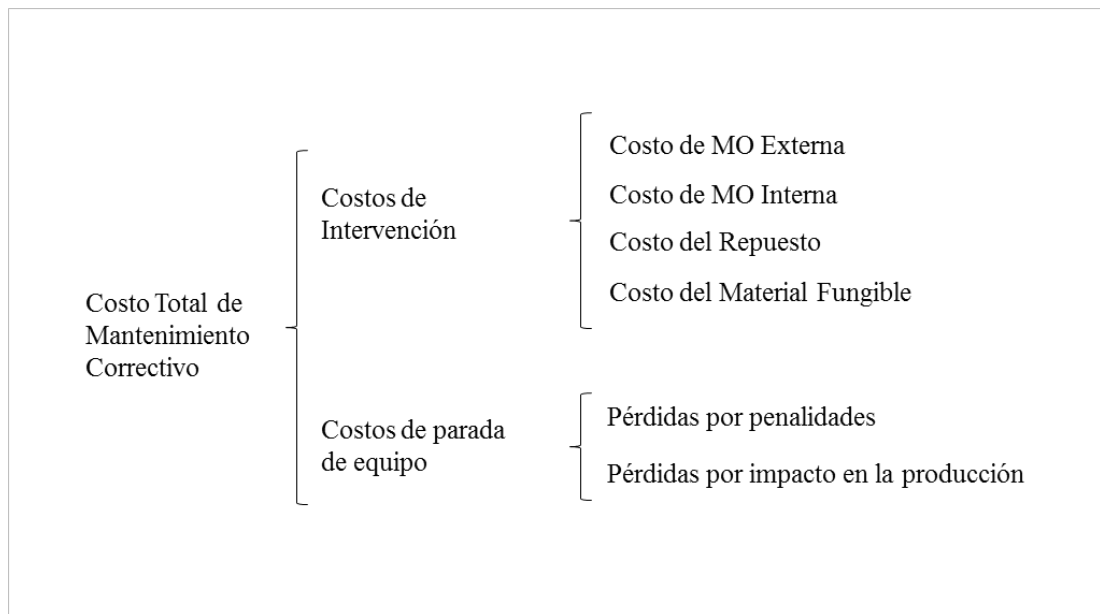


Figura 3. Componentes del costo total de mantenimiento correctivo.

Nota. Fuente: El Arte de Mantener (Pascual, 2005, p. 27-30). Elaboración: propia.

El costo total de mantenimiento forma parte de los costos asociados a la producción, este costo es medido a nivel de equipo. Los equipos que más afecten el costo global son aquellos que reciban mayor estudio y atención (Pascual, 2005).

Los costos de intervención incluyen los gastos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo. No incluye gastos de inversión ni aquellos relacionados directamente con producción (Pascual, 2005).

Los costos por impacto a la producción, corresponden a las pérdidas del margen de utilidad debido a problemas directos del mantenimiento que hayan redundado en la reducción en la tasa de producción; así como también, el costo por penalidad debido a daños en el equipo (Pertuz, sf).

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida, un mantenimiento centrado en la confiabilidad impacta en los costos por paradas no programadas de los camiones cisterna en una unidad minera?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida un mantenimiento centrado en confiabilidad impacta en los costos producidos por paradas no programadas de los camiones cisterna.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los factores influyentes del el área de mantenimiento.
- Realizar un diagnóstico actual de los camiones cisterna, considerando los tiempos de falla, reparación y los costos por parada no programada.
- Elaborar un mantenimiento centrado en confiabilidad.
- Realizar un análisis de la influencia de un mantenimiento centrado en confiabilidad comparando los resultados antes y después de elaborar un mantenimiento centrado en confiabilidad.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El mantenimiento centrado en confiabilidad impacta positivamente en los costos producidos por paradas no programadas de los camiones cisterna en una unidad minera.

Variable Independiente:

El mantenimiento centrado en confiabilidad

- **Definición Conceptual:**

Proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Moubray, 2004, p. 7).

- **Definición Operacional:**

Variable que expresa el control de las actividades de mantenimiento, a través de la identificación de sistemas, identificación de fallas, priorización de sistemas críticos y programación de tareas de mantenimiento.

Variable Dependiente:

Costos por paradas no programadas

- **Definición Conceptual:**

Costo por consecuencia de las averías imprevistas en la maquinaria, relacionada con de la necesidad de realizar una reparación para poder seguir operando. (EasyMaint, 2017).

- **Definición Operacional:**

Es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico. (EasyMaint, 2017).

Tabla 1.

Operacionalización de Variables

Variables de estudio	Objetivo	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Escala de medición	Fuente	
Variable independiente: Mantenimiento centrado en confiabilidad	Analizar el Área de Mtto.	Factores de influencia	Puntaje obtenido/ Puntaje máximo	Gráfica de radar	Semicuantitativa	Anexo 3	
		Tiempo de falla	Intervalo de tiempo	Histograma	Cuantitativa (hrs)	Anexo 6	
		Tiempo de reparación	Intervalo de tiempo	Histograma	Cuantitativa (hrs)	Anexo 8	
	Realizar un diagnóstico actual de camiones cisterna	Costos de Mantenimiento	Costo actual	Clasificación de costos	Cuantitativa (UD\$/año)	Anexo 11, 12 y 13	
		Indicadores de Mantenimiento	MTBF y MTTR Disponibilidad Confiabilidad Mantenibilidad	Distribución Weibull y Probabilidad	Cuantitativa (% y promedio)	Anexo 7, 9 y 10	
	Elaboración de mantenimiento centrado en confiabilidad	Análisis de criticidad	Nivel de criticidad	Ponderación	Cuantitativa	Anexo 19 - 23	
		AMEF	Modos de fallas	Hoja de información y decisión	Cualitativa	Anexo 14 - 16	
		NPR	Nivel de aceptación	Ponderación	Cuantitativa	Anexo 25	
	Variable Dependiente: Costo de paradas no programadas	Realizar un análisis de influencia	Costo	Variación del costo	Evaluación de la variación	Cuantitativa (%)	Anexo 26

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Tanto en la Tabla 2 y Tabla 3 se muestran el tipo de esta investigación y su diseño.

Tabla 2.

Tipo de investigación

	Tipo	Definición
Según naturaleza	Mixta	La recolección de información y datos de las variables se obtuvieron midiéndose de manera numérica y no numérica.
Según propósito	Aplicada	Se hace uso del conocimiento en el mantenimiento centrado en confiabilidad para dar una posible solución a la problemática presentada.
Según la temporalidad	Longitudinal	Se observa el comportamiento de los datos durante un tiempo establecido con el propósito de identificar los cambios que ocurren.

Nota. Fuente consultada: Questiospro. (sf). Elaboración propia.

Tabla 3.

Diseño de la investigación

Diseño	Definición
Pre-experimental	Se realiza un pre y post prueba, el cual mide el efecto, luego de aplicar un mantenimiento centrado en confiabilidad, comparándola con una medición previa.

Nota. Fuente consultada: Questiospro. (sf.). Elaboración propia

VD: O1 X O2



VD : Variable dependiente (Costos de camiones cisterna)

O1 : Observación de variable dependiente antes de un MCC

X : Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)

O2 : Observación de variable dependiente después de un MCC

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población está constituida por una flota de diez camiones cisternas operativas para el despacho de combustible en una unidad minera, durante el año 2018.

2.2.2. Muestra

Tabla 4.

Muestra de estudio

Modelo	Código	Año	Capacidad
Volvo FMX 370	PJ-417	2017	5000 galones
	FG-956	2017	5000 galones
	VB-056	2017	5000 galones

Nota. La muestra se realizó de manera estadística teniendo como método de muestreo un diagrama de dispersión (Figura 4). Elaboración propia (Anexo 1).

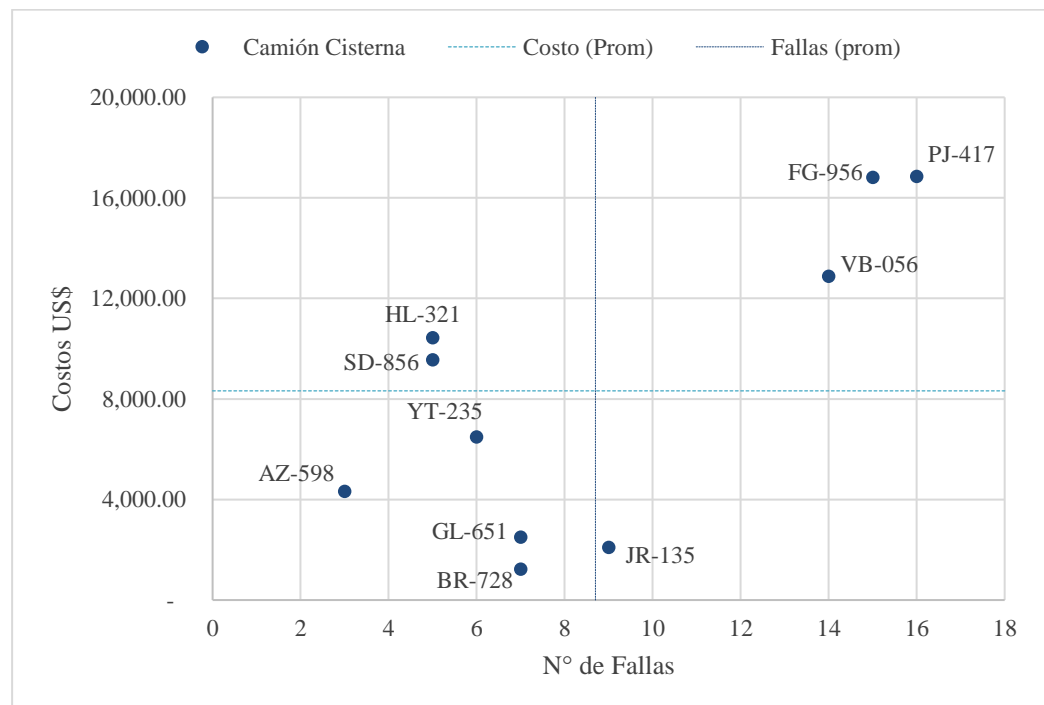


Figura 4. Diagrama de dispersión de fallas vs costos.

Nota. Aplicación de un diagrama de dispersión teniendo como criterio de evaluación, el mayor costo de mantenimiento y número de fallas registrados. Elaboración propia (Anexo 1).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

A continuación, detalla los métodos, técnicas e instrumentos para recolectar y analizar los datos presentes en esta investigación.

Tabla 5.

Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

Técnica	Instrumento	Finalidad
Observación	Ficha de observación	Tener un diagnóstico por parte del responsable del área de mantenimiento
Análisis documental	Ficha de Registros	Determinar las causas principales que afectan el desarrollo del mantenimiento

Nota. Fuente consultada: Peersman, G. (2014). Elaboración propia.

Los instrumentos aplicados para esta investigación tal y como se muestra en la tabla 5, nos permite registrar datos o información de las variables en estudio; por tanto argumentamos que la información recolectada en las actividades e incidencias para el presente trabajo, es confiable. En tal sentido tenemos la ficha de observación, diseñada por los autores teniendo en cuenta las restricciones identificadas descritas en 81 puntos, permitiendo evaluar de manera detallada los parámetros que involucran la aplicación de un mantenimiento, dichos resultados fueron procesados de forma numérica y mostradas en un gráfico de radar. Así mismo, se hizo uso de una ficha de registro teniendo en cuenta el reporte de los partes diarios de equipo, historial de los mantenimientos realizados a los camiones cisterna y los costos registrados de cada uno de ellos.

Para validez de dichos contenidos se requirió al juicio del jefe de control de equipos, con respecto a los datos obtenidos en su área; así mismo el jefe de oficina técnica, quien avaló el manejo de los datos correspondiente a los costos.

En la presente investigación se hace uso de estadística descriptiva, obtenida de los datos procesados, representados mediante gráficos, tablas y diagramas. Esto permite determinar y verificar el resultado; para ello se hizo uso de Microsoft Excel, en el cual se aplicaron diferentes herramientas tal y como muestra la tabla 6, con la finalidad manejar de manera acertada los datos analizados.

Tabla 6.

Análisis de datos

Métodos	Herramientas	Finalidad
Análisis exploratorio	Excel (Manejo de datos)	Observar los grupos de datos resumiendo y ordenando en torno a sus principales características haciendo uso de métodos visuales
	Series temporales	Registro y observación de datos a través de mediciones en un periodo determinado (costos de paradas no programadas)
	Tablas de frecuencia	Asegurar una visión clara de los grupos de datos
Análisis descriptivo	Medidas de tendencia central	Describir los grupos de datos con un valor único que represente el medio de su distribución.
	Medidas de dispersión	Describir la distribución de los datos en torno a su medida central
	tabulaciones cruzadas	Determinar la frecuencia de dos variables (Análisis de criticidad y NPR)
	Coficiente de variabilidad	Observación del comportamiento de los datos antes y después del mantenimiento centrado en confiabilidad

Nota. Fuente consultada: Peersman, G. (2014). Elaboración propia.

2.4. Procedimiento

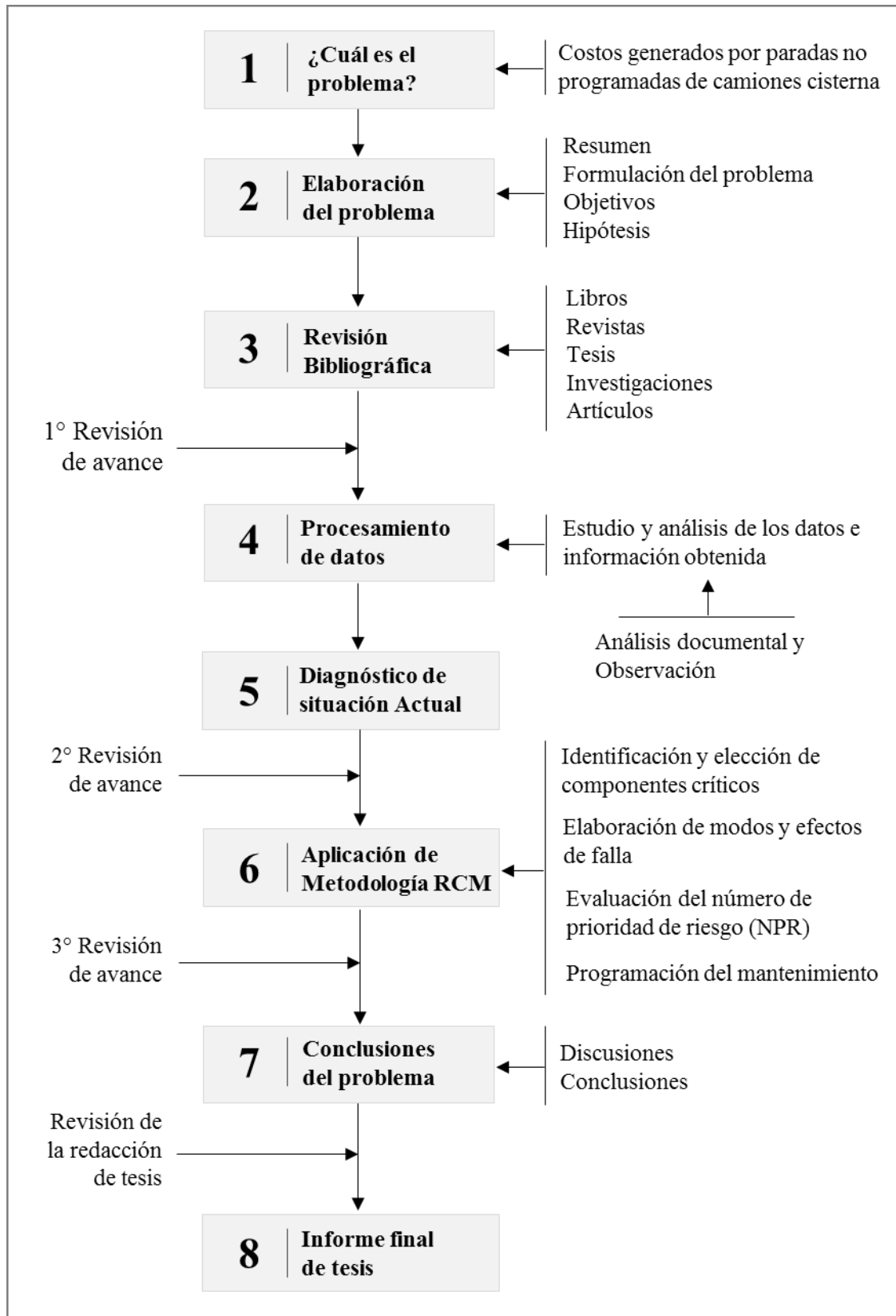


Figura 5. Procedimiento de investigación.

Nota. Se tomó en consideración cada punto desarrollado en esta investigación. Elaboración propia.

Aspectos Éticos

Los investigadores se comprometen a respetar la autoría de las fuentes de información y la veracidad del desarrollo de la investigación bajo los siguientes criterios.

Tabla 7.

Criterios éticos.

Criterios	Características éticas del criterio
Validez	La presente investigación fue elaborada por Carlos Enrique Acuña Martínez y John Paul Carbajal Alcántara, el cual hicieron uso de su experiencia y habilidad. Además de utilizar técnicas y herramientas para el desarrollo del mismo.
Confidencialidad	Se priorizó por la protección de la identidad de las personas que participaron como informantes en la investigación.
Objetividad	El análisis de la situación encontrada se basó en criterios técnicos e imparciales.
Originalidad	Se citaron las fuentes bibliográficas de la información mostrada con el propósito de demostrar la inexistencia de plagio intelectual.
Veracidad	La información detallada es verdadera, cuidando la confidencialidad de esta.
Derechos laborales	La propuesta de mejora propicia el respeto por los derechos laborales de la entidad de estudio

Nota. Fuente consultada: Noreña, A., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J., & Rebolledo Malpica, D. (2012). Elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico actual del área de mantenimiento

La operatividad de las unidades está determinada por el cliente, quienes solicitan combustible para sus equipos dentro de mina. Esto requiere de tener los camiones en perfectas condiciones cuando se le requiera; para ello, el área de mantenimiento cumple un rol fundamental para que esta situación se cumpla al 100% tal situación demanda realizar una serie de procesos y métodos que magnifiquen el manejo de los recursos a disposición. Por tal motivo, se analizaron una serie de factores (Tabla 8) para determinar el estado actual del área y que oportunidades de mejora se puede tener en cuenta para influir en un impacto positivo para los costos de la empresa.

Tabla 8.

Factores de estudio para el análisis del área de mantenimiento

Cód.	Factor Observado
A	Estatus organizacional del área de mantenimiento
B	Medios de soporte técnico para el mantenimiento
C	Manejo de la información y toma de decisiones
D	Desarrollo de planes, programas y ejecución de mantenimiento
E	Manejo de los costos de mantenimiento
F	Capacidad del personal de mantenimiento
G	Métodos y procedimientos para ejecución del mantenimiento
H	Manejo de repuestos y materiales para la intervención
I	Manejo de indicadores técnicos de mantenimiento

Nota. Fuente: resultados de ficha de observación, Anexo 3. Elaboración propia.

Los factores mostrados en la Tabla 8 fueron evaluados por autores de esta investigación, determinando que se cumple con un 61.6% del total de puntos analizados (Anexo 4), bajo un contexto total esto significa que se encuentra por encima del 50%, obteniendo una oportunidad de mejora de 38.4% lo cual se muestra a detalle en la Figura 6.

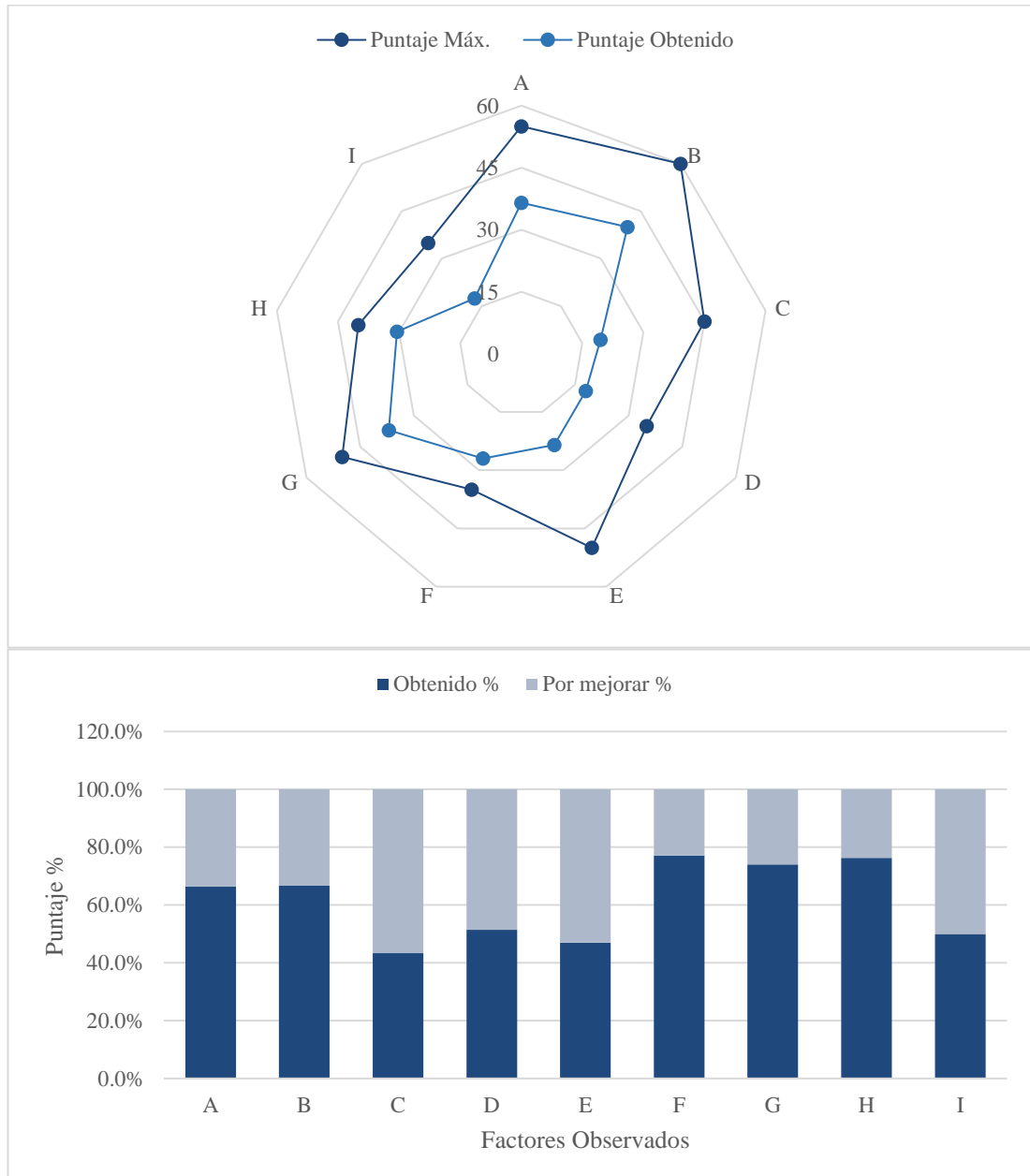


Figura 6. Radar de factores del area de mantenimiento.

Nota. Fuente: ficha de observación, Anexo 3. Elaboracion propia.

El total obtenido de los factores analizados es de 61.6%; sin embargo, según se evidencia en la Figura 6 existen dos puntos que se encuentran por debajo de 50% y dos que se mantienen cercano a ello. El primero de ellos es el manejo de la información que se tiene para la toma de decisiones con un 43.3% esto debido principalmente a que no se emite un informe periódico que analice el estado de los camiones cisterna en operación. El segundo tiene que ver con el manejo de los costos de mantenimiento con

un 47.0% afectado por la falta de una política de optimización de costos y en donde los registros de la adquisición de datos concernientes a los costos de mantenimiento son deficientes. Luego de estos dos factores tenemos con un 50% al manejo de los indicadores técnicos de mantenimiento donde el punto principal es el desconocimiento de estos índices para evaluar o tomar decisiones al respecto. Por último con un 51.4% que tiene que ver con el desarrollo de planes, programas y ejecución de mantenimiento en donde no existe un plan que esté orientado a evitar fallos críticos de las unidades y/o a reducir sus consecuencias.

3.2. Determinar el estado actual de los camiones

Para realizar las operaciones de abastecimiento de combustible a equipos mineros la empresa cuenta con 10 camiones cisterna de la marca Volvo modelo FMX 370, para el análisis de este estudio tenemos una muestra de 3 unidades (Tabla 4). En esta investigación, reducir costos de mantenimiento depende de la operatividad de abastecimientos ejecutados que a su vez está ligado a las paradas no programadas que ocasiona el incumplimiento de la operatividad, independientemente de las paradas programadas que son necesarias para realizar la operatividad sin futuros inconvenientes. Es evidente que existen problemas en el área de mantenimiento; por lo tanto, es necesario analizar indicadores claves para ver la evolución hacia la meta, además de tener la oportunidad de identificar los principales problemas por impacto en costo.

A continuación, se muestra la Figura 7, Figura 8 y Figura 9 en el cual se muestran el flujo de paradas durante el tiempo de operación analizado con respecto a cada unidad perteneciente a la muestra de esta investigación.



Figura 7. Línea de tiempo de paradas para FG-956

Nota. Fuente área de mantenimiento. Elaboración propia. Ver Anexo 5.

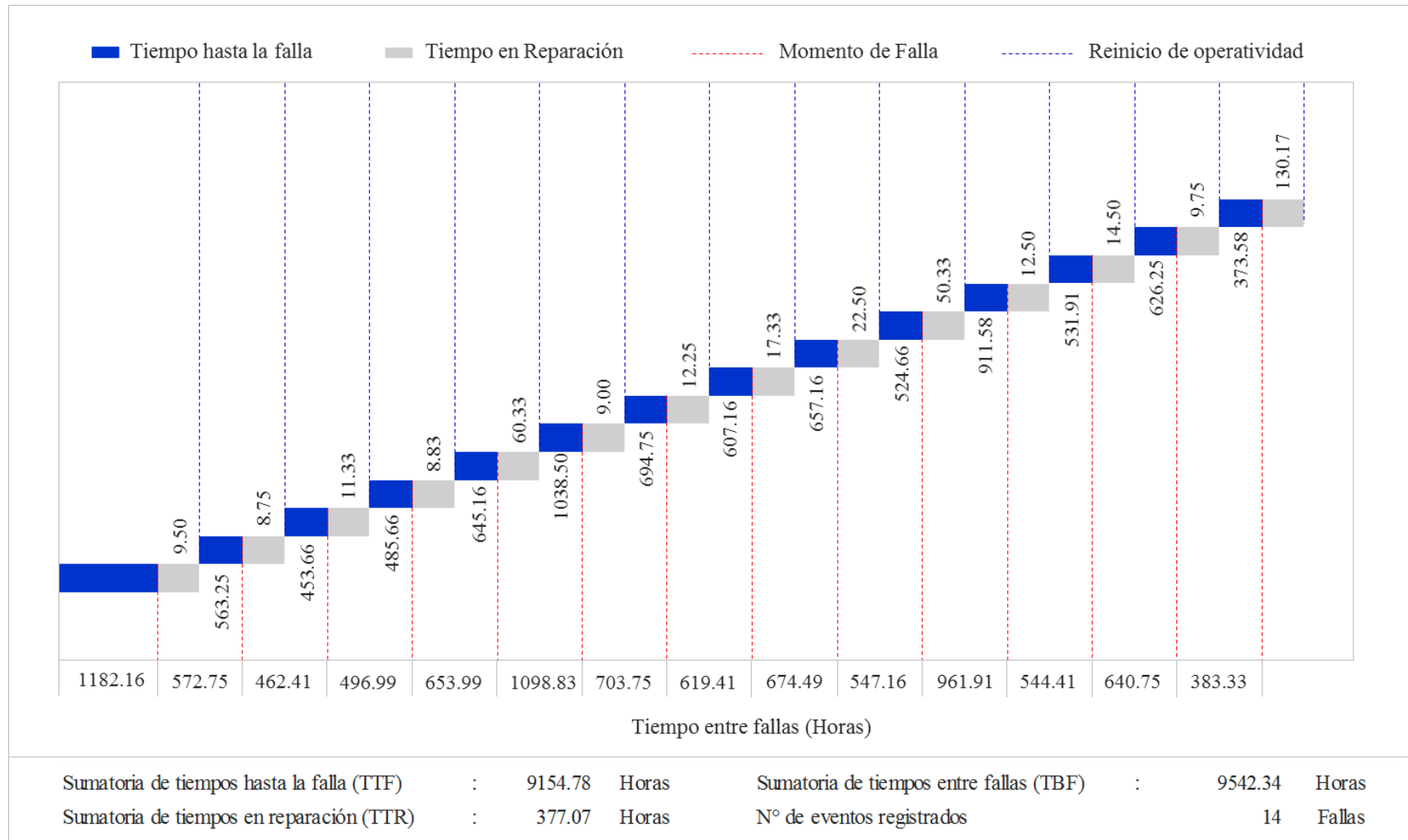


Figura 8. Línea de tiempo de paradas para VB-056

Nota. Fuente área de mantenimiento. Elaboración propia. Ver Anexo 5.

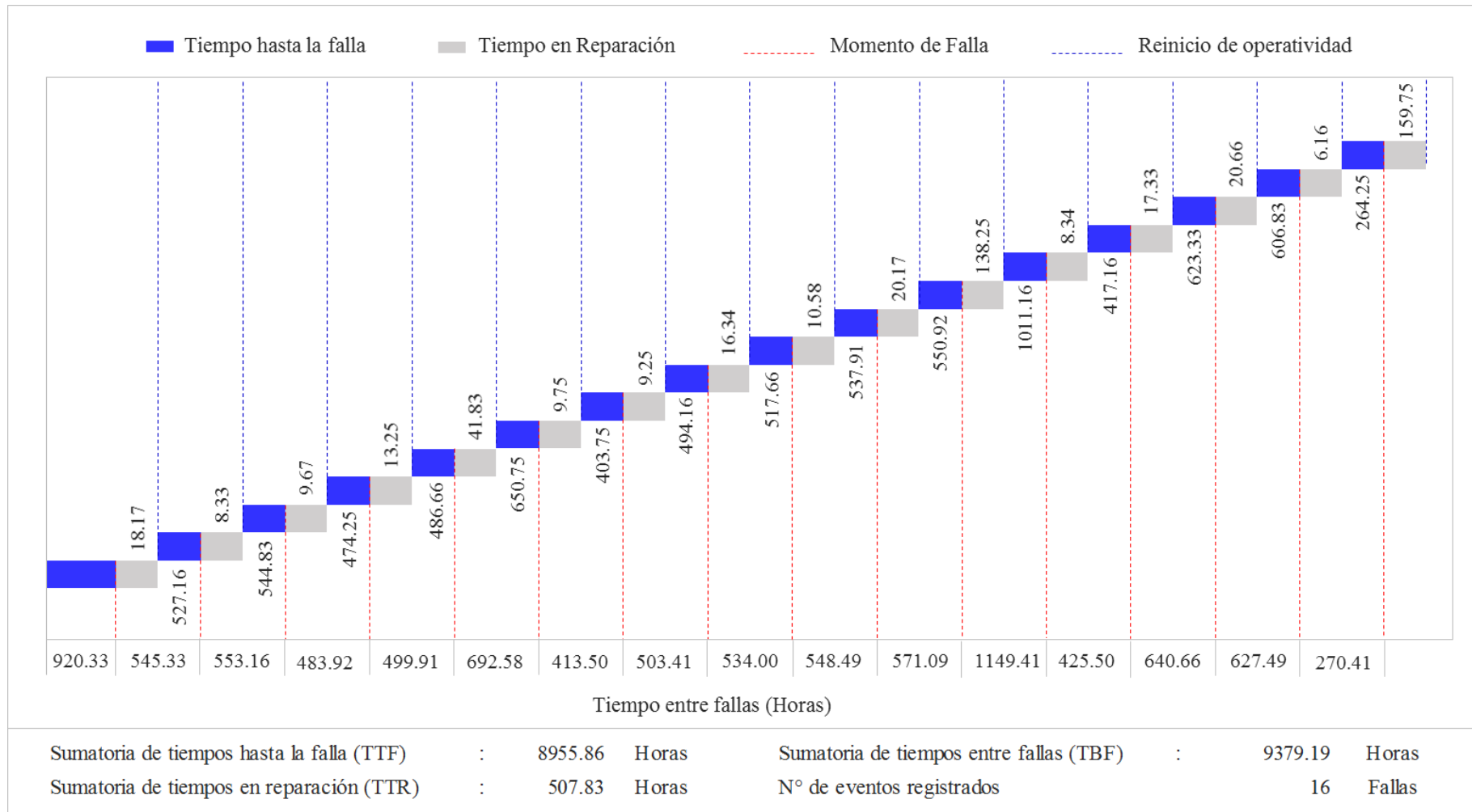


Figura 9. Línea de tiempo de paradas para PJ-417

Nota. Fuente área de mantenimiento. Elaboración propia. Ver Anexo 5.

3.2.1. Análisis de las fallas y reparaciones

Para los camiones cisterna que se tiene como muestra en esta investigación procesamos sus tiempos durante un periodo de un año (8760 horas), tiempo evaluado para conocer cuál es el intervalo de tiempo en donde se encuentra la mayor frecuencia de fallas (Figura 10).

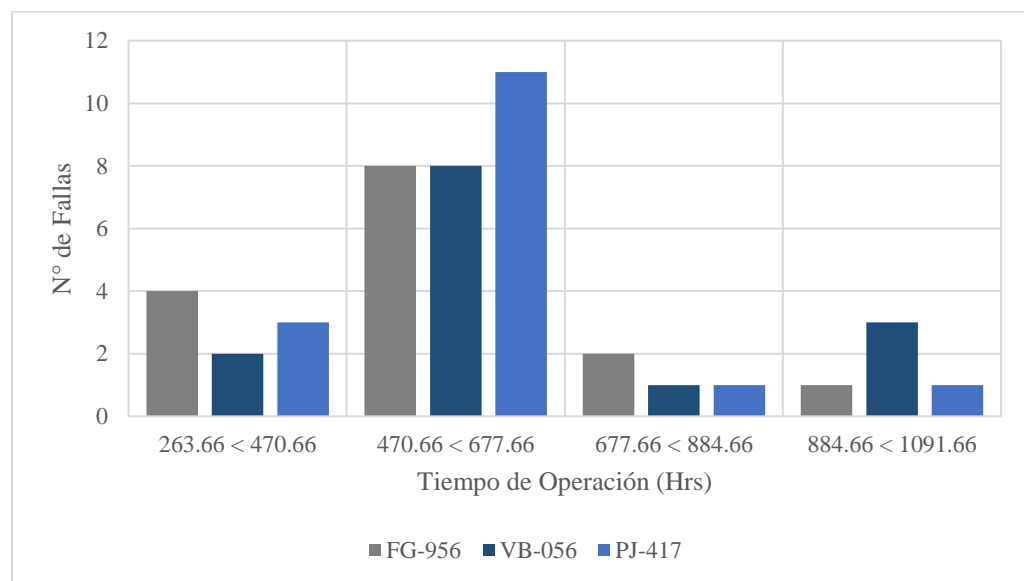


Figura 10. Histograma del N° de fallas de los camiones cisterna.

Nota. Ver Anexo 6. Elaboración propia.

Como se observa la mayor concentración de fallas se encuentran entre las 470 a 677 horas de operación ininterrumpida por imprevistos en los equipos. Siendo el número de fallas 27 en total en este grupo (8, 8 y 11, correspondientes a los camiones cisterna FG-956, VB-056 y PJ-417) quienes reportaron 15, 14 y 16 fallas no programadas durante todo el periodo de operación tal y como se mostró en el punto anterior en las Figuras 7, 8 y 9.

Para determinar el tiempo medio entre fallas (MTBF) de cada uno de las unidades se realizó una distribución Weibull, sin censura de los datos, los resultados de esta aplicación se muestran a continuación en la Figura 11.

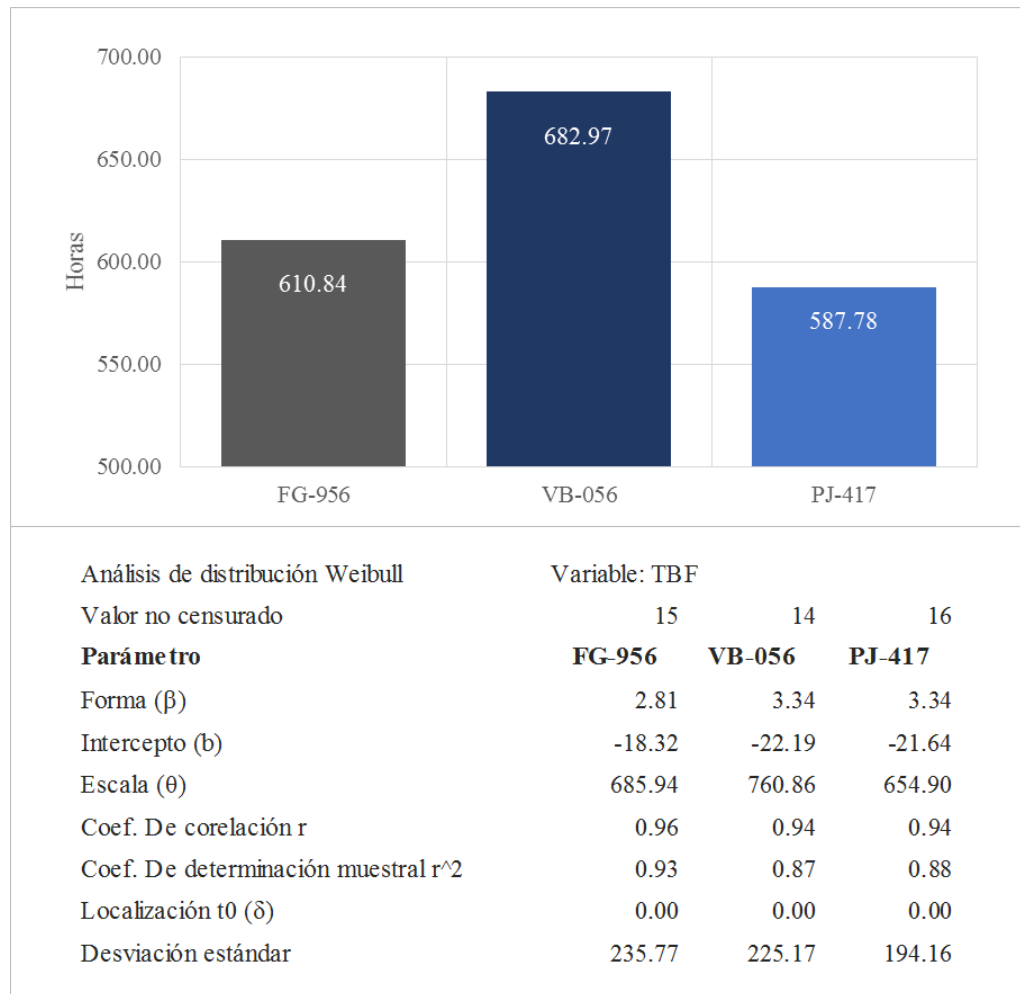


Figura 11. MTBF de los camiones cisterna.

Nota. Ver Anexo 7. Elaboración propia.

Según la Figura 11, la estimación de los MTBF de los tres camiones cisterna en estudio son para FG-956 de 610.84 horas, con una variación con respecto a su medida central de 235.77 horas, seguido de VB-056 con un promedio de 682.97 horas que a su vez varía con respecto a la media en 225.17 horas. Por último, PJ-417 con una media de 587.78 horas, con una variación de 194.16 horas. Este estadístico nos permite determinar para el caso de los tres camiones que en promedio, las fallas sea cual sea el componente afectado, ocurren aproximadamente entre las 480 y 620 horas.

Del tiempo de fallas analizados anteriormente en cada equipo podemos estudiar el tiempo de detención de cada camión cisterna, cuanto le llevo recuperarse luego de encontrarse la falla. Para ello procesamos los datos para conocer en que intervalos de tiempos se encuentran el mayor tiempo de respuesta en la reparación de la unidad (Figura 12).

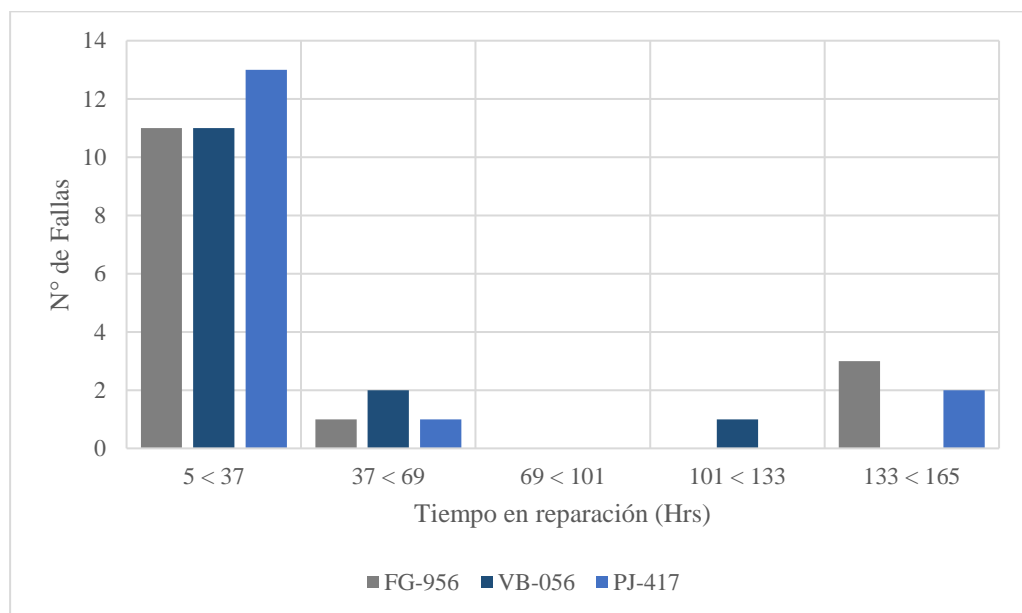


Figura 12. Histograma del tiempo en reparación de los camiones cisterna.

Nota. Ver Anexo 8. Elaboración propia.

Como se puede observar en el histograma de 35 (11, 11 y 13) fallas imprevistas detectadas se logró la recuperabilidad de los equipos en un tiempo de 5 a 37 horas, siendo contrario a ello un número mínimo de 5 fallas que se logró recuperar la operatividad del camión cisterna entre 133 a 135 horas durante el periodo estudiado.

Tras ello podemos determinar el tiempo medio de reparaciones (MTTR) de cada uno de las unidades haciendo uso de una distribución Weibull, sin censurar los datos, dichos resultado se muestran en la Figura 13.

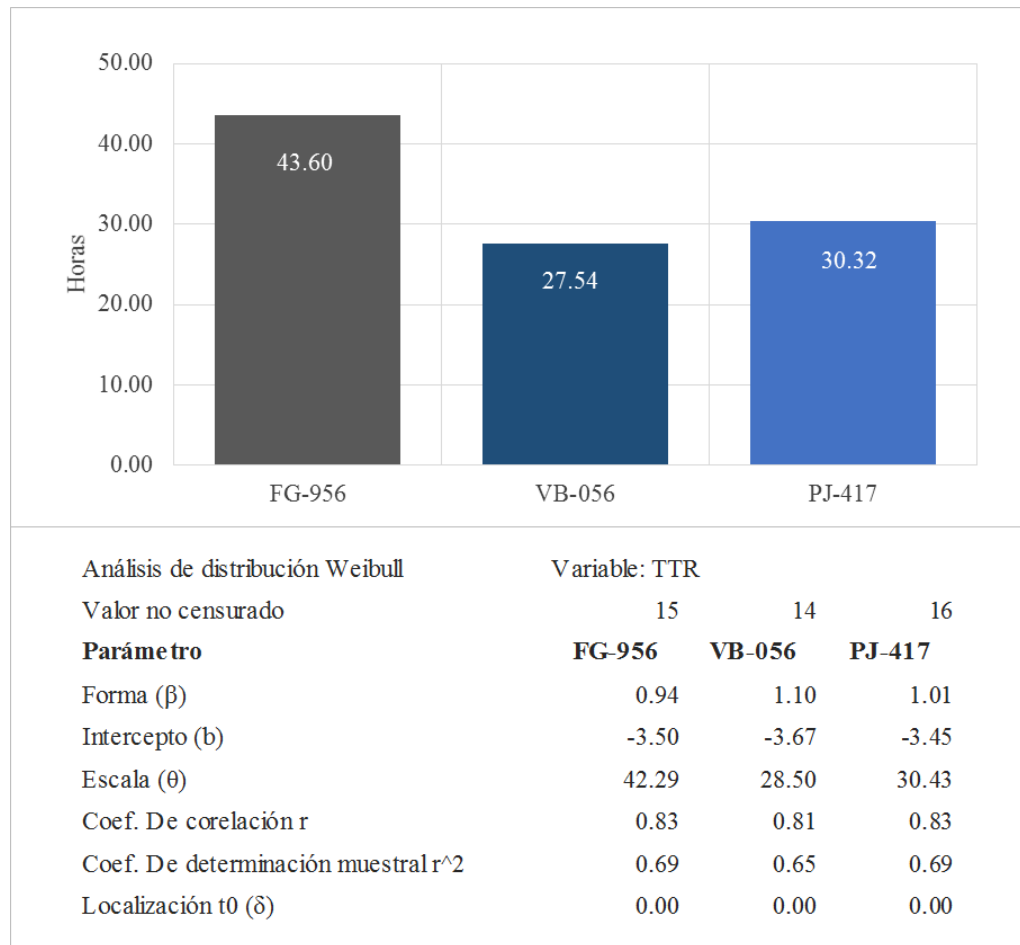


Figura 13. MTTR de los camiones cisterna.

Nota. Ver Anexo 9. Elaboración propia.

Podemos observar claramente según se muestra en la Figura 13, la estimación de los tiempos medios de reparación (MTTR), para cada uno de los camiones cisterna, FG-956 con una media de 43.60 horas, seguido de VB-056 con 27.54 horas (el menor promedio de los tres), finalmente PJ-417 con 30.32 horas. De los indicadores obtenidos observamos también que los datos se encuentran relacionados según muestra el coeficiente de correlación entre un 82% para los tres casos. Este estadístico determinado nos indica el tiempo promedio transcurrido de haber intervenido una falla de los componentes de los camiones cisterna.

Una vez estimado cada uno de estos índices anteriormente podemos determinar tres indicadores técnicos fundamentales para el análisis del mantenimiento.

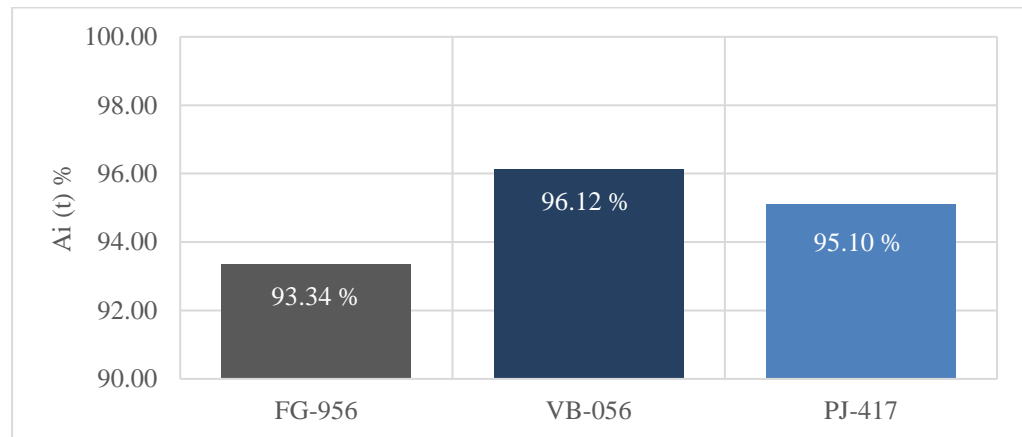


Figura 14. Disponibilidad inherente.

Nota. Ver Anexo 10. Elaboración propia.

De la fallas analizadas, la estimación de este indicador mostrado en la Figura 14 vemos de manera porcentual el tiempo en el que los camiones cisterna se han encontrado aptos para la operatividad de abastecimiento de combustible durante el año en estudio, tomando en cuenta solo las paradas no programadas (correctivos) causadas por fallas en los componentes de las máquinas en estudio, para los cual tenemos un 93.34% para FG-956, el menor porcentaje de los tres seguido de VB-056 con 96.12% y PJ-417 con 95.10%

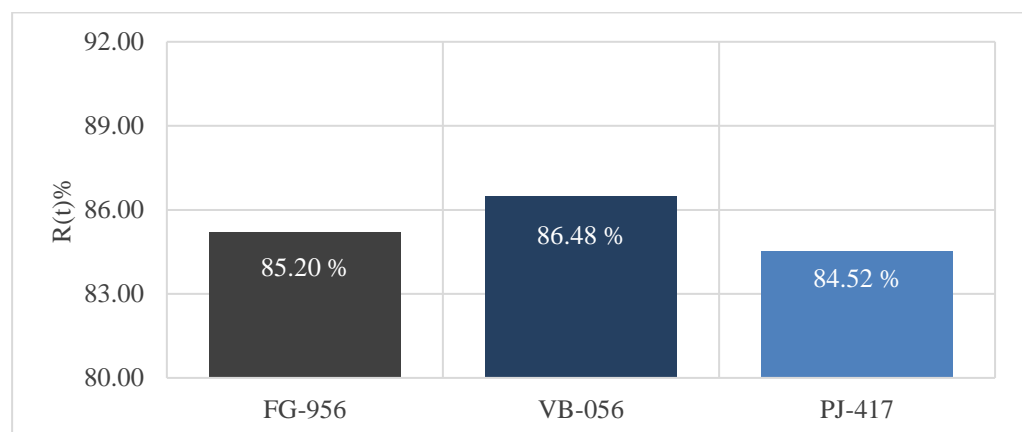


Figura 15. Índice de confiabilidad.

Nota. Ver Anexo 10. Elaboración propia.

La estimación de los índices de confiabilidad de los camiones cisterna se muestra en la Figura 15, tal y como se observa entre los tres tenemos un indicador aproximado de 85% motivo de las frecuencias de interrupciones por fallas, es decir, si el contexto operativo de abastecimiento de los camiones cisterna no cambiase para el próximo periodo (expresado en años) significaría que existe la probabilidad de que las máquinas terminen sin fallar el año entre un 84.5% y 86.5%

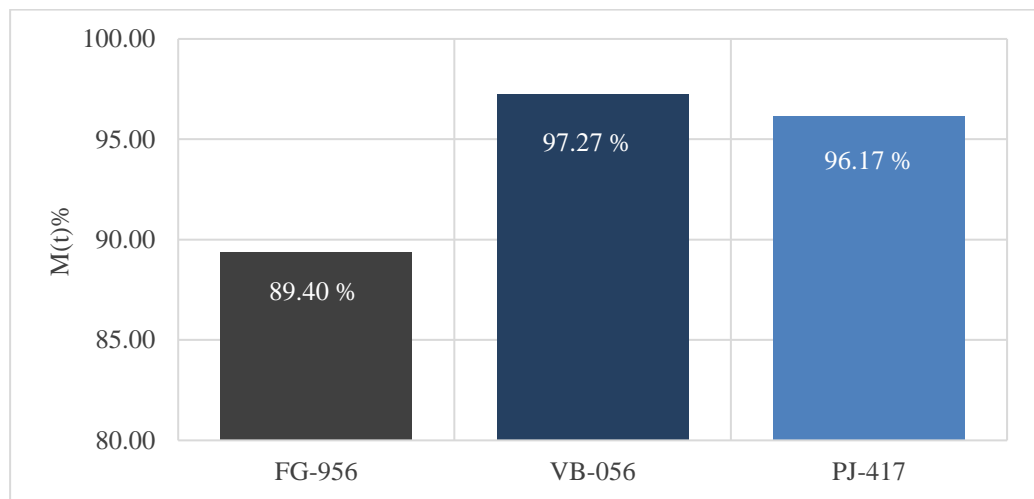


Figura 16. Índice de mantenibilidad.

Nota. Ver Anexo10. Elaboración propia.

Los resultados mostrados en la Figura 16 muestran los índices de mantenibilidad de los tres camiones cisterna, de manera porcentual. Un indicador que representa el tiempo que estuvo detenido la máquina por motivo de falla, teniendo en cuenta la facilidad y rapidez con que se logró recuperar estas unidades a su condición operativa. Para la unidad FG-956 se muestra un 89.40% el más bajo de los tres; es decir que su restitución operativa de abastecimiento de combustible luego de haber presentado fallas durante el periodo en estudio fue de casi un 89.5% seguido de un 97.7% y 96.17% de las unidades VB-056 y PJ-417 respectivamente.

Estos resultados obtenidos permiten tener una idea clara de la capacidad operativa y de mantenimiento; es decir el comportamiento de los datos en función al tiempo de los camiones cisterna, resultados que permiten el inicio de los análisis para la toma de decisiones, cabe resaltar que la información procesada representa la horas de detención de las máquinas por concepto de fallas no programadas (correctivos).

3.2.2. Análisis de los costos por paradas no programadas

Los resultados anteriormente analizados repercuten en costos que la empresa tiene que cubrir para garantizar la disponibilidad de los camiones cisterna como lo requiere mina. Cada falla no programada no solo tiene un impacto en los costos presupuestados para toda la flota, sino que también impacta en la operatividad de despacho de combustible que trae consigo pérdidas monetarias por retrasos en el cumplimiento de abastecimiento para los equipos de carguío, lo que recae en el pago de una penalidad como lo dispone el contrato. Así mismo también genera pérdidas monetarias por el tiempo en que la unidad se encuentra detenida. Ante ello se procesó los datos obtenidos por el área de mantenimiento con la finalidad de conocer cada uno de estos costos.

El primero de estos costos para analizar son los de reparación, que implican el tiempo el cual demanda la recuperabilidad de la unidad multiplicado por el costo de mano obra por hora (esto incluye mano de obra interna y externa), sumándole los costos de repuesto y material necesario para llevar a cabo el mantenimiento, tal y como se muestra en la Figura 17.

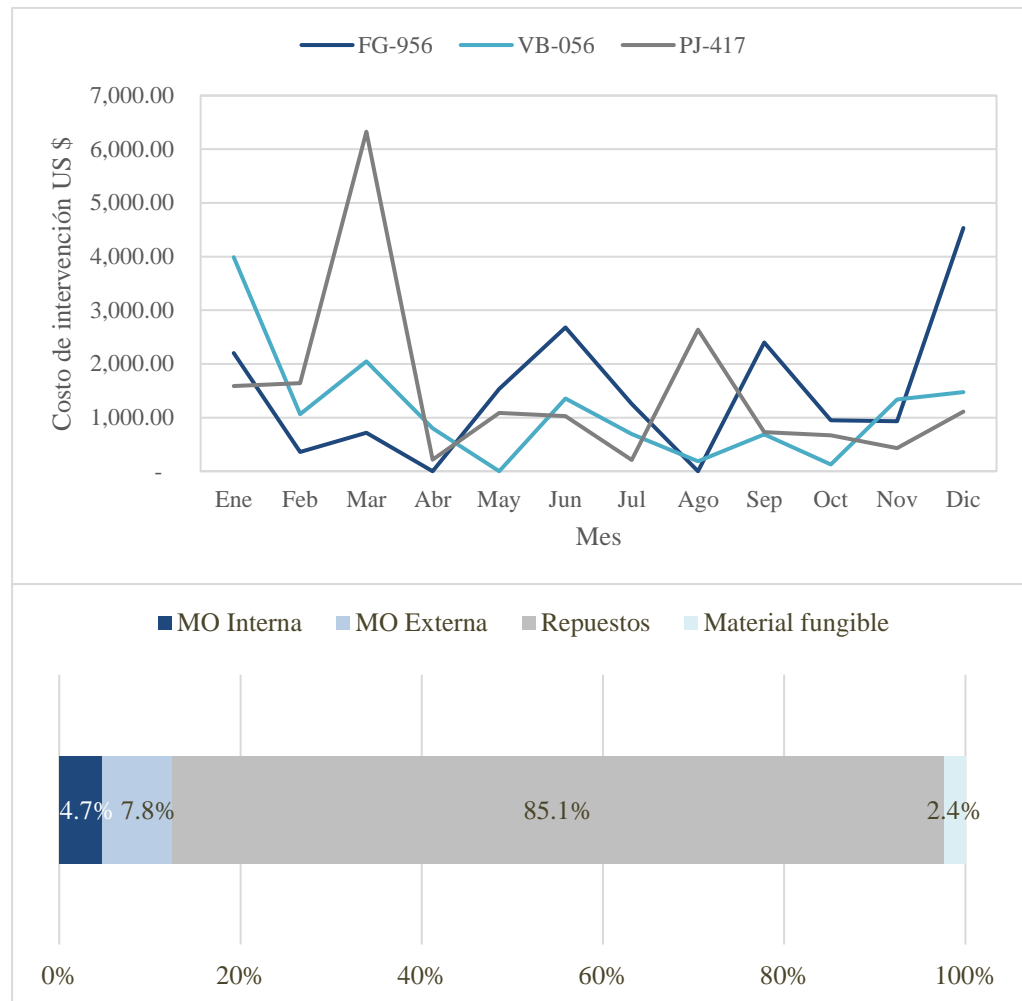


Figura 17. Costos de intervención.

Nota. Ver Anexo 11. Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 17, los costos de intervención de cada camión en algunos meses logra alcanzar picos importantes sobrepasando en mucho los US\$ 2, 000.00, el monto anual de la suma de los tres camiones analizados es de US\$ 48, 982.80 costo que se encuentra fraccionado en porcentajes para conocer el factor que más influye en la intervención, como se muestra el 85.1% pertenece a la compra de repuestos, seguido de la mano de obra con 12.5% (representa tanto la mano de obra interna como externa); por último, un 2.4% necesario para poder realizar las tareas correctivas

Otro de los costos a ser analizado es el de falla que representa las pérdidas monetarias por indisponibilidad de la unidad y su impacto en la operatividad como se muestra en la Figura 18.

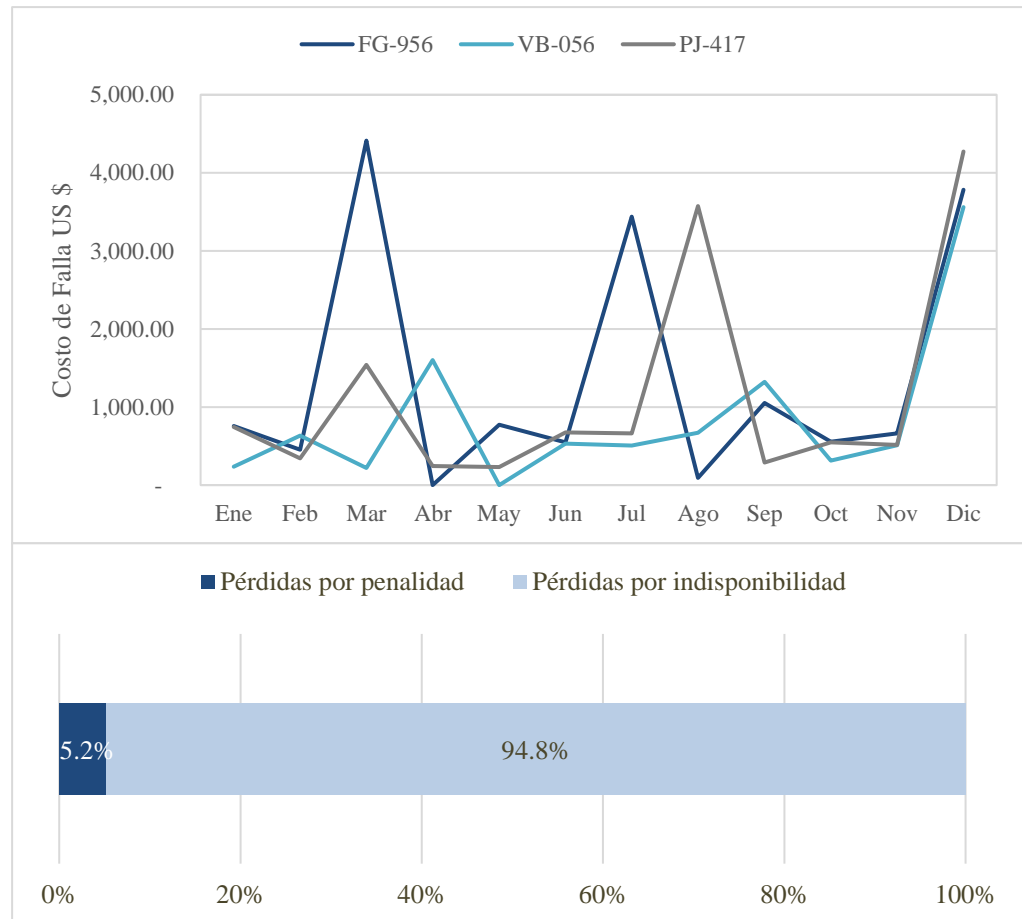


Figura 18. Costos de falla.

Nota. Ver Anexo 12. Elaboración propia.

Mediante este resultado, podemos decir que el costo de falla logra sobrepasar los US\$ 3,000.00 en cuatro de los meses del año correspondiente al detalle de los tres camiones cisterna, un costo que tiene un total de US\$ 40, 289.25 durante todo el periodo, es interesante mencionar que el pago por penalidad solo se genera cuando hay retraso porque la falla fue inesperada, lo cual lleva un determinado tiempo en reemplazarla con la unidad stand by con que cuenta el área. Es por ello que podemos ver un margen bajo (5.2%) con respecto al costo

por impacto por indisponibilidad (94.8%), que está relacionado directamente por las pérdidas que deja un camión cisterna inoperativo.

Por último, determinaremos la suma de estos dos costos antes analizados para conocer a detalle cómo está compuesto y que tanto ha impactado en el presupuesto total de la flota durante todo un año (Figura 19).

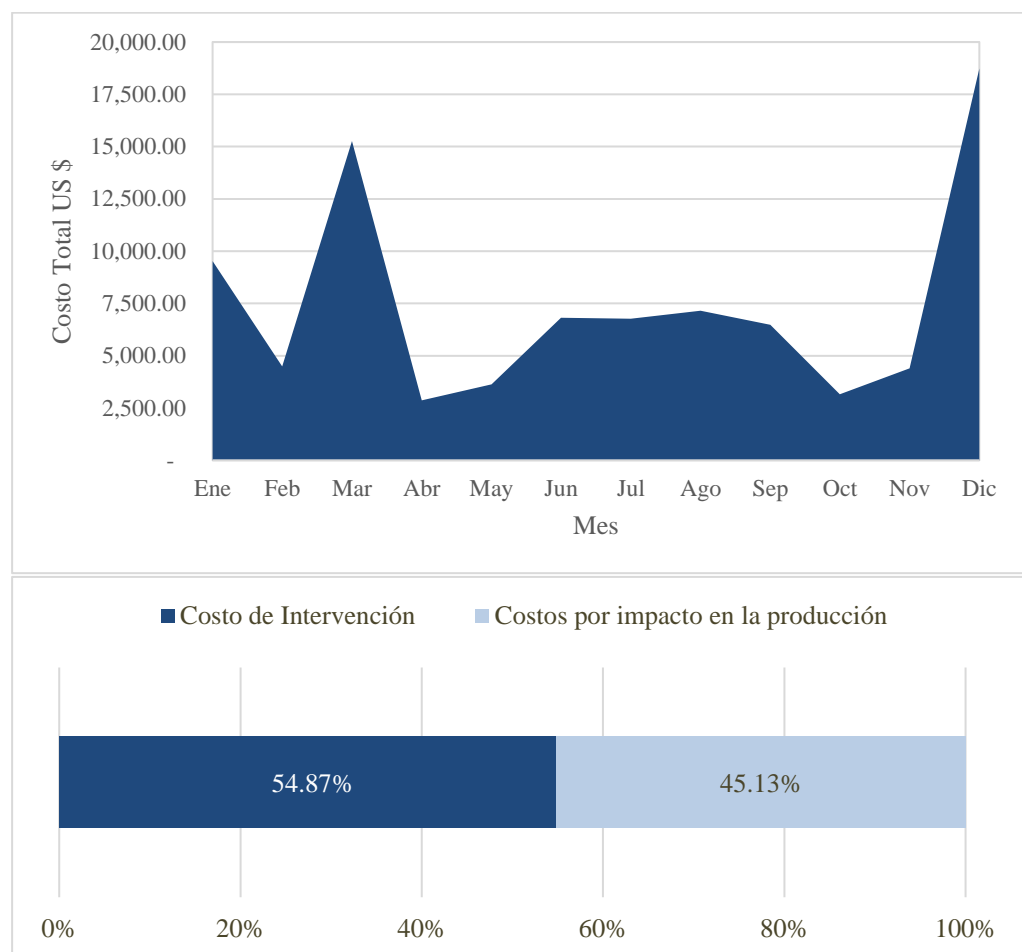


Figura 19. Costo total de parada no programada.

Nota. Ver Anexo 13. Elaboración propia.

Tras los resultados de la suma total de los costos que genera una parada imprevista, se evidencia un golpe para el presupuesto fijado a inicio del periodo lo cual afecta la rentabilidad de la empresa, de la suma de los tres camiones cisterna, se ha generado un egreso de US\$ 89, 272.05 al año, el 54.87% de este

perteneciente a los costos por intervención mientras que el 45.13% corresponde al impacto que se tiene en la operatividad de despacho.

El análisis de este último punto es más que importante, ya que para poder conseguir reducir los costos antes mencionados se debe lograr primero extender los tiempos entre reparación y evitar detenciones, lo que significa tener un incremento de la confiabilidad; sin embargo, este factor depende de algunas variables como el propio desgaste en el que está sometido el camión cisterna, debido a trabajos forzosos en mina, lo que trae consigo incrementos del costo de la unidad a largo plazo. Ante ello, es importante determinar un tipo de mantenimiento acorde a cada componente que conforman los sistemas de las unidades con la finalidad de evitar paradas no programadas, pues perjudican la operatividad de la flota y crea costos innecesarios. Así mismo, se debe implementar metodologías y herramientas que mejoren el proceso a llevar a cabo para lograr que los indicadores técnicos necesarios estén acordes con lo que pide mina, tal razón es que se incide en aplicar un mantenimiento centrado en confiabilidad, detallado en el siguiente objetivo.

3.3. Aplicación de la metodología RCM

La razón de este objetivo es centraremos en mejorar los costos de mantenimiento a través del incremento de la confiabilidad de los camiones cisterna que en el periodo en estudio tuvieron algunos inconvenientes por paradas no programadas y que afecto el presupuesto del resto de la flota.

3.3.1. Identificación y elección de componentes críticos

Para este punto se realizó un análisis de criticidad teniendo en cuenta todas las fallas de los tres camiones cisterna mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9.

Resultado de ponderaciones

Componente	Frecuencia de falla	Costo de reparación	impacto en producción	Impacto en seguridad	Impacto ambiental y comunidades	Consecuencia	Total
Serbo de dirección	5	0.5	2.7	2.1	0.9	6.2	31
Paquete de muelles	3	0.5	1.5	0.3	0.3	2.6	7.8
Faja y rodaje con desgaste	3	0.1	2.7	0.3	0.3	3.4	10.2
Alternador	1	0.1	0.9	0.3	0.3	1.6	1.6
Sócate	3	0.1	2.7	0.3	0.3	3.4	10.2
Interruptor	1	0.1	0.9	0.3	0.3	1.6	1.6
Inyector	1	0.3	0.9	0.9	1.5	3.6	3.6
Ramal de cables lado derecho	1	0.5	0.9	1.5	0.9	3.8	3.8
Bomba de Despacho	5	0.9	2.7	0.9	1.5	6	30
Toma de fuerza (PTO)	3	0.3	1.5	0.3	0.3	2.4	7.2
Carrete de alto caudal	5	0.9	2.7	1.5	0.3	5.4	27
Pernos de anclaje	1	0.1	0.9	0.9	0.3	2.2	2.2
Discos de Embrague	3	0.9	2.7	0.9	0.3	4.8	14.4
Manguetas	1	0.1	2.1	0.3	0.3	2.8	2.8
Árbol de Transmisión	1	0.1	0.9	0.3	0.3	1.6	1.6
Barra longitudinal entre ruedas	1	0.1	0.9	0.3	0.3	1.6	1.6
Regulador de freno de Escape	1	0.1	0.9	0.9	0.3	2.2	2.2
Bomba de embrague	1	0.1	0.9	0.9	1.5	3.4	3.4
Neumáticos	1	0.3	0.9	1.5	0.3	3	3
Resorte Progresivo	1	0.1	0.9	0.9	0.3	2.2	2.2
Intercambiador de Calor	1	0.1	0.9	0.3	0.3	1.6	1.6
Sensor	1	0.1	0.9	0.3	0.3	1.6	1.6
Turbo	1	0.5	2.7	0.3	0.3	3.8	3.8
Pulmón de Freno	1	0.1	0.9	1.5	0.3	2.8	2.8
Compresor de Aire	1	0.1	0.9	1.5	0.3	2.8	2.8
Cinturón de seguridad	1	0.1	0.9	1.5	0.3	2.8	2.8
Caja de Dirección	1	0.1	0.9	1.5	0.9	3.4	3.4
Cañerías de Alta Presión de ATF	1	0.1	2.7	2.1	0.9	5.8	5.8

Nota. Fuente consultada: CMMS. (2019). Elaboración propia.

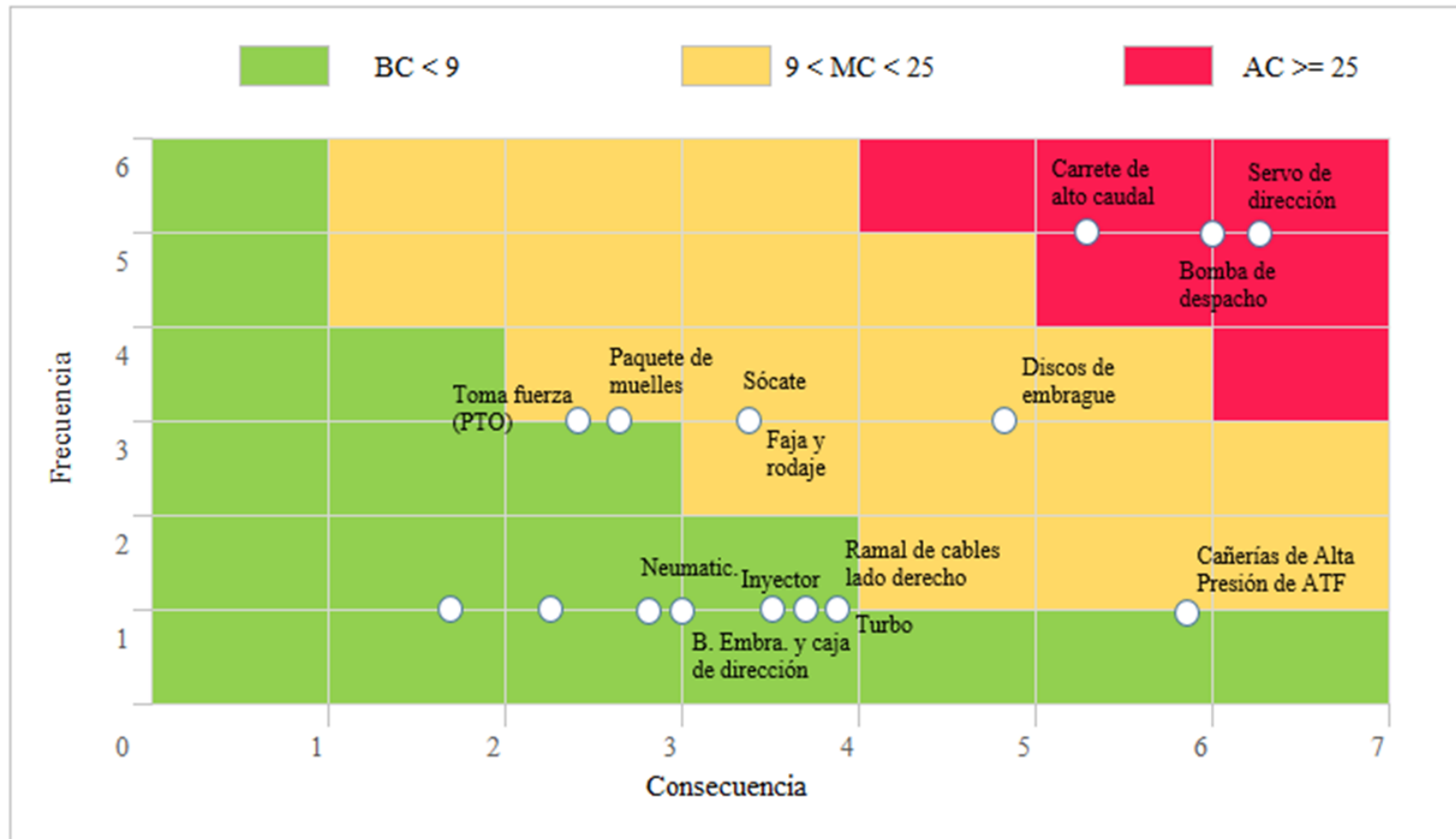


Figura 20. Matriz de criticidad.

Nota. Ver Anexo 24. Elaboración propia.

Tras los resultados obtenidos en la Tabla 9 y Figura 20 teniendo en cuenta la ponderación de cada uno de sus criterios (Anexo 19-23) podemos centrarnos en la priorización de estos componentes según sus valores producto de la consecuencia por la criticidad, tal y como se muestra en la Figura 21.

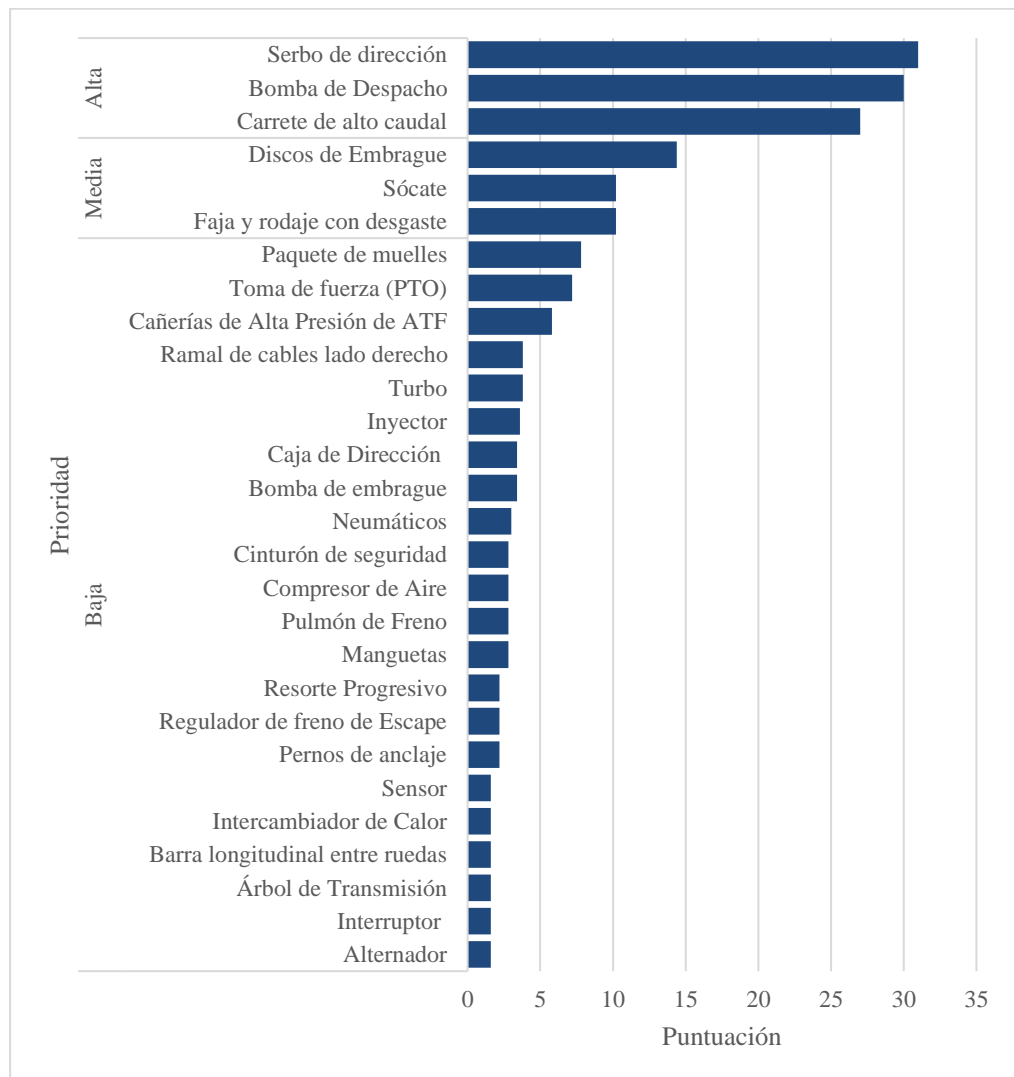


Figura 21. Priorización de componentes críticos.

Nota. Ver Anexo 24. Elaboración propia.

Tras lo mostrado en la Figura 21 tomaremos seis componentes para seguir con la secuencia del análisis, correspondientes a la categoría alta y media. Estos serán evaluados a continuación en una metodología AMEF.

3.3.2. Elaboración de modos y efectos de falla

Tabla 10.

Hoja de información

Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de falla
Servo de Dirección	1 Alimenta de aceite hidráulico a la caja de dirección	A Baja presión de aceite de dirección.	1 Zumbido de volante de dirección	Volante de dirección se endurece
			2 Aceite ATF contaminado	Desgaste de componentes internos
Faja y rodaje con desgaste	2 La faja transmite el movimiento del cigüeñal a polea del ventilador	B Volante de dirección por momentos se endurece	1 Baja presión de neumáticos delanteros	Volante de dirección se endurece
			2 Baja presión de aceite de dirección	Volante no gira a ningún lado
Sócate	3 Soporta al foco y permite que el foco puede estar fijo a la base	A No se transmite la energía mecánica	1 Lámparas de faros delanteros se queman rápido	Rotura de faja
			2 Lámparas de mucha potencia	Rotura de polea y rodaje
Bomba de Despacho	4 Permite la succión y el impulso del combustible del tanque a la manguera de salida	A Falta de succión en bomba	1 Fajas resacas	Focos se queman muy rápido
			2 Rodajes de templadores de faja están agarrotados	
		B Bajo caudal para despachos de combustible	1 Sello mecánico desgastado	Goteo de combustible
			2 Eje de rotor con desgaste	Vibración de bomba de despacho
Carrete de alto caudal	5 Contiene a la manguera que sirve para el despacho de combustible, también está conectado la línea principal de combustible	A Mal funcionamiento del carrete	1 Paletas de rotor de bomba presenta desgaste	Baja presión para despacho de combustible
			2 Resorte de válvula de regulación presenta vencimiento	Baja presión para despacho de combustible
		B Carrete de alto caudal no trava	3 Colador de línea está con residuos pesados	Baja presión para despacho de combustible
			C Fuga de combustible por carrete de alto caudal	1 Resorte progresivo está roto
		2 Manguera es demasiado pesado para el carrete		La manguera no enrolla en carrete
		1 Desgaste de pin de anclaje	No trava el carrete al jalar la manguera	
2 Engranaje de pin de anclaje con desgaste	No trava el carrete al jalar la manguera			
Discos de Embrague y sus accesorios	6 Permite el acople y desacople del motor con la caja de cambios.	A Perdida de potencia de motor	1 O ring de codo de ingreso esta rajado	Fuga de combustible por codo de ingreso al carrete
			2 O ring de codo de ingreso mal montado	Fuga de combustible por codo de ingreso al carrete
			3 Bomba de embrague con fuga de líquido de embrague	
			1 Forro de disco de embrague desgastado	Perdida de potencia de motor
			2 Diafragma de presión no tiene tensión	No ingresa las marchas
			3 Bomba de embrague con fuga de líquido de embrague	Goteo de líquido y pérdida de embrague

Nota. Fuente consultada: Mora Gutiérrez, A. (2009). Elaboración propia.

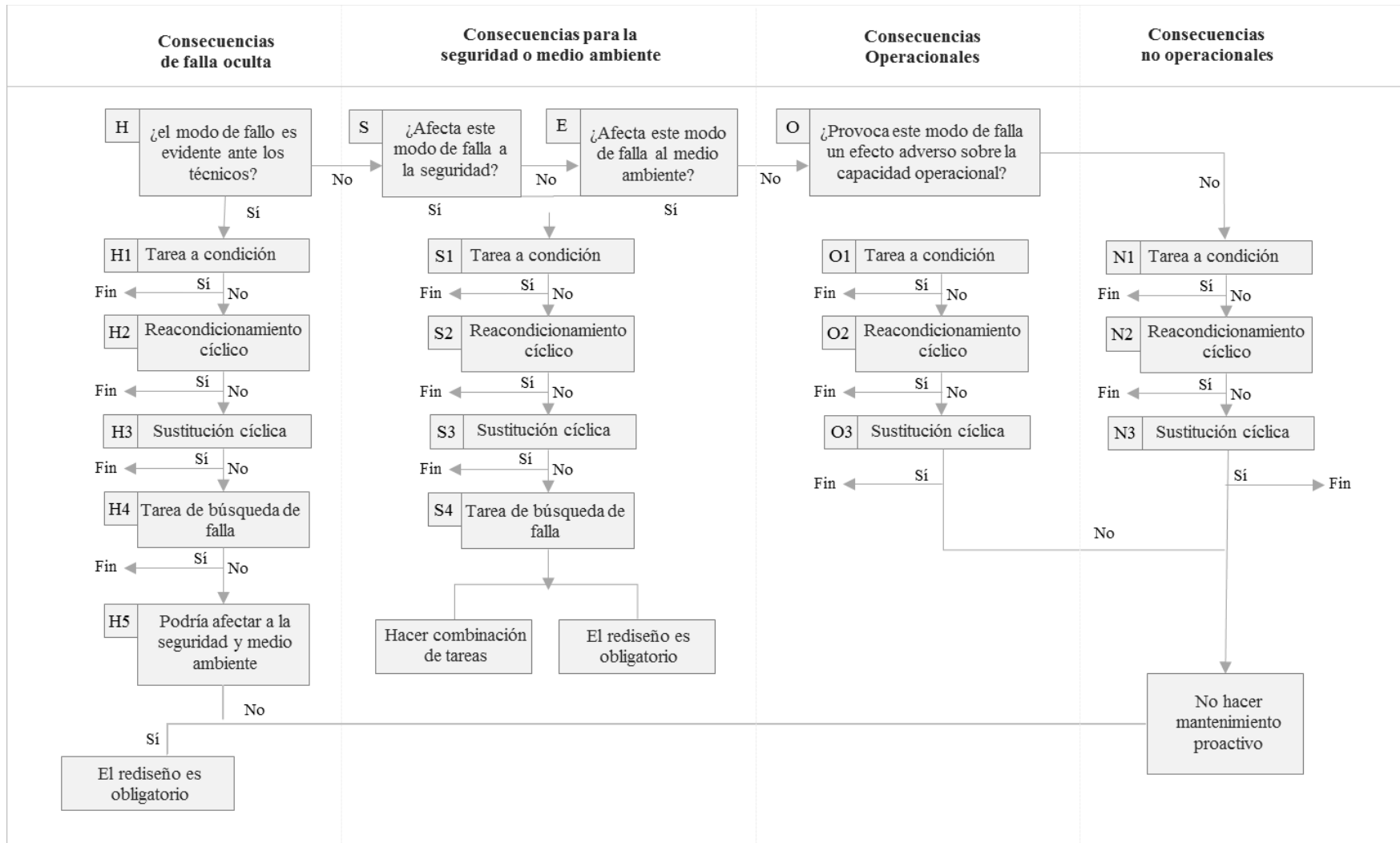


Figura 22. Árbol lógico de decisiones RCM

Nota. Fuente consultada: Moubray, J. (2004). Elaboración propia.

De acuerdo con el árbol lógico de decisiones RCM (Figura 22). Se elaboró una hoja de decisión tomado en consideración los modos de falla de los seis componentes seleccionados tal y como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11.

Hoja de decisión

Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	"Acción a falta de"		
							S1	S2	S3			
							O1	O2	O3			
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4
Servo de Dirección												
1	A	1	S	S	N	S	N	N	S			
1	A	2	N	S	N	S	N	S				
1	B	1	S	N	N	N	N	S				
1	B	2	N	S	N	S	N	S				
Faja y rodaje con desgaste												
2	A	1	S	N	N	N	N	N	S			
2	A	2	S	N	N	S	N	N	S			
Sócate												
3	A	1	S	N	N	S	N	N	S			
3	A	2	S	N	N	S	N	N	S			
Bomba de Despacho												
4	A	1	S	N	S	S	N	N	S			
4	A	2	S	N	S	S	N	N	S			
4	B	1	S	N	N	N	N	N	S			
4	B	2	N	N	N	S	N	N	S			
4	B	3	S	N	N	S	N	N	S			
Carrete de alto caudal												
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S			
5	A	2	S	N	N	N	N	N	S			
5	B	1	S	N	N	S	S	N	N			
5	B	2	S	N	N	S	S	N	N			
5	C	1	S	N	S	S	N	N	S			
5	C	2	S	N	S	S	N	N	S			
Discos de Embrague												
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S			
6	A	2	S	N	N	S	N	N	S			
6	A	3	S	N	N	S	N	N	S			

Nota. Fuente consultada: Mora Gutiérrez, A. (2009). Elaboración propia.

Tras ello, se formuló taras especificando

Tabla 12.

Tarea propuesta

Tarea Propuesta	Intervalo Inicial (A=Año, M=Mes, S=Semana, D=Día)	A realizarse por
Servo de Dirección		
Cambio de servo dirección	6 M	Técnico
Cambio de aceite y monitoreo	1 S	Técnico
Nivel presión de aceite y monitorear	1 S	Técnico
Cambio de aceite y monitoreo	1 S	Técnico
Faja y rodaje con desgaste		
Cambio de faja y monitoreo	1 M	Técnico
Cambio de rodaje y monitoreo	6 M	Técnico
Sócate		
Cambio de sócate y monitoreo	6 M	Técnico
Revisión en la compra de focos	1 M	Técnico
Bomba de Despacho		
Cambio de sello mecánico	1 A	Técnico
Reparación total de bomba	1 A	Especialista
Reparación total de bomba	1 A	Especialista
Cambio de regulador de bomba	1 A	Especialista
Limpieza de colador de línea	1 S	Técnico
Carrete de alto caudal		
Cambio de resorte progresivo	1 A	Especialista
Realizar la compra de manguera recomendado		Logística
Lubricación de componentes	1 S	Técnico
Lubricación de componentes	1 S	Técnico
Cambio de o ring de carrete	1 A	Técnico
Cambio de o ring de carrete	1 A	Técnico
Discos de Embrague		
Cambio de disco de embrague	1 A	Especialista
Cambio de diafragma	1 A	Especialista
Cambio de embrague	1 A	Especialista

Nota. Fuente consultada: Mora Gutiérrez, A. (2009). Elaboración propia.

Podemos ver entonces de acuerdo a la Tabla 12 la elaboración de tareas teniendo en consideración los intervalos de tiempo y el encargado de realizar dicha labor, según corresponda el modo de falla.

3.3.3. Evaluación del número de prioridad de riesgo (NPR)

Tras los resultados mostrados anteriormente, se realizó una evaluación del número de prioridad de riesgo (NPR) tal y como se muestra se la Tabla 13.

Tabla 13.

Resultados del Número de prioridad de riesgo

Componente	F	FF	MF	Índices de Riesgo			NPR
				G	O	D	
Servo de Dirección	1	A	1	6	6	5	180
	1	A	2	8	6	4	192
	1	B	1	3	10	1	30
	1	B	2	10	6	3	180
Faja y rodaje con desgaste	2	A	1	8	8	1	64
	2	A	2	9	8	4	288
Sócate	3	A	1	8	6	3	144
	3	A	2	6	1	1	6
Bomba de Despacho	4	A	1	9	7	1	63
	4	A	2	8	7	5	280
	4	B	1	8	7	5	280
	4	B	2	8	4	4	128
	4	B	3	7	8	3	168
Carrete de alto caudal	5	A	1	7	5	5	175
	5	A	2	8	1	1	8
	5	B	1	8	6	4	192
	5	B	2	8	6	4	192
	5	C	1	8	5	5	200
	5	C	2	8	5	5	200
Discos de Embrague	6	A	1	8	5	5	200
	6	A	2	8	6	5	240
	6	A	3	8	6	5	240

Nota. Fuente consultada: Mora Gutiérrez, A. (2009). Elaboración propia.

La Tabla 13, indica la evaluación de criterios de gravedad, ocurrencia y detección de fallas, donde el producto de estos tres da como resultado un valor conocido como NPR, esta evaluación se aprecia mejor en la Figura 23, donde se observa a detalle las estimaciones y puntaje de cada uno de los modos de fallas seleccionados.

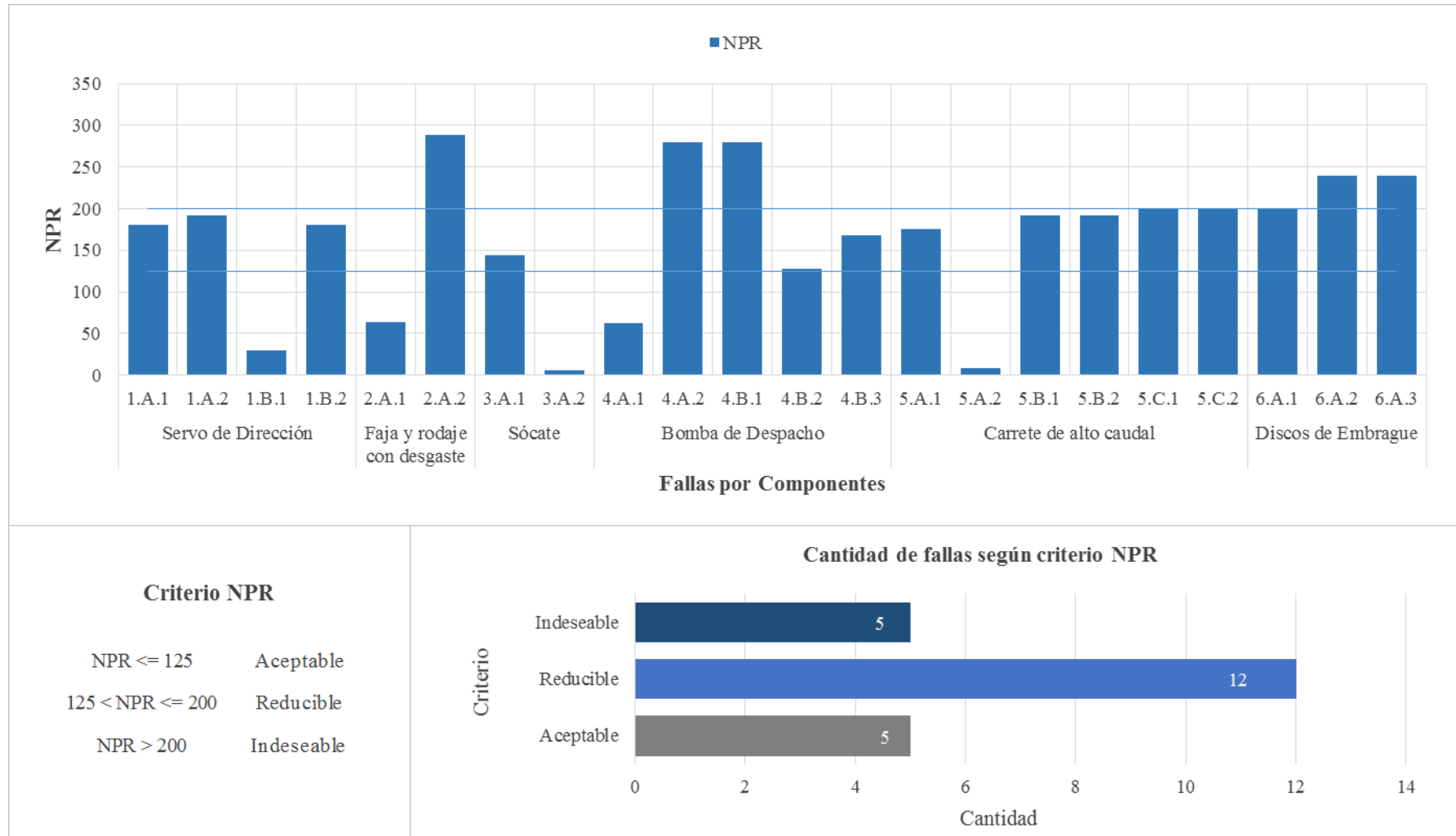


Figura 23. Resultados NPR.

Nota. Ver Anexo 25. Elaboración propia.

Según se observa en la Figura 23, respecto al análisis de modos y efectos de falla (Tabla 10) se determinó que de las 22 fallas (se tomó la prioridad según análisis de criticidad) ocurridas en los componentes 5 de ellas (22.7%) se encuentran en una categoría de inaceptable, 12 (54.5%) fallas reducibles, punto donde se registra la mayor influencia; por último 5 fallas más (22.7%) el nivel aceptable. Es decir que, si nos centráramos entre el grupo indeseable y reducible, como prioridad, podríamos generar un impacto de reducción de las fallas hasta en 77% aproximadamente.

3.3.4. Programación del mantenimiento

Basándonos en los resultados programamos un mantenimiento preventivo (programa del proveedor modificado según condición de trabajo) según se muestra en la Tabla 14 y Tabla 15.

Tabla 14.

Programa de mantenimiento Preventivo Volvo FMX 370 (i)

Mantenimiento Preventivo	Periodicidad C/Hrs	Código	Cant.
Aceite de motor VDS 3	500	85102464	38
Filtro aceite de motor	500	478736	2
Filtro by- pass	500	477556	1
Filtro de combustible	500	21972293	1
Filtro separador de agua	500	21380488	1
Medición de discos de embrague	500		
Mano de obra	500		
Filtro de aire primario	1,500	8149064	1
Aceite de caja	1,500	1161280	15
Filtro de caja	1,500	22023120	1
Mano de obra por cambio de aceite de caja de cambios	1,500	17573.3	0.4 H
Aceite de diferencial	2,000	1161279	50
Mano de obra por cambio de aceite de transmisión	2,000	17573.3	0.90 H
Limpieza, evaluación de intercooler y radiador	2,000		
Filtro de aire secundario	3,000	218344199	1
Mano de obra por cambio de filtro de aire secundario	3,000	25424-2	0.3 H

Tabla 15.

Programa de mantenimiento Preventivo Volvo FMX 370 (ii)

Mantenimiento Preventivo	C/Hrs	Código	Cant.
Líquido de embrague	3,000	85112076	1
Mano de obra por cambio de líquido de embrague	3,000	17517.3	0.3 H
Filtro secador	3,000	20884121	1
Mano de obra por calibrado de filtro secador	3,000	56198.3	0.2 H
Filtro de cabina	3,000	21758906	1
Mano de obra por cambio de filtro de cabina	3,000		0.1 H
Filtro de aire de tanque	3,000	3944785	1
Filtro de dirección	3,000	349619	1
Mano de obra por cambio de filtro de dirección	3,000	64900.2	0.2 H
Manto de alternador	3,000		
Mano de obra por manto de alternador	3,000		
Manto de arrancador	3,000		
Mano de obra por arrancador	3,000		
Revisión de caja porta herramientas	3,000		
Revisión de carretes de despacho	3,000		
Cambio de carrete de despacho	6,000		
Aceite de dirección hidráulica	6,000	969647	4
Mano de obra por cambio de aceite de dirección	6,000		0.2 H
Aceite de basculamineto	6,000		3
Mano de obra por cambio de aceite de basculamiento	6,000		
Cambio de kit de bomba de cabina	6,000		1
Mano de obra por cambio de bomba de cabina	6,000		
Cambio de correas de alternador	6,000		1
Mano de obra por cambio de correas de alternador	6,000		
Cambio de tensor de alternador	6,000	21422765	
Mano de obra por cambio de tensor de alternador	6,000		
Cambio de correas de ventilador	6,000		
Mano de obra por cambio de correas de ventilador	6,000		
Cambio de tensor de ventilador	6,000	21422765	
Mano de obra por cambio de tensor de ventilador	6,000		
Cambio de tensor de faja	6,000	8086970	
Mano de obra por cambio de polea de templador	6,000		
Cambio de tapa tanque expansión	6,000		
Cambio de kit reparación de caja de dirección	6,000	85108700	
Mano de obra por cambio de bomba de cabina	6,000	64202	
Evaluación de servotubos	6,000		1
Anticongelante VCS	10,000	85108914	40
Cambio de bomba de agua de motor	15,000	20902431	1
Mano de obra por cambio de bomba de agua	15,000	26202.2	1.2 H

Nota. Fuente área de mantenimiento. Elaboración propia.

Como ya mencionamos los mantenimientos considerados en las Tablas 14 y 15 han sido modificadas según una la condición de trabajo de los camiones cisterna, adicionalmente se le agregó una inspección básica cada 500 Horas y una inspección completa cada 6000 horas.

3.4. Análisis de la influencia de un mantenimiento centrado en confiabilidad

Para determinar el impacto que generó realizar un mantenimiento centrado en confiabilidad en las fallas no programadas se realizó un análisis comparativo de los periodos de trabajo 2018 y 2019, donde observamos la variabilidad de los costos de un año respecto al otro, el primero de ellos es el costo de intervención total y por componentes de los costos (Figura 24).

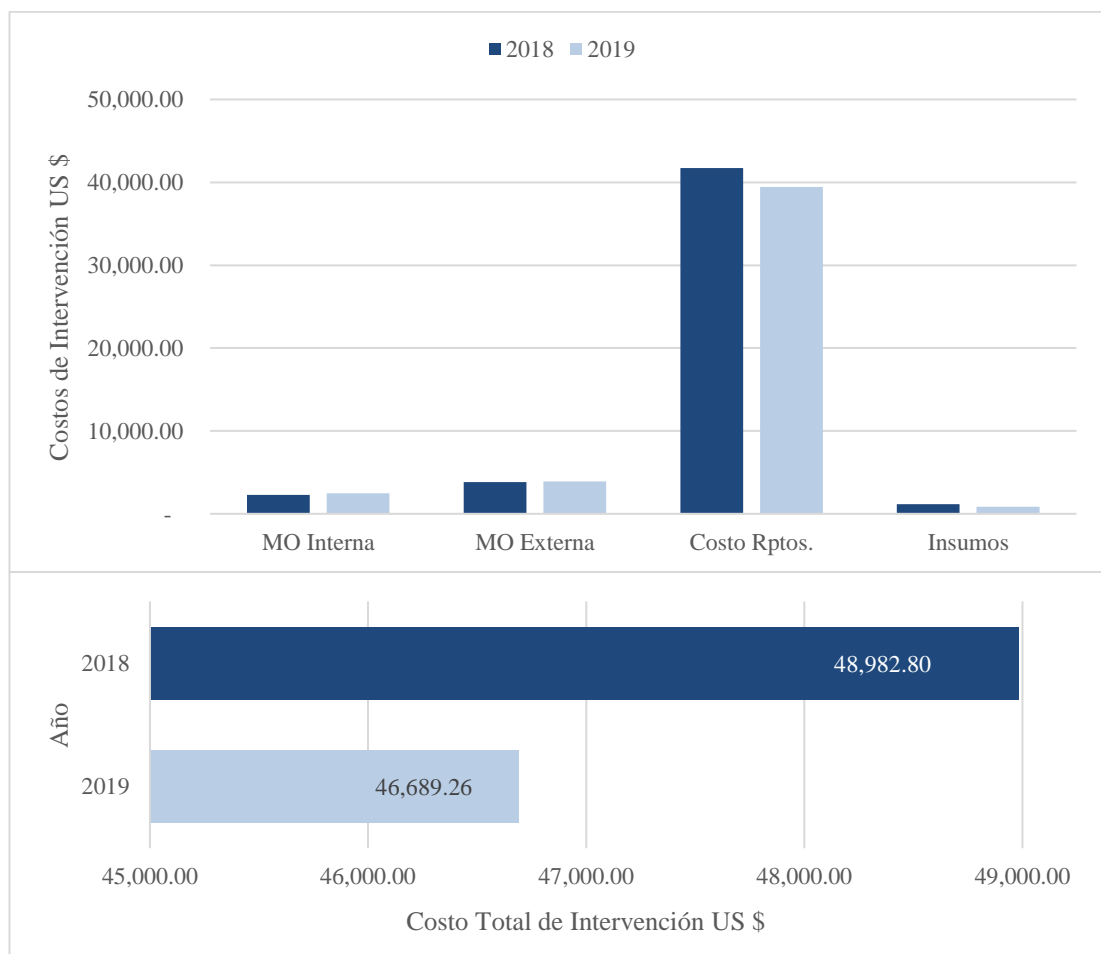


Figura 24. Comparación de los Costos de intervención 2018 y 2019

Nota. Ver Anexo 26. Elaboración propia.

Como podemos observar en la Figura 24 los costos de intervención, han reducido de US\$ 48, 982.80 (año 2018) a US\$ 46, 689.26 (año 2019) esta variación se observa a detalle en la Figura 25

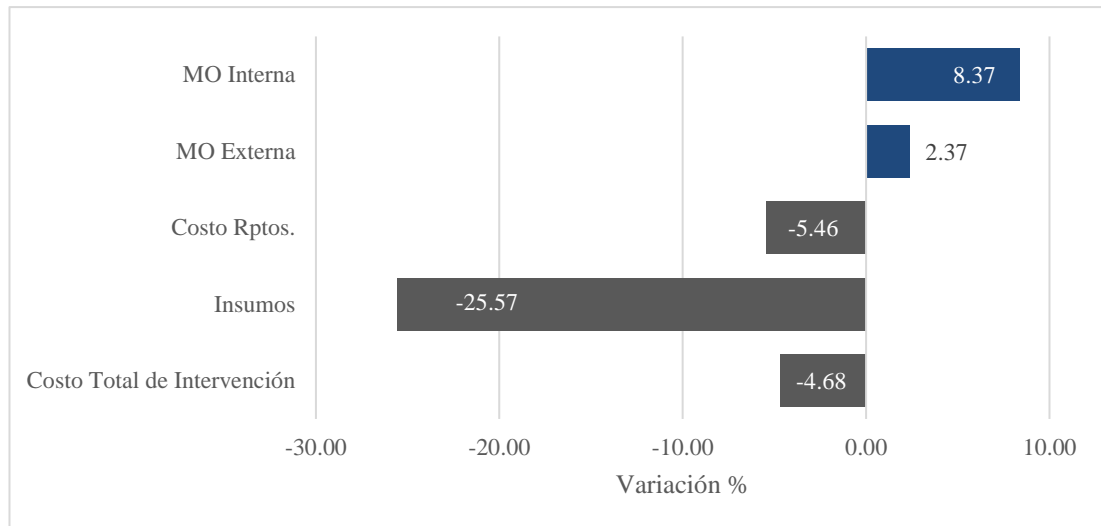


Figura 25. Variación del costo de intervención.

Nota. Ver Anexo 26. Elaboración propia.

Tras los resultados mostrados en la Figura 25, se observa un incremento en el costo de mano de obra, tanto externa como interna, representado por una variación de 8.37% y 2.37 % respectivamente. Con respecto a la mano de obra interna, la razón principal tiene que ver con capacitación a técnicos y la incorporación de un asistente técnico para realizar labores de inspección rutinaria y registro de datos. En lo que mano de obra externa se refiere, tuvo que ver con una falla de intervención especializada. Otro detalle es la variación positiva del costo de repuesto con un 5.46% menos que el año 2018, esto a raíz de que se gestionó mejor, tanto la cantidad de repuestos almacenados como el proceso de pedido, buscando mejores alternativas sin perder la calidad de lo requerido para el camión cisterna. Finalmente se evidencia una reducción considerable de 25.57% en los insumos necesarios para realizar las labores de mantenimiento, donde tuvo que ver el orden de trabajo y evitar el uso desmesurado de estos materiales, a la vez de llevar un control de inventario de las herramientas del taller.

Otro de los componentes de los costos totales correctivos son los costos por falla, donde se determinó un impacto positivo según se muestra en la Figura 26.

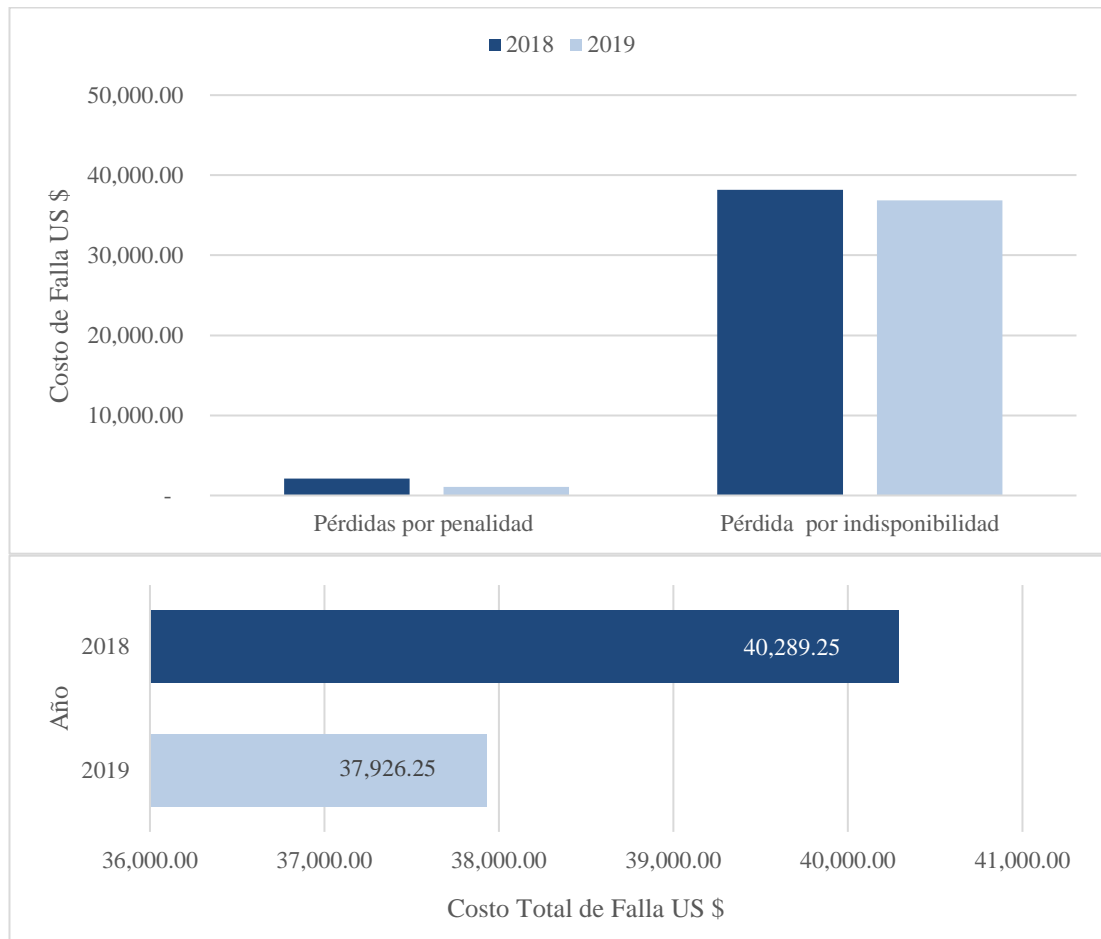


Figura 26. Comparación de los costos de falla 2018 y 2019

Nota. Ver Anexo 26. Elaboración propia.

Podemos ver claramente una influencia positiva tanto en las pérdidas por penalidad así como de indisponibilidad, lográndose reducir de US\$ 40,0289.25 a USD 37, 926.25 esto a razón que la programación de mantenimiento provocó evitar que las paradas no programadas se excedieran; lo que llevo a una control de detenciones, para el año 2018, se obtuvo 15, 14 y 16 fallas pertenecientes a las unidades FG-956, VB-056 y PJ-417 respectivamente mientras que para el año 2019 el registro fue de 14, 14 y 15 fallas; a su vez, las intervenciones correctivas tuvo menor tiempo de respuesta gracias a la mejora de procedimientos logrando poner operativa la máquina con mayor rapidez.

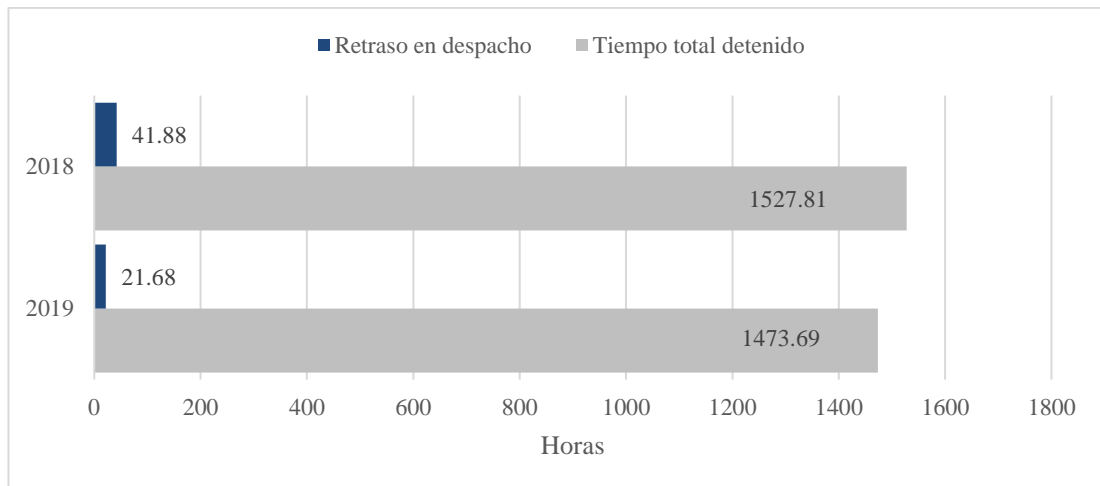


Figura 27. Comparación de retrasos y detención de la unidad año 2018 y 2019

Nota. Ver Anexo 26. Elaboración propia.

Como habíamos mencionado, los retrasos en despacho registran 20.20 horas menos que el año 2018 mientras que el tiempo total que estuvo detenida la unidad fue de 54.12 horas menos que el año anterior. Todo ello generó una variación tal y como se muestra en la Figura 28.

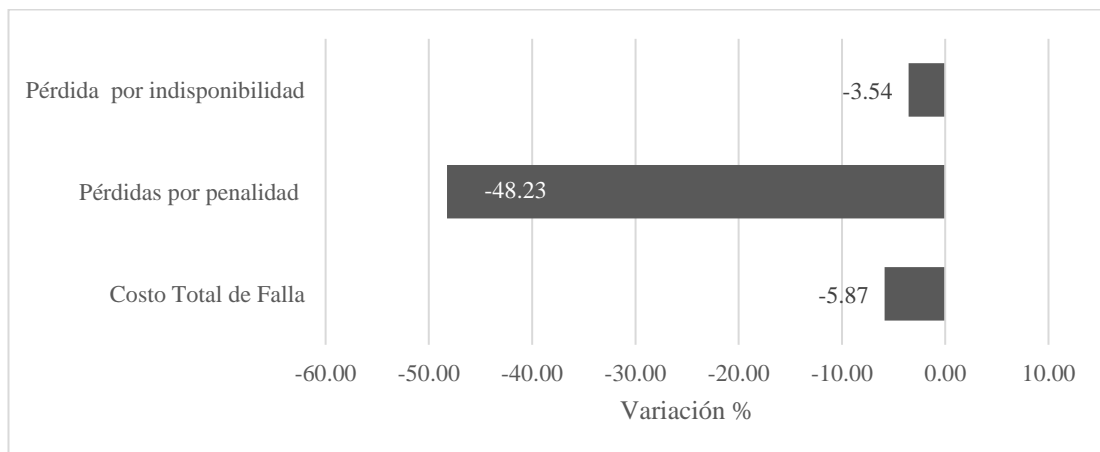


Figura 28. Variación del costo de falla

Nota. Ver Anexo 26. Elaboración propia.

La Figura 28, muestra una reducción considerable en pérdidas por penalidad de 48.23% menos, mientras que por indisponibilidad solo fue de 3.54% menos; todo ello influyó para una reducción total de los costos de falla en un 5.87% menos con respecto al año anterior.

Finalmente, a través de una gráfica de barras podemos mostrar los costos antes mencionados con los costos total correctivo. Tal y como se muestra en la Figura 29, mostrando a su vez la variación % del año 2019 con respecto al 2018, evidenciando el grado de influencia de un mantenimiento centrado en confiabilidad en los costos por paradas no programadas.

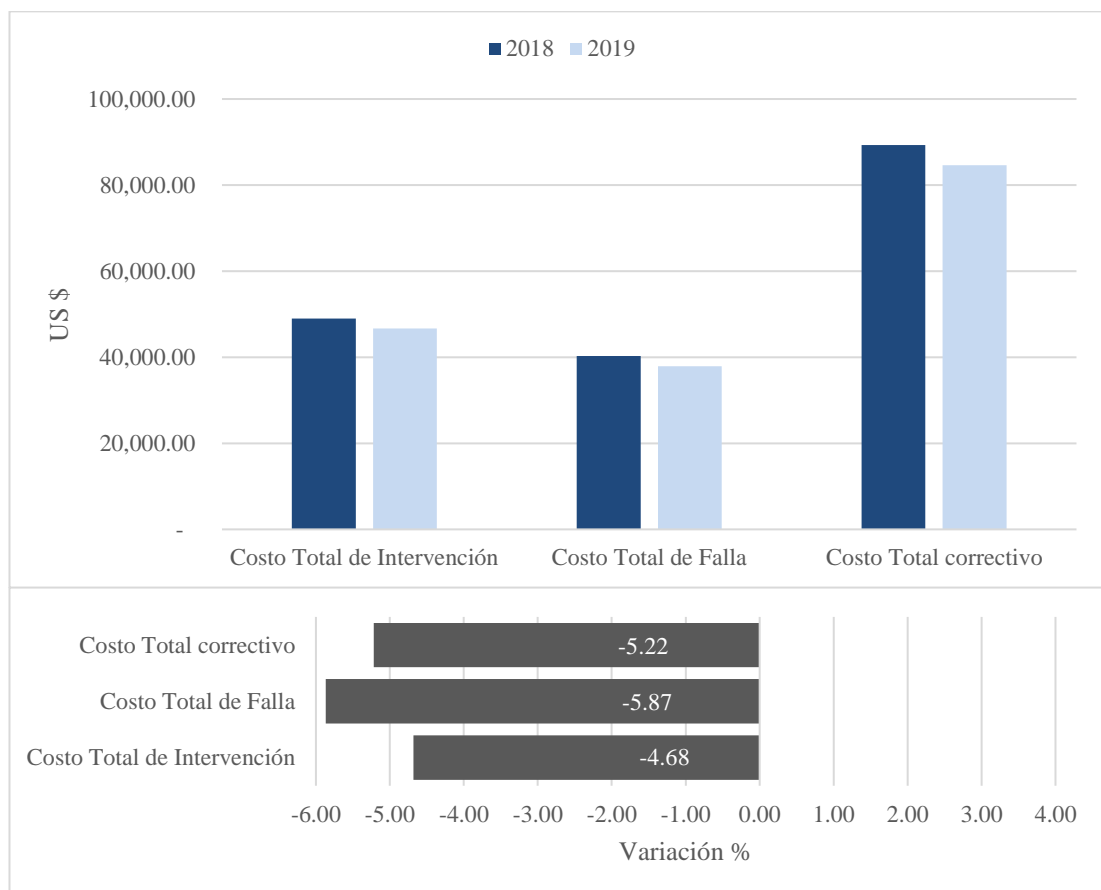


Figura 29. Comparación de costos total correctivo año 2018 y 2019

Nota. Ver Anexo 26. Elaboración propia.

Entonces podemos decir que el impacto que generó elaborar un mantenimiento centrado en confiabilidad es de 5.22% un impacto beneficioso para la empresa ya que influye en la rentabilidad de la empresa. Esto es un índice interesante ya que los costos de mantenimiento respecto al año anterior según registros del área, aumentan entre 3% a 5% más, por motivos que la maquina presente desgaste con el pasar de los años principalmente teniendo en cuenta el trabajo en mina.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De acuerdo con la investigación de Flores y Gamarra (2018) denominada “Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la caldera de 200 BHP para reducir costos, planta pesquera Hayduk”. En la cual buscaron una implementación RCM con la finalidad de reducir costos, en el cual se hizo uso de la metodología RCM especialmente AMEF y distribución Weibull logrando reducir los costos de mantenimiento en S/. 38,190 en un año. En comparación con la presente investigación, se realizó un estudio basándose en un mantenimiento centrado en confiabilidad como análisis de criticidad; Análisis de modos y efectos de falla; y NPR permitiendo una reducción de US\$ 4,656.53

Así mismo, con la investigación de Centurión (2019) denominada “Implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para optimizar el desempeño en excavadoras CAT 374fl del proyecto Shahuindo” donde indica la importancia de los costos derivados de las actividades de mantenimiento de los equipos afectadas por actividades correctivas, sin planificación donde a su vez aplicó técnicas de recolección de datos como la observación directa y el análisis documental. Información que le permitió analizar el porcentaje actual de paradas no programadas y los costos de mantenimiento y operación, realizar un AMEF y un análisis económico; estudio también logró reducir los costos de mantenimiento en 9.27% (Equivalente a \$5,641.00 de US\$ 60,875.00 a US\$ 55,234.00). De igual manera, el presente trabajo determina la importancia de los costos por paradas no programadas, aplicando métodos de recolección de datos como análisis documental y observación directa, datos que permitieron identificar los principales indicadores técnicos y las frecuencias de las detenciones y haciendo uso de una metodología

RCM se logró determinar el porcentaje de variación de 5.22% equivalente a US\$ 4,656.53 (del periodo 2018 US\$ 89,272.05 a periodo 2019 de US\$ 84,615.51).

Concerniente al tema Guevara (2019) con su tesis denominada “Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW PLASTIC SAC para la reducción de costos por parada de máquina” el cual tuvo como objetivo principal proponer un mantenimiento centrado en confiabilidad para lo cual inicialmente identificó la situación en la que funcionan las maquinarias de esta empresa, recolectando datos durante un periodo de 12 meses. Identificó la cantidad de mantenimientos correctivos y los costos que estos acarrearán para determinar su impacto en la utilidad. Su diagnóstico se basó en 6 equipos de la línea de producción, donde se hallaron 105 averías que generaban 989 horas de parada de máquina y un costo por mantenimientos correctivos de S/. 29 130,00. Del mismo modo, el presente estudio, determina la situación actual de los camiones cisterna durante un periodo de trabajo de un año, donde se identificó tanto la cantidad de intervenciones correctivas así como los costos que esto conlleva, diagnosticando para los tres unidades un total de 45 fallas correspondiente a 1527.81 horas de parada y un costo correctivo de US\$ 89, 272.05

Por último, respecto a la investigación de Guarniz (2018) denominada “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna del Consorcio JRamírez EIRL”, el cual se analizó los indicadores de mantenimiento iniciales de los camiones cisterna, determinando que la disponibilidad se encuentra en el rango de 84.07% - 90.44%, la confiabilidad entre 81.35% - 90.26% y la mantenibilidad entre 52.38% - 75.55%; tras ello, realizó un análisis de modos y efectos de fallas AMEF a los 10 activos físicos

de nivel de clasificación crítico, (48 fallas) encontrando un total de 70 modos de fallas distintos el que Determinó que con la aplicación de un MCC, se puede llegar a reducir el 80% de las fallas que ocasionan pérdidas económicas a la empresa, Todo ello le permitiéndole al Consorcio JRamírez EIRL obtener un beneficio de S/190,927.90, haciendo una comparación con esta investigación, se determinó de igual manera los principales indicadores de mantenimiento, la disponibilidad en un rango de 93% - 95%, confiabilidad en 84% -87% y una mantenibilidad, en 90% – 97% tras lo cual se elaboró un AC a 28 componentes determinando 33 modos de falla diferentes, para luego elaborar un AMEF a 6 componentes tomados como prioridad, obteniendo así, tras una evaluación NPR 5 modos de falla aceptables, 12 reducibles y 5 inaceptables. Para lo cual se elaboró un programa de mantenimiento el cual influyó en -5.22% permitiendo obtener menor egreso en comparación del periodo inicial.

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación podemos extraer algunas implicancias que resultan ser de gran interés; ya que, de acuerdo a una perspectiva académica, la investigación desarrollada ha permitido, validar la metodología RCM desarrollada en los camiones cisterna, en el cual se fundamenta el impacto positivo en los costos generados por paradas imprevistas. Además de proporcionar evidencia de los aspectos que inciden en el resultado y que corresponden a una relación con los antecedentes. En cuanto a las implicaciones prácticas, cabe resaltar que el análisis llevado a cabo puede servir de guía a los encargados de un área de mantenimiento en el rubro minero, considerando que este diseño puede ser una respuesta para optimizar costos y estar acorde con un entorno actual en gestión de mantenimiento que exige una unidad minera, ello implicará que el encargado pueda identificar un punto estratégico para la empresa.

El desarrollo del presente trabajo ha permitido tener claro los resultados; sin embargo, es preciso reconocer la limitación para obtener la información adecuada, considerando que la empresa no cuenta con un área técnica destinada para el estudio de fallas y su respectivo seguimiento, lo cual dificultó la tarea de recolección de datos, teniendo que recurrir a reportes de partes diarios o revisiones realizadas por los técnicos y encargado del manteniendo de los camiones cisterna.

Otras de las limitaciones en el desarrollo de esta investigación fue la búsqueda de antecedentes, donde el grado de dificultad precisó en hallar similitud de variables, además de puntuar que la mayoría de la información resaltante se encontraba restringida.

4.2 Conclusiones

El análisis del área de mantenimiento, correspondiente al año 2018 mediante una evaluación realizado a 9 factores observados se determinó que se cumple con un 61.6% del total de puntos analizados, lo cual significa que se encuentra por encima del 50%, presentando una oportunidad a mejorar de 38.4%. Enfocándose principalmente por cuatro factores (los puntajes obtenidos más bajos); manejo de la información para la toma de decisiones con un 43.3%; manejo de los costos de mantenimiento con un 47.0%; manejo de los indicadores técnicos de mantenimiento 50%; y desarrollo de planes, programas y ejecución de mantenimiento 51.4%

Del diagnóstico actual para los tres camiones cisterna se identificó 45 fallas, trayendo como consecuencia una pérdida de 1527.81 horas. Datos que permitieron determinar una disponibilidad de 84.07% - 90.44%, la confiabilidad entre 81.35% - 90.26% y la mantenibilidad entre 52.38% - 75.55%; así mismo, los costos de mantenimiento

correctivo total por US\$ 89, 272.05 correspondiente a costos de intervención por US\$ 48, 982.80 y costos por falla en US\$ 40 ,289.

La elaboración de una metodología RCM, a través del análisis de criticidad aplicando a 28 componentes correspondientes a las 45 fallas presentadas durante el año 2018, en el cual se determinó como prioridad 6 componentes; para luego aplicar un AMEF del cual resultaría el desarrollo de una hoja de decisión y una evaluación NPR donde se determinó 5 modos de falla aceptables, 12 reducibles y 5 inaceptables. Para finalmente aplicar un programa de mantenimiento ajustado a la condición de trabajo de las unidades.

Se realizó un análisis de los costos, mediante una comparación de los resultados del año 2019 respecto al año 2018, en el cual se determinó la influencia de un mantenimiento centrado en confiabilidad, identificando una variación a favor de 5.22% equivalente a una diferencia US\$ 4, 656.53

REFERENCIAS

Borras, C. (2013). *Ingeniería de mantenimiento Material Docente*. [archivo PDF]. Bucaramanga. Escuela de Ingeniería Mecánica- Universidad Industrial de Santander. file:///C:/Users/USER/Downloads/INGENIERIA_DE_MANTENIMIENTO_Material_Do.pdfPre

Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos* (Científica, vol. 23, núm. 1). México: Instituto Politécnico Nacional.

Camiones y volquetes. (2020). *Revista Rumbo Minero*, (129), 104-105. Recuperado de <https://rumbominero.com/ED129/>

Centurión Roncal, O. (2019). *Implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para optimizar el desempeño en excavadoras cat 374fl del proyecto Shahuindo* (Ingeniero Mecánico Electricista). Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/38905>

Córdova, M. (2014). *Como elaborar un diagrama de Jack Knife - Lo Básico*. [online] recuperado de: <http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/> website: <http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/01/como-elaborar-un-diagrama-de-jack-knife.html>

CMMS. (2019). *Evaluación de criticidad de equipos - Método de jerarquización*. [Publicación de blog]. <https://cmms.pe/gestion-de-mantenimiento/evaluacion-de-criticidad-de-equipos-metodo-de-jerarquizacion/>

Daquinta, A. (2019) *Criticidad de la cosechadora Jumil 390 durante la cosecha del frijol en la Empresa Agropecuaria La Cuba*. [pdf] IX edición de la conferencia científica. Cayos de Villa Clara, Cuba.

EasyMaint (Julio, 2017). *Objetivo del Costo de Mantenimiento*. [Publicación de blog]. Recuperado de <http://easy-maint.net> website: http://easy-maint.net/blog_easymaint/2017/07/03/objetivo-del-costode-mantenimiento/

Flores Osorio, G. A. F., & Gamarra Infante, E. R. (2018). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la caldera de 200 BHP para reducir costos, planta pesquera Hayduk*. Callao. Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4236>

García Garrido, S. (sf). *Indicadores En Mantenimiento*. [Publicación de blog]. <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

Guarniz León, L. S. (2018). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna del Consorcio JRamírez EIRL*. (Ingeniero Mecánico). Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36983>

Guerra-López, E., & Montes de Oca-Risco, A. (2019). *Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería*. Boletín de Ciencias de la Tierra, 0(45), 14-21. doi: <https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>

Guevara Gamarra, C. E. (2019). *Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW PLASTIC SAC para la reducción de costos por parada de máquina*. (Ingeniero Industrial). Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2169>

Questiospro. (sf) *33 tipos de investigación y sus características* [online]. <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/>

IPEMAN (Instituto peruano de mantenimiento). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM*. [online]. Recuperado de <https://www.ipeman.com> website: <https://www.ipeman.com/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm/>

La Fiabilidad: La R De La RAMS. (2020). [online]. Recuperado de leedeo.es website: <https://www.leedeo.es/l/fiabilidad/>

Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad: el RCM. (2020). [online]. Recuperado de leedeo.es website: <https://www.leedeo.es/l/reliability-centered-maintenance/>

Mantenimiento y repuestos para maquinarias. (2020). Revista Rumbo Minero, (125), 176-177. Recuperado de <http://www.rumbominero.com/ED125/>

Mantenimiento interno vs externo. (2020). Magazine Transporte Latino. [online]. Recuperado de www.transportelatino.net website: <http://www.transportelatino.net/2020/07/mantenimiento-interno-vs-externo/>

Martínez, F. (2019). *Análisis de mejoras en el mantenimiento y explotación de un sistema industrial*. Revista Predictiva 21, (27), 21. Recuperado de https://predictiva21.com/wp-content/uploads/2020/04/Edici%C3%B3n-27_C.pdf

Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control* (1.ª ed.). México: Alfaomega Grupo Editor. México: Alfaomega Grupo Editor.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (2.ª ed.). (Ellmann, Suerio y Asociados, Trad.) (Obra original publicada en 1997).

Northeast Power Systems. (sf). *MTBF y MTTR - La Experiencia de NEPSI*. [online]. <https://nepsi.com/resource/MTBF%20y%20MTTR%20para%20Filtros%20y%20Bancos%20de%20Condensadores%20Metal-Enclosed.pdf>

Noreña, A., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J., & Rebolledo Malpica, D. (2012). *Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa*. Aquichan, 12(3). Recuperado de <https://aquichan.unisabana.edu.co/index.php/aquichan/article/view/1824/2936>

ANEXOS

Anexo 1. Selección de la muestra de estudio

Tabla de proceso de selección

Método	Criterio de Muestreo	Población	Muestra
Diagrama de dispersión	Determinar la muestra considerando el mayor costo de mantenimiento y número de averías	Flota de camiones cisterna (10 unidades)	FG-956
			VB-056
			PJ-417

Tabla de fallas y costos año 2018

Cód.	Fallas (cantidad)	Costo Total (\$)
FG-956	15	16,819.55
HL-321	5	10,445.17
VB-056	14	12,881.32
PJ-417	16	16,857.45
SD-856	5	9,563.00
YT-235	6	6,496.54
AZ-598	3	4,325.08
GL-651	7	2,505.98
BR-728	7	1,232.45
JR-135	9	2,098.12

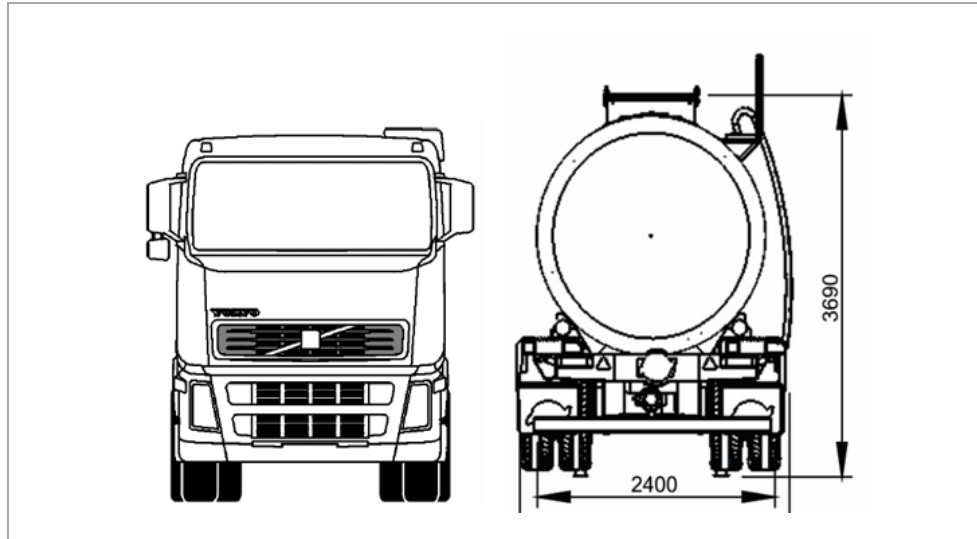
Determinación de los cortes de los ejes "x" y "y" en el diagrama de dispersión

Costo (promedio)		Fallas (promedio)	
Eje "x"	Eje "y"	Eje "x"	Eje "y"
0	8322.46	8.7	0
18	8322.46	8.7	20000

Tabla de resultados de la gráfica de dispersión por criterios

Nivel	Criterio	Camión cisterna
Inaceptable	$x > \text{Costo prom}; x > \text{Averías prom}$	FG-956, VB-056 y PJ-417
mediocre	$x > \text{Costo prom}; x < \text{Averías prom}$	HL-321 y SD-856
Moderado	$x < \text{Costo prom}; x > \text{Averías prom}$	JR-135
Leve	$x < \text{Costo prom}; x < \text{Averías prom}$	YT-235, AZ-598, GL-651 y BR-728

Anexo 2. Equipo en estudio



DATOS GENERALES

Modelo	FMX 370
N° de serie	
Código	
Proveedor	Mannucci
Proveedor Cisterna	Sateci
Costo	
Tiempo de vida útil	12 años
Año de fabricación	2017
Inicio de Operación	2017
Area de Operación	Barrik

CISTERNA

Capacidad	5000	galones
Bomba	2	pulg
Potencia	340	CV
Caudal	400	lts/min
Longitud		
Ancho		
Altura		
Contador	electronico	
Devandera	2	
CLH	SI	

MOTOR

Modelo	VOLVO D11A Euro 3
Potencia	370 cv
Torque	1770 Nm

DIFERENCIAL

Capacidad de arrastre	60 Tn
------------------------------	-------

CAJA DE VELOCIDADES

Tipo	Manual sincronizada
Marchas	14 (12+2) Velocidades

TANQUES DE COMBUSTIBLE

Capacidad	-420 lts 6x4R entre ejes 3.700 mm
------------------	-----------------------------------

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo	Ballestas parabólicas c/ amortiguadores y barra estabilizadora
Capacidad	-7.500 - 8.000 Kg

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo	Ballestas parabólicas c/ amortiguadores y barra estabilizadora (RTS 2370)
-------------	---

SISTEMAS

Sistema Motor	Sistema Eléctrico
Ruedas	Sistema de enfriamiento
Sistema hidráulico	Cabina
Sistema de combustible	Sistema de transmisión
Sistema Despacho	Sistema de frenos
Suspensiones	Sistema de dirección
Sistema de protección	Sistema de aire

Anexo 3. Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN				
Área a evaluar	: Mantenimiento	Fecha	:	
Responsables	: Acuña Martínez, Carlos Enrique (O1) Carbajal Alcántara, John Paul (O2)	Duración	:	
Objetivo de evaluación	:	Lugar	:	
Factores de análisis para el área de mantenimiento		Puntaje		
		O1	O2	
prom. O				
A Estatus organizacional del área de mantenimiento				
1	El organigrama del área garantiza el correcto funcionamiento de los procesos	3	3	3
2	El número de horas extras que se genera en el área es habitualmente superior al máximo legar autorizado	3	4	3.5
3	La media de tiempos muertos no productivos es adecuada	3	2	2.5
4	Se respeta la duración de los descansos	3	3	3
5	Los tiempos de intervención se ajustan a la duración estimada	3	4	3.5
6	La cualificación previa que se exige al personal es adecuada	4	4	4
7	Se cuenta con un plan de formación para el personal de mantenimiento	2	2	2
8	Se respeta los tiempos de ingreso y salida	3	3	3
9	Se considera un política de proyección profesional en el área	4	4	4
10	Existe un buen concepto de los mandos	4	4	4
11	Se considera que el área goza de un buen ambiente laboral	4	4	4
		Puntaje total obtenido		36.5
B Medios de soporte técnico para el mantenimiento				
12	Se dispone de medios de comunicación interna necesarios	4	3	3.5
13	Se dispone de medios de comunicación externos necesarios	5	4	4.5
14	Se dispone de medios logísticos necesarios	3	4	3.5
15	Se dispone de equipos y herramientas óptimos	4	4	4
16	Las herramientas mecánicas corresponden a lo que se necesita	3	4	3.5
17	Las herramientas eléctricas corresponden a lo que se necesita	4	4	4
18	Las herramientas de instrumentación corresponden a lo que se necesita	4	3	3.5
19	Las herramientas de taller corresponden a lo que se necesita	4	4	4
20	Los equipos de soporte están bien calibrados	4	4	4
21	Existe un inventario de herramientas	1	1	1
22	El taller está situado adecuadamente	2	2	2
23	El taller mantiene las condiciones óptimas para el trabajo	3	2	2.5
		Puntaje total obtenido		40
C Manejo de la información y toma de decisiones				
24	Los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo	3	3	3
25	Las OT se introducen a un sistema informático	3	3	3
26	El sistema informático aporta información útil y fiable	2	3	2.5
27	Los técnicos consultan habitualmente la información contenida en el sistema	2	1	1.5
28	Se emite un informe periódico que analiza el estado de los camiones cisterna	1	2	1.5
29	Se posee registros de las intervenciones para cada unidad	3	2	2.5
30	Hay conocimiento de los indicadores técnicos de mantenimiento	2	2	2
31	Se tiene un registro de conductores y técnicos	2	1	1.5
32	Se cuenta con información precisa para llevar índices de control de eficiencia	2	2	2
		Puntaje total obtenido		19.5

D Desarrollo de planes y programas de mantenimiento			
33	Existe una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento	3	3 3
34	El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes	4	3 3.5
35	Se han analizado los fallos críticos de los camiones cisterna	2	2 2
36	El Plan está orientado a evitar fallos críticos de las unidades y/o a reducir sus consecuencias	2	2 2
37	El plan de mantenimiento se realiza de forma efectiva y eficiente	3	2 2.5
38	La programación de las tareas de mantenimiento se cumple	3	3 3
39	Existe un plan de mantenimiento adecuado para los camiones cisterna	2	2 2
		Puntaje total obtenido	18
E Manejo de los costos de mantenimiento			
40	Existe un procedimiento eficiente de análisis de los costos incurridos	2	1 1.5
41	Los procedimientos para efectuar el presupuesto anual de mantenimiento es adecuado	3	3 3
42	Existe una evaluación del impacto económico por fallas	2	1 1.5
43	Los componentes del costo total de mantenimiento están bien definidos	3	3 3
44	Se consideran índices económicos para evaluar el comportamiento de los costos	2	2 2
45	Existe una política de optimización de costos	0	1 0.5
46	Se toma y se lleva un registros de la adquisición de datos concernientes a los costos de mantenimiento	2	3 2.5
47	El consumo de los repuestos es registrado detalladamente	3	4 3.5
48	Se efectúa un seguimiento de los costos tanto para correctivos como preventivos	3	3 3
49	Existe un tratamiento técnico para los costos	3	3 3
		Puntaje total obtenido	23.5
F Capacidad del personal de mantenimiento			
50	El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa	4	4 4
51	El número de personal técnico mecánico es el adecuado	4	4 4
52	El personal Técnico tiene conocimiento de aspectos tanto mecánicos como eléctricos	4	4 4
53	Los técnicos efectúan un procedimiento adecuado en el momento de la intervención	3	3 3
54	Los técnicos mantienen un orden en su área de trabajo	3	4 3.5
55	El personal mantiene limpia tanto el área de trabajo como las herramientas	4	4 4
56	El personal toma en cuenta los procesos de seguridad impuestos por la mina	4	5 4.5
		Puntaje total obtenido	27
G Métodos y procedimientos para ejecución del mantenimiento			
57	Los técnicos registran y documentan los detalles de sus intervenciones	3	4 3.5
58	Intervención de mantenimiento con formatos o formularios correctamente diligenciado	4	4 4
59	La solicitud de intervenciones se registra y documenta	4	3 3.5
60	Se realiza inspección después de cada intervención	4	5 4.5
61	Se realiza control de la información obtenida del reporte o informe de cada intervención	3	4 3.5
62	La unidad a ser intervenida es técnicamente conocida por el área de mantenimiento	5	5 5
63	Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles	5	4 4.5
64	Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea	4	5 4.5
65	El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado	3	3 3
66	Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente	1	1 1
		Puntaje total obtenido	37

H Manejo de repuestos y materiales para la intervención				
67	Se elabora una lista de repuestos mínimo que debe permanecer en almacén	3	4	3.5
68	Se comprueba periódicamente el stock disponible	4	3	3.5
69	Se realizan comprobación del repuesto y materiales cuando se recibe	3	3	3
70	Se considera eficiente el proceso de abastecimiento y logístico de repuestos	4	4	4
71	Existe un registro de ingreso y salida de los repuestos	4	5	4.5
72	Se realiza una codificación de los repuestos ingresados	4	4	4
73	Existe un procedimiento de seguimiento de compra del repuesto	4	4	4
74	Se toma en cuenta el tiempo de entrega del repuesto para las compras	4	4	4
			Puntaje total obtenido	30.5
I Manejo de indicadores técnicos de mantenimiento				
75	La disponibilidad media de las unidades significativas es adecuada	3	3	3
76	El tiempo medio entre fallas es adecuada	3	2	2.5
77	El número de OT de emergencia es conveniente	2	2	2
78	El tiempo medio de reparaciones es conveniente	2	3	2.5
79	El número de averías repetitivas es conveniente	3	3	3
80	El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es adecuada	2	3	2.5
81	El gasto en repuestos para la intervención es adecuada	2	2	2
			Puntaje total obtenido	17.5
			Puntaje total Obtenida por factores	249.5

Criterios de Evaluación

- 0 No existe
 - 1 Deficiente
 - 2 Regular
 - 3 Aceptable pero con inconvenientes
 - 4 Aceptable
 - 5 Excelente
-

Anexo 4. Resultados de ficha de observación

Cód.	Factor Observado	Ítem Observados	Puntaje Máx.	Puntaje Obtenido	Obtenido %	Por mejorar %
A	Estatus organizacional del área de mantenimiento	11	55	36.5	66.4%	33.6%
B	Medios de soporte técnico para el mantenimiento	12	60	40	66.7%	33.3%
C	Manejo de la información y toma de decisiones	9	45	19.5	43.3%	56.7%
D	Desarrollo de planes, programas y ejecución de mantenimiento	7	35	18	51.4%	48.6%
E	Manejo de los costos de mantenimiento	10	50	23.5	47.0%	53.0%
F	Capacidad del personal de mantenimiento	7	35	27	77.1%	22.9%
G	Métodos y procedimientos para ejecución del mantenimiento	10	50	37	74.0%	26.0%
H	Manejo de repuestos y materiales para la intervención	8	40	30.5	76.3%	23.8%
I	Manejo de indicadores técnicos de mantenimiento	7	35	17.5	50.0%	50.0%
		81	405	249.5	61.6%	38.4%

Anexo 5. Registro paradas no programadas de camiones cisterna

Cód : FG-956			TTF	TTR	TBF			
Registro inicial			0	11.25	0	Inicio de op.	12/12/2017	07.30 am
Falla	05/01/2018	10.15 am	578.75	20.75	590.00	Inicio de op.	06/01/2018	07.00 am
Falla	29/01/2018	08.20 am	553.33	9.50	574.08	Inicio de op.	29/01/2018	04.30 pm
Falla	10/02/2018	03.10 pm	286.66	15.50	296.16	Inicio de op.	11/02/2018	05.40 pm
Falla	05/03/2018	04.30 pm	526.83	14.25	542.33	Inicio de op.	06/03/2018	05.10 am
Falla	23/03/2018	11.15 am	414.05	162.25	428.30	Inicio de op.	30/03/2018	05.30 am
Falla	02/05/2018	02.40 pm	801.16	9.34	963.41	Inicio de op.	03/05/2018	00.00 am
Falla	27/05/2018	05.20 pm	593.33	21.67	602.67	Inicio de op.	28/05/2018	03.40 pm
Falla	24/06/2018	10.40 am	642.99	19.33	664.66	Inicio de op.	25/06/2018	06.00 am
Falla	16/07/2018	01.30 pm	511.50	137.50	530.83	Inicio de op.	22/07/2018	07.00 am
Falla	05/09/2018	06.30 pm	1091.50	42.16	1229.00	Inicio de op.	07/09/2018	12.40 pm
Falla	11/10/2018	11.15 am	814.58	17.75	856.74	Inicio de op.	12/10/2018	05.00 am
Falla	06/11/2018	06.15 pm	613.25	11.25	631.00	Inicio de op.	07/11/2018	05.30 am
Falla	28/11/2018	07.40am	506.16	10.33	517.41	Inicio de op.	28/11/2018	06.00 pm
Falla	16/12/2018	08.30 am	430.16	9.50	440.49	Inicio de op.	16/12/2018	06.00 pm
Falla	27/12/2018	05.40 pm	263.66	141.83	273.16	Inicio de op.	02/01/2019	03.30 pm

Cód : VB-056			TTF	TTR	TBF			
Registro inicial			0	140.66	0	Inicio de op.	03/12/2017	05.00 am
Falla	15/01/2018	02.30 pm	1041.50	9.50	1182.16	Inicio de op.	16/01/2018	00.00 am
Falla	08/02/2018	11.15 am	563.25	8.75	572.75	Inicio de op.	08/02/2018	08.00 pm
Falla	27/02/2018	07.40 pm	453.66	11.33	462.41	Inicio de op.	28/02/2018	05.00 am
Falla	20/03/2018	10.40 am	485.66	8.83	496.99	Inicio de op.	20/03/2018	07.30 pm
Falla	16/04/2018	04.40 pm	645.16	60.33	653.99	Inicio de op.	19/04/2018	05.00 am
Falla	01/06/2018	11.30 am	1038.50	9.00	1098.83	Inicio de op.	01/06/2018	08.30 pm
Falla	30/06/2018	07.15 pm	694.75	12.25	703.75	Inicio de op.	01/07/2018	07.30 am
Falla	26/07/2018	02.40 pm	607.16	17.33	619.41	Inicio de op.	27/07/2018	08.00 am
Falla	23/08/2018	05.10 pm	657.16	22.50	674.49	Inicio de op.	24/08/2018	03.40 pm
Falla	15/09/2018	12.20 pm	524.66	50.33	547.16	Inicio de op.	17/09/2018	06.40 pm
Falla	25/10/2018	06.15 pm	911.58	12.50	961.91	Inicio de op.	26/10/2018	06.45 am
Falla	17/11/2018	10.40 am	531.91	14.50	544.41	Inicio de op.	18/11/2018	05.15 am
Falla	14/12/2018	07.30 am	626.25	9.75	640.75	Inicio de op.	14/12/2018	05.15 pm
Falla	29/12/2018	06.50 pm	373.58	130.17	383.33	Inicio de op.	04/01/2019	05.00 am

Cód : PJ-417			TTF	TTR	TBF			
Registro inicial			0		0	Inicio de op.	28/11/2017	11.15 pm
Falla	02/01/2018	04.20 pm	845.08	18.17	920.33	Inicio de op.	03/01/2018	10.30 am
Falla	25/01/2018	09.40 am	527.16	8.33	545.33	Inicio de op.	25/01/2018	6.30 pm
Falla	17/02/2018	11.20 am	544.83	9.67	553.16	Inicio de op.	17/02/2018	9.00 pm
Falla	09/03/2018	3.15 pm	474.25	13.25	483.92	Inicio de op.	10/03/2018	4.30 am
Falla	30/03/2018	11.10 am	486.66	41.83	499.91	Inicio de op.	01/04/2018	5.00 am
Falla	28/04/2018	07.45 am	650.75	9.75	692.58	Inicio de op.	28/04/2018	05.30 pm
Falla	15/05/2018	1.15 pm	403.75	9.25	413.50	Inicio de op.	15/05/2018	10.30 pm
Falla	05/06/2018	12.40 am	494.16	16.34	503.41	Inicio de op.	06/06/2018	5.00 am
Falla	27/06/2018	06.40 pm	517.66	10.58	534.00	Inicio de op.	28/06/2018	5.15 am
Falla	20/07/2018	3.10 pm	537.91	20.17	548.49	Inicio de op.	21/07/2018	11.20 am
Falla	13/08/2018	10.15 am	550.92	138.25	571.09	Inicio de op.	19/08/2018	4.30 am
Falla	30/09/2018	7.40 am	1011.16	8.34	1149.41	Inicio de op.	30/09/2018	4.00 pm
Falla	17/10/2018	5.10 pm	417.16	17.33	425.50	Inicio de op.	18/10/2018	10.30 am
Falla	13/11/2018	9.50 am	623.33	20.66	640.66	Inicio de op.	14/11/2018	6.30 am
Falla	09/12/2018	1.20 pm	606.83	6.16	627.49	Inicio de op.	09/12/2018	7.30 pm
Falla	20/12/2018	7.45 pm	264.25	159.75	270.41	Inicio de op.	27/12/2018	11.30 am

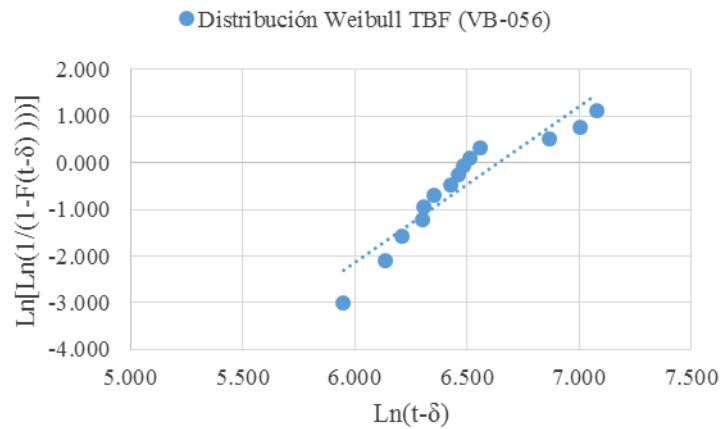
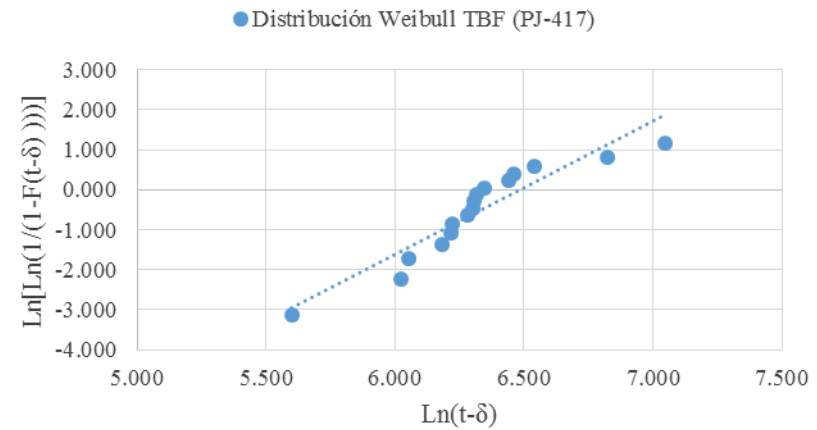
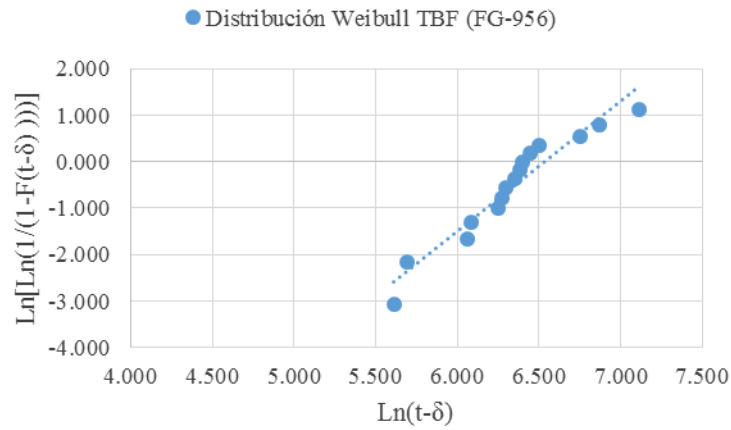
Anexo 6. Análisis tiempos de falla

FG-956	VB-056	PJ-417					
TTF	TTF	TTF	Datos	FG-956	VB-056	PJ-417	
263.66	373.58	264.25	n (TTF)	15	14	16	datos
286.66	453.66	403.75	Media	575.19	653.91	559.74	Hrs
414.05	485.66	417.16	Mediana	553.33	616.71	532.54	Hrs
430.16	524.66	474.25	Máx	1091.50	1041.50	1011.16	Hrs
506.16	531.91	486.66	Min	263.66	373.58	264.25	Hrs
511.50	563.25	494.16	Rango R	827.84	667.92	746.91	Hrs
526.83	607.16	517.66	Desviación estándar S	210.49	206.81	173.64	Hrs
553.33	626.25	527.16	Coefficiente de variación CV	36.59	31.63	31.02	%
578.75	645.16	537.91	IC	4	4	5	
593.33	657.16	544.83	Amplitud A	207	167	150	
613.25	694.75	550.92					
642.99	911.58	606.83					
801.16	1038.50	623.33					
814.58	1041.50	650.75					
1091.50		845.08					
		1011.16					

IC	Limite Inf.	Limite Sup.	pto. medio	intervalo	Freceuncias		
					FG-956	VB-056	PJ-417
1	264	471	367	263.66 < 470.66	4	2	3
2	471	678	574	470.66 < 677.66	8	8	11
3	678	885	781	677.66 < 884.66	2	1	1
4	885	1092	988	884.66 < 1091.66	1	3	1

Anexo 7. Distribución Weibull TBF

Nº de falla registrada	Tiempo entre fallas (TBF)	RM[F(t)]	Ln(t-δ)	Ln[Ln(1/(1-F(t-δ)))]
Camión Cisterna FG-956				
1	273.16	0.045158396	5.610057704	-3.074563122
2	296.16	0.109396103	5.690899849	-2.155411466
3	428.3	0.174320676	6.059823885	-1.652612626
4	440.49	0.239393393	6.087887744	-1.295945571
5	517.41	0.30451981	6.248835597	-1.012931733
6	530.83	0.369670451	6.274441819	-0.773246133
7	542.33	0.434832786	6.295874672	-0.56100789
8	574.08	0.5	6.352768759	-0.366512921
9	590	0.565167214	6.380122537	-0.182969301
10	602.67	0.630329549	6.401369783	-0.00486849
11	631	0.69548019	6.447305863	0.173128713
12	664.66	0.760606607	6.499275632	0.35742762
13	856.74	0.825679324	6.753134489	0.557819151
14	963.41	0.890603897	6.870479074	0.79424965
15	1229	0.954841604	7.11395611	1.130620857
Camión Cisterna VB-056				
1	383.33	0.048304847	5.948896237	-3.00557025
2	462.41	0.117022141	6.136451943	-2.08380984
3	496.99	0.186474103	6.208569905	-1.578048174
4	544.41	0.256084176	6.299702639	-1.217979137
5	547.16	0.325751155	6.304741264	-0.931008432
6	572.75	0.395443256	6.350449321	-0.686648854
7	619.41	0.465146656	6.428767412	-0.468784065
8	640.75	0.534853344	6.462639365	-0.267353395
9	653.99	0.604556744	6.483092061	-0.074995159
10	674.49	0.674248845	6.51395685	0.114775421
11	703.75	0.743915824	6.556423179	0.309137067
12	961.91	0.813525897	6.868920891	0.518474046
13	1098.83	0.882977859	7.002001256	0.763322343
14	1182.16	0.951695153	7.075098553	1.108636337
Camión Cisterna PJ-417				
1	270.41	0.042396719	5.599939326	-3.139101643
2	413.5	0.102703026	6.024657514	-2.222218769
3	425.5	0.163654207	6.053264948	-1.721973422
4	483.92	0.224744692	6.181919604	-1.368207425
5	499.91	0.285885924	6.214428082	-1.088525652
6	503.41	0.347050375	6.221404947	-0.852716823
7	534	0.408226501	6.280395839	-0.645059509
8	545.33	0.469408269	6.301391116	-0.456081125
9	548.49	0.530591731	6.307169048	-0.279340454
10	553.16	0.591773499	6.315647291	-0.109889525
11	571.09	0.652949625	6.347546815	0.05664999
12	627.49	0.714114076	6.441727735	0.224871988
13	640.66	0.775255308	6.462498895	0.400647003
14	692.58	0.836345793	6.540423755	0.593326609
15	920.33	0.897296974	6.824732301	0.822381596
16	1149.41	0.957603281	7.047004046	1.150788553



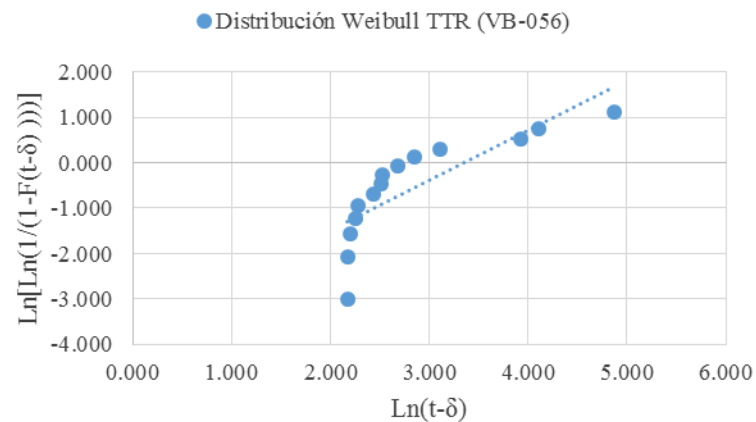
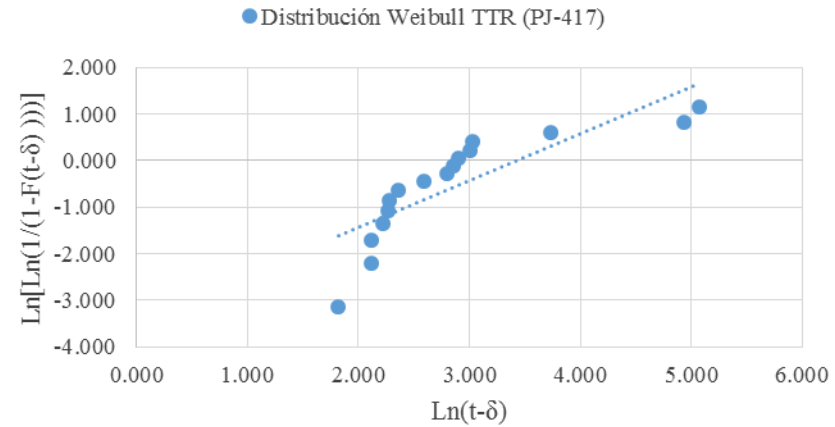
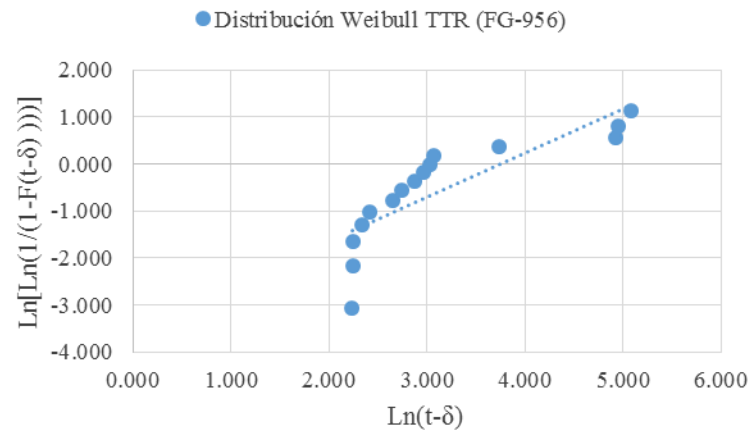
Parámetros	FG-956	VB-056	PJ-417
Distribución	Weibull	Weibull	Weibull
Nº de datos	15	14	16
Forma (β)	2.81	3.34	3.34
Intercepto (b)	-18.32	-22.19	-21.64
Escala (θ)	685.94	760.86	654.90
Coef. De corelación r	0.96	0.94	0.94
Coef. De determinación muestral r^2	0.93	0.87	0.88
Localización t_0 (δ)	0.00	0.00	0.00
MTBF	610.84	682.97	587.78

Anexo 8. Análisis de tiempos de reparaciones

FG-956	VB-056	PJ-417	Datos							
TTR	TTR	TTR	n (TTR)	FG-956	VB-056	PJ-417				
9.34	8.75	6.16	15	14	16	datos				
9.50	8.83	8.33	Media	42.86	26.93	31.74	Hrs			
9.50	9.00	8.34	Mediana	17.75	12.38	14.80	Hrs			
10.33	9.50	9.25	Máx	162.25	130.17	159.75	Hrs			
11.25	9.75	9.67	Min	9.34	8.75	6.16	Hrs			
14.25	11.33	9.75	Rango R	152.91	121.42	153.59	Hrs			
15.50	12.25	10.58	Desviación estándar S	54.84	33.78	46.71	Hrs			
17.75	12.50	13.25	Coefficiente de variación CV	127.95	125.42	147.18	%			
19.33	14.50	16.34	IC	4	4	5				
20.75	17.33	17.33	Amplitud A	39	31	31				
21.67	22.50	18.17	IC	Limite Inf.	Limite Sup.	pto. medio	intervalo	Frecuencias		
42.16	50.33	20.17						FG-956	VB-056	PJ-417
137.50	60.33	20.66	1	5	37	21	5 < 37	11	11	13
141.83	130.17	41.83	2	37	69	53	37 < 69	1	2	1
162.25		138.25	3	69	101	85	69 < 101	0	0	0
		159.75	4	101	133	117	101 < 133	0	1	0
			5	133	165	149	133 < 165	3	0	2

Anexo 9. Distribución Weibull TTR

N° OT	Tiempo en reparación (TTR)	RM[F(t)]	Ln(t-δ)	Ln[Ln(1/(1-F(t-δ)))]
Camión Cisterna FG-956				
1	9.34	0.045158396	2.234306252	-3.074563122
2	9.5	0.109396103	2.251291799	-2.155411466
3	9.5	0.174320676	2.251291799	-1.652612626
4	10.33	0.239393393	2.335052283	-1.295945571
5	11.25	0.30451981	2.420368129	-1.012931733
6	14.25	0.369670451	2.656756907	-0.773246133
7	15.5	0.434832786	2.740840024	-0.56100789
8	17.75	0.500000000	2.876385516	-0.366512921
9	19.33	0.565167214	2.961658293	-0.182969301
10	20.75	0.630329549	3.032546247	-0.00486849
11	21.67	0.69548019	3.075928816	0.173128713
12	42.16	0.760606607	3.741471904	0.35742762
13	137.5	0.825679324	4.923623917	0.557819151
14	141.83	0.890603897	4.954629157	0.79424965
15	162.25	0.954841604	5.089138356	1.130620857
Camión Cisterna VB-056				
1	8.75	0.048304847	2.1690537	-3.00557025
2	8.83	0.117022141	2.178155015	-2.08380984
3	9	0.186474103	2.197224577	-1.578048174
4	9.5	0.256084176	2.251291799	-1.217979137
5	9.75	0.325751155	2.277267285	-0.931008432
6	11.33	0.395443256	2.427454075	-0.686648854
7	12.25	0.465146656	2.505525937	-0.468784065
8	12.5	0.534853344	2.525728644	-0.267353395
9	14.5	0.604556744	2.674148649	-0.074995159
10	17.33	0.674248845	2.852439104	0.114775421
11	22.5	0.743915824	3.113515309	0.309137067
12	50.33	0.813525897	3.918601321	0.518474046
13	60.33	0.882977859	4.099829492	0.763322343
14	130.17	0.951695153	4.868841288	1.108636337
Camión Cisterna PJ-417				
1	6.16	0.042396719	1.818076778	-3.139101643
2	8.33	0.102703026	2.119863456	-2.222218769
3	8.34	0.163654207	2.121063216	-1.721973422
4	9.25	0.224744692	2.224623552	-1.368207425
5	9.67	0.285885924	2.269028309	-1.088525652
6	9.75	0.347050375	2.277267285	-0.852716823
7	10.58	0.408226501	2.358965426	-0.645059509
8	13.25	0.469408269	2.583997552	-0.456081125
9	16.34	0.530591731	2.793616089	-0.279340454
10	17.33	0.591773499	2.852439104	-0.109889525
11	18.17	0.652949625	2.899771882	0.05664999
12	20.17	0.714114076	3.004196352	0.224871988
13	20.66	0.775255308	3.028199464	0.400647003
14	41.83	0.836345793	3.733613785	0.593326609
15	138.25	0.897296974	4.92906364	0.822381596
16	159.75	0.957603281	5.073610093	1.150788553



Parámetros	FG-956	VB-056	PJ-417
Distribución	Weibull	Weibull	Weibull
Nº de datos	15	14	16
Forma (β)	0.94	1.10	1.01
Intercepto (b)	-3.50	-3.67	-3.45
Escala (θ)	42.29	28.50	30.43
Coef. De correlación r	0.83	0.81	0.83
Coef. De determinación muestral r^2	0.69	0.65	0.69
Localización t_0 (δ)	0.00	0.00	0.00
MTTR	43.60	27.54	30.32

Anexo 10. Determinación de los indicadores técnicos de mantenimiento

		FG-956	VB-056	PJ-417
MTBF	Horas	610.84	682.97	587.78
MTTR	Horas	43.60	27.54	30.32
Disp. Inh	%	93.34	96.12	95.10
Sumatoria TTF	Horas	8627.91	9154.78	8955.86
Sumatoria TTR	Horas	642.91	377.07	507.83
Sumatoria TBF	Horas	9140.24	9542.34	9379.19
Tasa de falla		0.001637	0.001464	0.001701
tasa de reparaciones		0.022936	0.036317	0.032984
Confiabilidad	%	85.20	86.48	84.52
Mantenibilidad	%	89.40	97.27	96.17

Anexo 11. Registro de costos de intervención

Mes		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
FG-956														
Tiempo de intervencion	Hrs	30.25	15.50	176.50	0.00	31.01	19.33	137.50	0.00	42.16	17.75	21.58	151.33	642.91
Costo MO	US\$/Hra	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
MO utilizada	Técnico	2	1	0	0	2	2	0	0	2	1	2	2	
MO Interna	US\$	90.75	23.25	-	-	93.03	57.99	-	-	126.48	26.63	64.74	453.99	936.86
MO Externa	US\$	215.00		232.21		185.00		325.00		350.00				1,307.21
Costo Rptos.	US\$	1,800.00	325.00	470.00	-	1,235.00	2,500.00	900.00	-	1,800.00	900.00	850.00	4,000.00	14,780.00
Insumos	US\$	98.52	12.04	12.78	-	21.32	123.41	29.63	-	125.00	25.63	18.69	78.46	545.48
Costo Total de Intervención	US\$	2,204.27	360.29	714.99	-	1,534.35	2,681.40	1,254.63	-	2,401.48	952.26	933.43	4,532.45	17,569.55
VB-056														
Tiempo de intervencion	Hrs	9.50	20.08	8.83	60.33	0.00	21.25	17.33	22.50	50.33	12.50	14.50	139.92	377.07
Costo MO	US\$/Hra	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
MO utilizada	Técnico	1	0	1	2	0	2	2	2	0	1	1	0	
MO Interna	US\$	14.25	-	13.25	180.99	-	63.75	51.99	67.50	-	18.75	21.75	-	432.23
MO Externa	US\$	420.00	125.00	198.00			75.50			125.00		145.00	215.00	1,303.50
Costo Rptos.	US\$	3,500.00	924.00	1,800.00	600.00		1,200.00	614.00	120.00	550.00	100.00	1,150.00	1,225.00	11,783.00
Insumos	US\$	53.20	12.04	35.73	21.63		13.47	29.63	-	9.15	8.12	18.69	31.42	233.08
Costo Total de Intervención	US\$	3,987.45	1,061.04	2,046.98	802.62	-	1,352.72	695.62	187.50	684.15	126.87	1,335.44	1,471.42	13,751.81
PJ-417														
Tiempo de intervencion	Hrs	26.50	9.67	55.08	9.75	9.25	26.92	20.17	138.25	8.34	17.33	20.66	165.91	507.83
Costo MO	US\$/Hra	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
MO utilizada	Técnico	2	0	2	2	0	2	2	2	0	1	2	0	
MO Interna	US\$	79.50	-	165.24	29.25	-	80.76	60.51	414.75	-	26.00	61.98	-	917.99
MO Externa	US\$	124.00	127.00	325.00		125.00	98.00			118.00	132.00		162.85	1,211.85
Costo Rptos.	US\$	1,350.00	1,500.00	5,800.00	120.00	950.00	837.00	120.00	2,100.00	600.00	500.00	350.00	916.00	15,143.00
Insumos	US\$	34.21	12.04	35.73	65.00	11.15	13.47	29.63	120.00	9.15	8.12	18.69	31.42	388.61
Costo Total de Intervención	US\$	1,587.71	1,639.04	6,325.97	214.25	1,086.15	1,029.23	210.14	2,634.75	727.15	666.12	430.67	1,110.27	17,661.45
Total (3 camiones)	US\$	7,779.43	3,060.37	9,087.94	1,016.87	2,620.50	5,063.35	2,160.39	2,822.25	3,812.78	1,745.24	2,699.54	7,114.14	48,982.80

Anexo 12. Registro de costo de fallas

Mes		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
FG-956														
Retraso en despacho	Hras	0	1.33	0	0	0	1.33	0	1.83	0	2.25	2.5	0	9.24
Pago por penalidad	US\$/Hra	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Perdidas por penalidad	US\$	-	66.50	-	-	-	66.50	-	91.50	-	112.50	125.00	-	462.00
tiempo de equipo detenido	Hras	30.25	15.5	176.5	0	31.01	19.33	137.5	0	42.16	17.75	21.58	151.33	642.91
Costo de Operación	US\$/Hra	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Perdida total por indisponibilidad	US\$	756.25	387.50	4,412.50	-	775.25	483.25	3,437.50	-	1,054.00	443.75	539.50	3,783.25	16,072.75
Costo Total de Falla	US\$	756.25	454.00	4,412.50	-	775.25	549.75	3,437.50	91.50	1,054.00	556.25	664.50	3,783.25	16,534.75
VB-056														
Retraso en despacho	Hras	0	2.66	0	1.83	0	0	1.5	2.16	1.33	0	3	1.25	13.73
Pago por penalidad	US\$/Hra	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Perdidas por penalidad	US\$	-	133.00	-	91.50	-	-	75.00	108.00	66.50	-	150.00	62.50	686.50
tiempo de equipo detenido	Hras	9.5	20.08	8.83	60.33	0	21.25	17.33	22.5	50.33	12.5	14.5	139.92	377.07
Costo de Operación	US\$/Hra	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Perdida total por indisponibilidad	US\$	237.50	502.00	220.75	1,508.25	-	531.25	433.25	562.50	1,258.25	312.50	362.50	3,498.00	9,426.75
Costo Total de Falla	US\$	237.50	635.00	220.75	1,599.75	-	531.25	508.25	670.50	1,324.75	312.50	512.50	3,560.50	10,113.25
PJ-417														
Retraso en despacho	Hras	1.66	2	3.25	0	0	0	3.16	2.35	1.66	2.33	0	2.5	18.91
Pago por penalidad	US\$/Hra	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Perdidas por penalidad	US\$	83.00	100.00	162.50	-	-	-	158.00	117.50	83.00	116.50	-	125.00	945.50
tiempo de equipo detenido	Hras	26.5	9.67	55.08	9.75	9.25	26.92	20.17	138.25	8.34	17.33	20.66	165.91	507.83
Costo de Operación	US\$/Hra	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Perdida total por indisponibilidad	US\$	662.50	241.75	1,377.00	243.75	231.25	673.00	504.25	3,456.25	208.50	433.25	516.50	4,147.75	12,695.75
Costo Total de Falla	US\$	745.50	341.75	1,539.50	243.75	231.25	673.00	662.25	3,573.75	291.50	549.75	516.50	4,272.75	13,641.25
Costo total por impacto en operación	US\$	1,739.25	1,430.75	6,172.75	1,843.50	1,006.50	1,754.00	4,608.00	4,335.75	2,670.25	1,418.50	1,693.50	11,616.50	40,289.25

Anexo 13. Registro de costo total correctivo

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Costo de Intervención FG-956	2,204.27	360.29	714.99	-	1,534.35	2,681.40	1,254.63	-	2,401.48	952.26	933.43	4,532.45
Costo de Intervención VB-056	3,987.45	1,061.04	2,046.98	802.62	-	1,352.72	695.62	187.50	684.15	126.87	1,335.44	1,471.42
Costo de Intervención PJ-417	1,587.71	1,639.04	6,325.97	214.25	1,086.15	1,029.23	210.14	2,634.75	727.15	666.12	430.67	1,110.27
Costo total de intervención	7,779.43	3,060.37	9,087.94	1,016.87	2,620.50	5,063.35	2,160.39	2,822.25	3,812.78	1,745.24	2,699.54	7,114.14
Costo de Falla FG-956	756.25	454.00	4,412.50	-	775.25	549.75	3,437.50	91.50	1,054.00	556.25	664.50	3,783.25
Costo de Falla VB-056	237.50	635.00	220.75	1,599.75	-	531.25	508.25	670.50	1,324.75	312.50	512.50	3,560.50
Costo de Falla PJ-417	745.50	341.75	1,539.50	243.75	231.25	673.00	662.25	3,573.75	291.50	549.75	516.50	4,272.75
Costo total de Falla	1,739.25	1,430.75	6,172.75	1,843.50	1,006.50	1,754.00	4,608.00	4,335.75	2,670.25	1,418.50	1,693.50	11,616.50
Costo Total correctivo (Imprevisto)	9,518.68	4,491.12	15,260.69	2,860.37	3,627.00	6,817.35	6,768.39	7,158.00	6,483.03	3,163.74	4,393.04	18,730.64

Anexo 14. Descripción de fallas FG-956

Descripción de la falla	Causa	Componente	Registro	Tiempo en reparación
Zumbido en volante de dirección	Serbo dirección con desgaste	Serbo de dirección	Falla 05/01/2018 10.15 am	20.75
Cabina inclinada a la derecha	Rotura de hoja primera de muelle delantero	Paquete de muelles	Falla 29/01/2018 08.20 am	9.50
Chillidos en motor	Faja y templador roto	Faja y rodaje con desgaste	Falla 10/02/2018 03.10 pm	15.50
No arranca el motor	Baterías descargadas	Alternador	Falla 05/03/2018 04.30 pm	14.25
Lámparas de faros delanteros se queman rápido	Sócate de lampara están recalentadas	Sócate	Falla 23/03/2018 11.15 am	162.25
Falta de freno auxiliar (freno de motor)	Interruptor de freno auxiliar quemado	Interruptor	Falla 02/05/2018 02.40 pm	9.34
Humo al realizar aceleración de motor	Inyector N° 3 presento desgaste interno	Inyector	Falla 27/05/2018 05.20 pm	21.67
Corto circuito en ramal eléctrico de motor	Cables sin aislamiento por presencia de barro en cables eléctricos	Ramal de cables lado derecho	Falla 24/06/2018 10.40 am	19.33
Goteo de combustible por bomba de despacho	Sello mecánico de bomba con desgaste	Bomba de Despacho	Falla 16/07/2018 01.30 pm	137.50
Bajo caudal para despachos de combustible	Bomba de despacho con desgaste interno	Bomba de Despacho	Falla 05/09/2018 06.30 pm	42.16
No activa bomba de despacho	Toma fuerza roto	Toma de fuerza (PTO)	Falla 11/10/2018 11.15 am	17.75
Carrete de alto caudal no recoge manguera de despacho	Resorte de carrete esta roto	Carrete de alto caudal	Falla 06/11/2018 06.15 pm	11.25
Volante de dirección por momentos se endurece	Serbo de dirección presenta desgaste interno	Serbo de dirección	Falla 28/11/2018 07.40am	10.33
Sonidos en tanque cisterna	Rotura de pernos de anclaje de cisterna	Pernos de anclaje	Falla 16/12/2018 08.30 am	9.50
Perdida de potencia de motor	Discos de embrague con desgaste	Discos de Embrague	Falla 27/12/2018 05.40 pm	141.83

Anexo 15. Descripción de fallas VB-056

Descripción de la falla	Causa	Componente		Registro	Tiempo en reparación
Perdida de potencia de motor	Discos de embrague con desgaste	Discos de Embrague	Falla	15/01/2018 02.30 pm	9.50
Golpe en parte baja de cabina	Bocinas de muelles delanteros están gastados	Paquete de muelles	Falla	08/02/2018 11.15 am	8.75
Volante de dirección por momentos se endurece	Serbo de dirección presenta desgaste interno	Serbo de dirección	Falla	27/02/2018 07.40 pm	11.33
Bajo caudal para despachos de combustible	Bomba de despacho con desgaste interno	Bomba de Despacho	Falla	20/03/2018 10.40 am	8.83
Vibración en volante de dirección	Desgaste de pines y cojinetes de mangueta	Manguetas	Falla	16/04/2018 04.40 pm	60.33
Golpeteo en segundo eje de tracción	Cruceta de árbol de levas agarrotado	Árbol de Transmisión	Falla	01/06/2018 11.30 am	9.00
Desgaste en los hombros de los neumáticos	Desalineamiento de ruedas delanteras	Barra longitudinal entre ruedas	Falla	30/06/2018 07.15 pm	12.25
No activa freno auxiliar	Cambio de regulador de gases de escape	Regular de freno de Escape	Falla	26/07/2018 02.40 pm	17.33
No ingresan los cambios	Fuga de líquido de embrague	Bomba de embrague	Falla	23/08/2018 05.10 pm	22.50
Zumbido en volante de dirección	Serbo dirección con desgaste	Serbo de dirección	Falla	15/09/2018 12.20 pm	50.33
Lámparas de faros delanteros se queman rápido	Sócate de lampara están recalentadas	Sócate	Falla	25/10/2018 06.15 pm	12.50
Deformación de flancos en neumáticos posteriores	Ingreso de piedra en neumáticos posteriores	Neumáticos	Falla	17/11/2018 10.40 am	14.50
Goteo de combustible por bomba de despacho	Sello mecánico de bomba con desgaste	Bomba de Despacho	Falla	14/12/2018 07.30 am	9.75
Chillidos en motor	Faja y templador roto	Faja y rodaje con desgaste	Falla	29/12/2018 06.50 pm	130.17

Anexo 16. Descripción de fallas PJ-417

Descripción de la falla	Causa	Componente		Registro	Tiempo en reparación
Cabina inclinada a la derecha	Rotura de hoja primera de muelle delantero	Paquete de muelles	Falla	02/01/2018 04.20 pm	18.17
Lámparas de faros delanteros se queman rápido	Sócate de lampara están recalentadas	Sócate	Falla	25/01/2018 09.40 am	8.33
Carrete de alto caudal no recoge manguera de despacho	Resorte de carrete esta roto	Caarrete de alto caudal	Falla	17/02/2018 11.20 am	9.67
El carrete de alto caudal no recoge la manguera	Resorte progresivo del carrete esta roto	Resorte Progresivo	Falla	09/03/2018 3.15 pm	13.25
Carrete de alto caudal no trava	Sujetador no trava	Caarrete de alto caudal	Falla	30/03/2018 11.10 am	41.83
Fuga de combustible por carrete de alto caudal	O ring de codo de manguera	Caarrete de alto caudal	Falla	28/04/2018 07.45 am	9.75
No activa bomba de despacho	Toma fuerza roto	Toma de fuerza (PTO)	Falla	15/05/2018 1.15 pm	9.25
Chillidos en motor	Faja y templador roto	Faja y rodaje con desgaste	Falla	05/06/2018 12.40 am	16.34
Fuga de refrigerante por tapiz de cabina	Intercambiador de calor de aire acondicionado esta rajado	Intercambiador de Calor	Falla	27/06/2018 06.40 pm	10.58
No indica la velocidad en tablero de sistema	Sensor de velocidad esta rajado	Sensor	Falla	20/07/2018 3.10 pm	20.17
Silbido en el turbo a 1500 rpm	Turbo con desgaste interno	Turbo	Falla	13/08/2018 10.15 am	138.25
Fuga de aire al pisar pedal de freno	Diafragma de pulmón de frenos roto	Pulmón de Freno	Falla	30/09/2018 7.40 am	8.34
Demora en carga de aire para los frenos	Accesorios de compresor de aire tienen desgaste	Compresor de Aire	Falla	17/10/2018 5.10 pm	17.33
Cinturón de seguridad no retrae	El resorte interno esta roto	Cinturón de seguridad	Falla	13/11/2018 9.50 am	20.66
Fuga de aceite por reten de caja de dirección	Sello mecánico esta reseco	Caja de Dirección	Falla	09/12/2018 1.20 pm	6.16
Fuga de aceite ATF por cañería de alta presión	O ring reseco	Cañerías de Alta Presión de ATF	Falla	20/12/2018 7.45 pm	159.75

Anexo 17. Agrupación de fallas

	Descripción de la falla	Componente	TTR	Frec.
F1	Zumbido en volante de dirección	Serbo de dirección	71.08	2
F2	Cabina inclinada a la derecha	Paquete de muelles	27.67	2
F3	Chillidos en motor	Faja y rodaje con desgaste	162.01	3
F4	No arranca el motor	Alternador	14.25	1
F5	Lámparas de faros delanteros se queman rápido	Sócate	183.08	3
F6	Falta de freno auxiliar (freno de motor)	Interruptor	9.34	1
F7	Humo al realizar aceleración de motor	Inyector	21.67	1
F8	Corto circuito en ramal eléctrico de motor	Ramal de cables lado derecho	19.33	1
F9	Goteo de combustible por bomba de despacho	Bomba de Despacho	147.25	2
F10	Bajo caudal para despachos de combustible	Bomba de Despacho	50.99	2
F11	No activa bomba de despacho	Toma de fuerza (PTO)	27.00	2
F12	Carrete de alto caudal no recoge manguera de despacho	Carrete de alto caudal	20.92	2
F13	Volante de dirección por momentos se endurece	Serbo de dirección	21.66	2
F14	Sonidos en tanque cisterna	Pernos de anclaje	9.50	1
F15	Perdida de potencia de motor	Discos de Embrague	151.33	2
F16	Golpe en parte baja de cabina	Paquete de muelles	8.75	1
F17	Vibración en volante de dirección	Manguetas	60.33	1
F18	Golpeteo en segundo eje de tracción	Árbol de Transmisión	9.00	1
F19	Desgaste en los hombros de los neumáticos	Barra longitudinal entre ruedas	12.25	1
F20	No activa freno auxiliar	Regular de freno de Escape	17.33	1
F21	No ingresan los cambios	Bomba de embrague	22.50	1
F22	Deformación de flancos en neumáticos posteriores	Neumáticos	14.50	1
F23	El carrete de alto caudal no recoge la manguera	Resorte Progresivo	13.25	1
F24	Carrete de alto caudal no traba	Carrete de alto caudal	41.83	1
F25	Fuga de combustible por carrete de alto caudal	Carrete de alto caudal	9.75	1
F26	Fuga de refrigerante por tapiz de cabina	Intercambiador de Calor	10.58	1
F27	No indica la velocidad en tablero de cisterna	Sensor	20.17	1
F28	Silbido en el turbo a 1500 rpm	Turbo	138.25	1
F29	Fuga de aire al pisar pedal de freno	Pulmón de Freno	8.34	1
F30	Demora en carga de aire para los frenos	Compresor de Aire	17.33	1
F31	Cinturón de seguridad no retrae	Cinturón de seguridad	20.66	1
F32	Fuga de aceite por reten de caja de dirección	Caja de Dirección	6.16	1
F33	Fuga de aceite ATF por cañería de alta presión	Cañerías de Alta Presión de ATF	159.75	1
			1527.81	45

Anexo 18. Agrupación de fallas por componente

	Descripción de la falla	Componente	TTR	Frec.
F1	Zumbido en volante de dirección			
F13	Volante de dirección por momentos se endurece	Serbo de dirección	92.74	4
F2	Cabina inclinada a la derecha			
F16	Golpe en parte baja de cabina	Paquete de muelles	36.42	3
F3	Chillidos en motor	Faja y rodaje con desgaste	162.01	3
F4	No arranca el motor	Alternador	14.25	1
F5	Lámparas de faros delanteros se queman rápido	Sócate	183.08	3
F6	Falta de freno auxiliar (freno de motor)	Interruptor	9.34	1
F7	Humo al realizar aceleración de motor	Inyector	21.67	1
F8	Corto circuito en ramal eléctrico de motor	Ramal de cables lado derecho	19.33	1
F9	Goteo de combustible por bomba de despacho			
F10	Bajo caudal para despachos de combustible	Bomba de Despacho	198.24	4
F11	No activa bomba de despacho	Toma de fuerza (PTO)	27.00	2
F12	Carrete de alto caudal no recoge manguera de despacho			
F24	Carrete de alto caudal no trava	Carrete de alto caudal	72.50	4
F25	Fuga de combustible por carrete de alto caudal			
F14	Sonidos en tanque cisterna	Pernos de anclaje	9.50	1
F15	Perdida de potencia de motor	Discos de Embrague	151.33	2
F17	Vibración en volante de dirección	Manguetas	60.33	1
F18	Golpeteo en segundo eje de tracción	Árbol de Transmisión	9.00	1
F19	Desgaste en los hombros de los neumáticos	Barra longitudinal entre ruedas	12.25	1
F20	No activa freno auxiliar	Regular de freno de Escape	17.33	1
F21	No ingresan los cambios	Bomba de embrague	22.50	1
F22	Deformación de flancos en neumáticos posteriores	Neumáticos	14.50	1
F23	El carrete de alto caudal no recoge la manguera	Resorte Progresivo	13.25	1
F26	Fuga de refrigerante por tapiz de cabina	Intercambiador de Calor	10.58	1
F27	No indica la velocidad en tablero de cisterna	Sensor	20.17	1
F28	Silbido en el turbo a 1500 rpm	Turbo	138.25	1
F29	Fuga de aire al pisar pedal de freno	Pulmón de Freno	8.34	1
F30	Demora en carga de aire para los frenos	Compresor de Aire	17.33	1
F31	Cinturón de seguridad no retrae	Cinturón de seguridad	20.66	1
F32	Fuga de aceite por reten de caja de dirección	Caja de Dirección	6.16	1
F33	Fuga de aceite ATF por cañería de alta presión	Cañerías de Alta Presión de ATF	159.75	1
			1527.81	45

Anexo 19. Ponderación de frecuencia de fallas

Componente	Fallas registradas (veces/año)	Ponderación de Frec. de falla
Serbo de dirección	4	5
Paquete de muelles	3	3
Faja y rodaje con desgaste	3	3
Alternador	1	1
Sócate	3	3
Interruptor	1	1
Inyector	1	1
Ramal de cables lado derecho	1	1
Bomba de Despacho	4	5
Toma de fuerza (PTO)	2	3
Carrete de alto caudal	4	5
Pernos de anclaje	1	1
Discos de Embrague	2	3
Manguetas	1	1
Árbol de Transmisión	1	1
Barra longitudinal entre ruedas	1	1
Regulador de freno de Escape	1	1
Bomba de embrague	1	1
Neumáticos	1	1
Resorte Progresivo	1	1
Intercambiador de Calor	1	1
Sensor	1	1
Turbo	1	1
Pulmón de Freno	1	1
Compresor de Aire	1	1
Cinturón de seguridad	1	1
Caja de Dirección	1	1
Cañerías de Alta Presión de ATF	1	1
N° de fallas registradas	45	
Frecuencia de falla		1
Criterio		Peso
> 7 veces/año		9
5 a 6 veces/año		7
4 a 5 veces/año		5
2 a 3 veces/año		3
1 vez/año		1

Anexo 20. Ponderación de costos

Componente	Costo de repuesto \$	Ponderación
Serbo de dirección	2,174.00	0.5
Paquete de muelles	2,900.00	0.5
Faja y rodaje con desgaste	975.00	0.1
Alternador	370.00	0.1
Sócate	300.00	0.1
Interruptor	35.00	0.1
Inyector	1,200.00	0.3
Ramal de cables lado derecho	2,500.00	0.5
Bomba de Despacho	5,400.00	0.9
Toma de fuerza (PTO)	1,850.00	0.3
Carrete de alto caudal	7,420.00	0.9
Pernos de anclaje	500.00	0.1
Discos de Embrague	7,000.00	0.9
Manguetas	600.00	0.1
Árbol de Transmisión	500.00	0.1
Barra longitudinal entre ruedas	700.00	0.1
Regulador de freno de Escape	614.00	0.1
Bomba de embrague	120.00	0.1
Neumáticos	1,150.00	0.3
Resorte Progresivo	300.00	0.1
Intercambiador de Calor	512.00	0.1
Sensor	120.00	0.1
Turbo	2,100.00	0.5
Pulmón de Freno	600.00	0.1
Compresor de Aire	500.00	0.1
Cinturón de seguridad	350.00	0.1
Caja de Dirección	356.00	0.1
Cañerías de Alta Presión de ATF	560.00	0.1
Total costo de repuestos	41,706.00	
Costo		0.1
Criterio		Peso
Gastos altos: > 4000 US\$/año		9
Gastos importantes: entre 3,000 < 4,000 US\$/año		7
Gastos razonables: entre 2,000 < 3,000 US\$/año		5
Gastos bajos: entre 1,000 < 2,000 US\$/año		3
Gastos irrelevantes: < 1,000 US\$/año		1

Anexo 21. Ponderación del impacto en la producción

Componente	TTR	Impacto en la producción
Serbo de dirección	92.74	2.7
Paquete de muelles	36.42	1.5
Faja y rodaje con desgaste	162.01	2.7
Alternador	14.25	0.9
Sócate	183.08	2.7
Interruptor	9.34	0.9
Inyector	21.67	0.9
Ramal de cables lado derecho	19.33	0.9
Bomba de Despacho	198.24	2.7
Toma de fuerza (PTO)	27	1.5
Carrete de alto caudal	72.5	2.7
Pernos de anclaje	9.5	0.9
Discos de Embrague	151.33	2.7
Manguetas	60.33	2.1
Árbol de Transmisión	9	0.9
Barra longitudinal entre ruedas	12.25	0.9
Regulador de freno de Escape	17.33	0.9
Bomba de embrague	22.5	0.9
Neumáticos	14.5	0.9
Resorte Progresivo	13.25	0.9
Intercambiador de Calor	10.58	0.9
Sensor	20.17	0.9
Turbo	138.25	2.7
Pulmón de Freno	8.34	0.9
Compresor de Aire	17.33	0.9
Cinturón de seguridad	20.66	0.9
Caja de Dirección	6.16	0.9
Cañerías de Alta Presión de ATF	159.75	2.7
Tiempo perdido por fallas (horas)	1527.81	
Impacto en producción (hora/detección por falla)		0.3
Critero	Peso	
> 72 horas/año	9	
48 < 72 horas/año	7	
24 < 48 horas/año	5	
6 < 24 horas/año	3	
< a 6 horas/año	1	

Anexo 22. Ponderación del impacto en seguridad

Componente	Impacto en seguridad
Serbo de dirección	2.1
Paquete de muelles	0.3
Faja y rodaje con desgaste	0.3
Alternador	0.3
Sócate	0.3
Interruptor	0.3
Inyector	0.9
Ramal de cables lado derecho	1.5
Bomba de Despacho	0.9
Toma de fuerza (PTO)	0.3
Carrete de alto caudal	1.5
Pernos de anclaje	0.9
Discos de Embrague	0.9
Manguetas	0.3
Árbol de Transmisión	0.3
Barra longitudinal entre ruedas	0.3
Regulador de freno de Escape	0.9
Bomba de embrague	0.9
Neumáticos	1.5
Resorte Progresivo	0.9
Intercambiador de Calor	0.3
Sensor	0.3
Turbo	0.3
Pulmón de Freno	1.5
Compresor de Aire	1.5
Cinturón de seguridad	1.5
Caja de Dirección	1.5
Cañerías de Alta Presión de ATF	2.1
Impacto en seguridad	0.3
Criterio	Peso
Riesgo de muerte inminente	9
Puede producir daños muy graves que dejan secuela después de un tratamiento	7
Pueden producir daños graves que desaparecen con tratamiento	5
Pueden producir daños leves que desaparecen con tratamiento	3
No existe riesgo para las personas	1

Anexo 23. Ponderación del impacto al medio ambiente y comunidades

Componente	Impacto ambiental y comunidades
Serbo de dirección	0.9
Paquete de muelles	0.3
Faja y rodaje con desgaste	0.3
Alternador	0.3
Sócate	0.3
Interruptor	0.3
Inyector	1.5
Ramal de cables lado derecho	0.9
Bomba de Despacho	1.5
Toma de fuerza (PTO)	0.3
Carrete de alto caudal	0.3
Pernos de anclaje	0.3
Discos de Embrague	0.3
Manguetas	0.3
Árbol de Transmisión	0.3
Barra longitudinal entre ruedas	0.3
Regulador de freno de Escape	0.3
Bomba de embrague	1.5
Neumáticos	0.3
Resorte Progresivo	0.3
Intercambiador de Calor	0.3
Sensor	0.3
Turbo	0.3
Pulmón de Freno	0.3
Compresor de Aire	0.3
Cinturón de seguridad	0.3
Caja de Dirección	0.9
Cañerías de Alta Presión de ATF	0.9
Impacto ambiental y comunidades	0.3
Criterio	Peso
Provoca daños medioambientales irreversibles fuera de la mina	9
Provoca daños medioambientales irreversibles dentro de la mina	7
Produce daños medioambientales cuyos efectos no violan las normativas	5
Produce daños medioambientales reversibles	3
No provoca ningún daño	1

Anexo 24. Criterios de nivel de criticidad

Componente	Total	Criticidad	Prioridad
Serbo de dirección	31	AC	ALTA
Paquete de muelles	7.8	BC	BAJA
Faja y rodaje con desgaste	10.2	MC	MEDIA
Alternador	1.6	BC	BAJA
Sócate	10.2	MC	MEDIA
Interruptor	1.6	BC	BAJA
Inyector	3.6	BC	BAJA
Ramal de cables lado derecho	3.8	BC	BAJA
Bomba de Despacho	30	AC	ALTA
Toma de fuerza (PTO)	7.2	BC	BAJA
Carrete de alto caudal	27	AC	ALTA
Pernos de anclaje	2.2	BC	BAJA
Discos de Embrague	14.4	MC	MEDIA
Manguetas	2.8	BC	BAJA
Árbol de Transmisión	1.6	BC	BAJA
Barra longitudinal entre ruedas	1.6	BC	BAJA
Regulador de freno de Escape	2.2	BC	BAJA
Bomba de embrague	3.4	BC	BAJA
Neumáticos	3	BC	BAJA
Resorte Progresivo	2.2	BC	BAJA
Intercambiador de Calor	1.6	BC	BAJA
Sensor	1.6	BC	BAJA
Turbo	3.8	BC	BAJA
Pulmón de Freno	2.8	BC	BAJA
Compresor de Aire	2.8	BC	BAJA
Cinturón de seguridad	2.8	BC	BAJA
Caja de Dirección	3.4	BC	BAJA
Cañerías de Alta Presión de ATF	5.8	BC	BAJA

Criticidad	Abreviatura	Rango
Altamente críticos	AC	> 25
Medianamente críticos	MC	< 9 - 25 >
Baja criticidad	BC	< 9

Anexo 25. Resultados del grado de modo de falla

Componente	Falla	NPR	Grado de Modo de falla
Servo de Dirección	1.A.1	180	Reducible
	1.A.2	192	Reducible
	1.B.1	30	Aceptable
	1.B.2	180	Reducible
Faja y rodaje con desgaste	2.A.1	64	Aceptable
	2.A.2	288	Indeseable
Sócate	3.A.1	144	Reducible
	3.A.2	6	Aceptable
Bomba de Despacho	4.A.1	63	Aceptable
	4.A.2	280	Indeseable
	4.B.1	280	Indeseable
	4.B.2	128	Reducible
	4.B.3	168	Reducible
Carrete de alto caudal	5.A.1	175	Reducible
	5.A.2	8	Aceptable
	5.B.1	192	Reducible
	5.B.2	192	Reducible
	5.C.1	200	Reducible
Discos de Embrague	5.C.2	200	Reducible
	6.A.1	200	Reducible
	6.A.2	240	Indeseable
	6.A.3	240	Indeseable

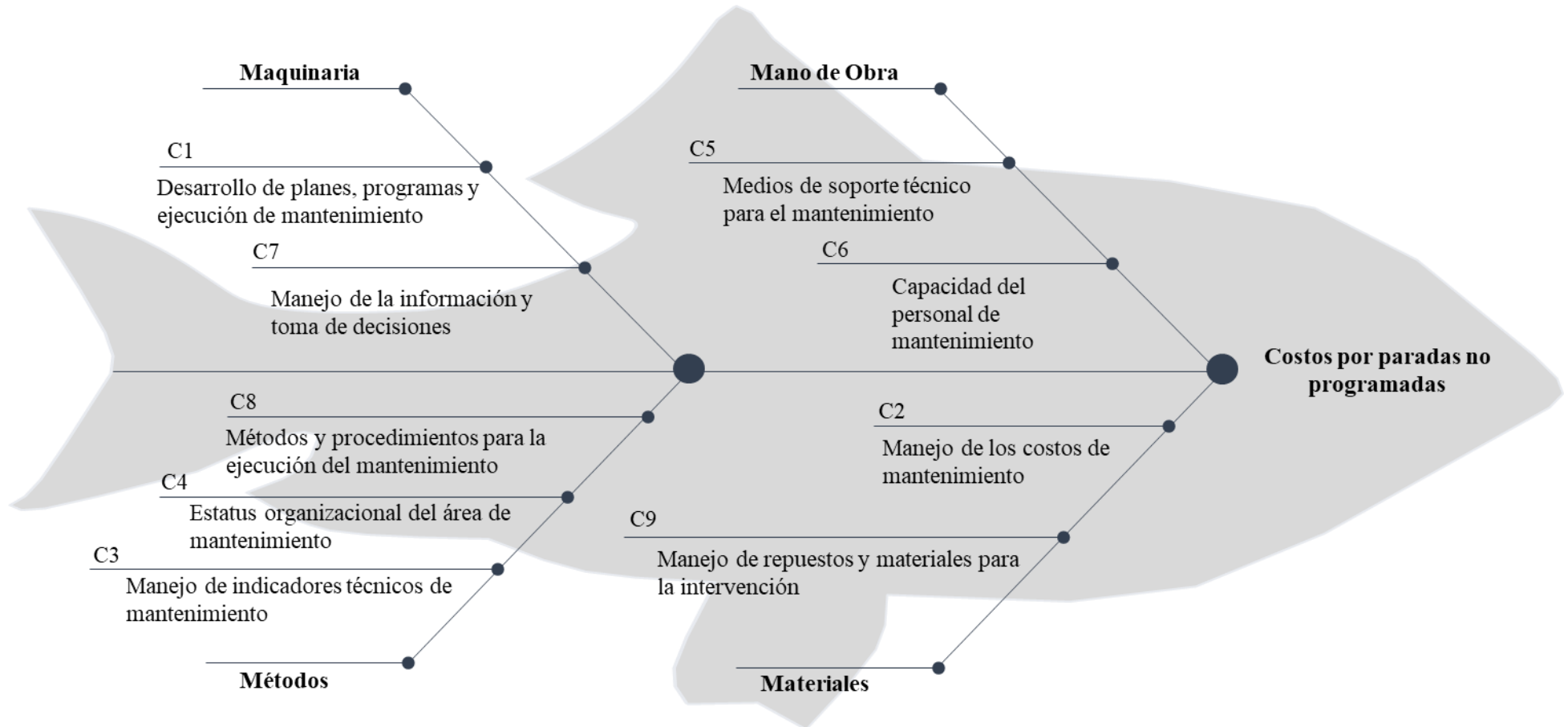
Criterio NPR

NPR ≤ 125	Aceptable
125 < NPR ≤ 200	Reducible
NPR > 200	Indeseable

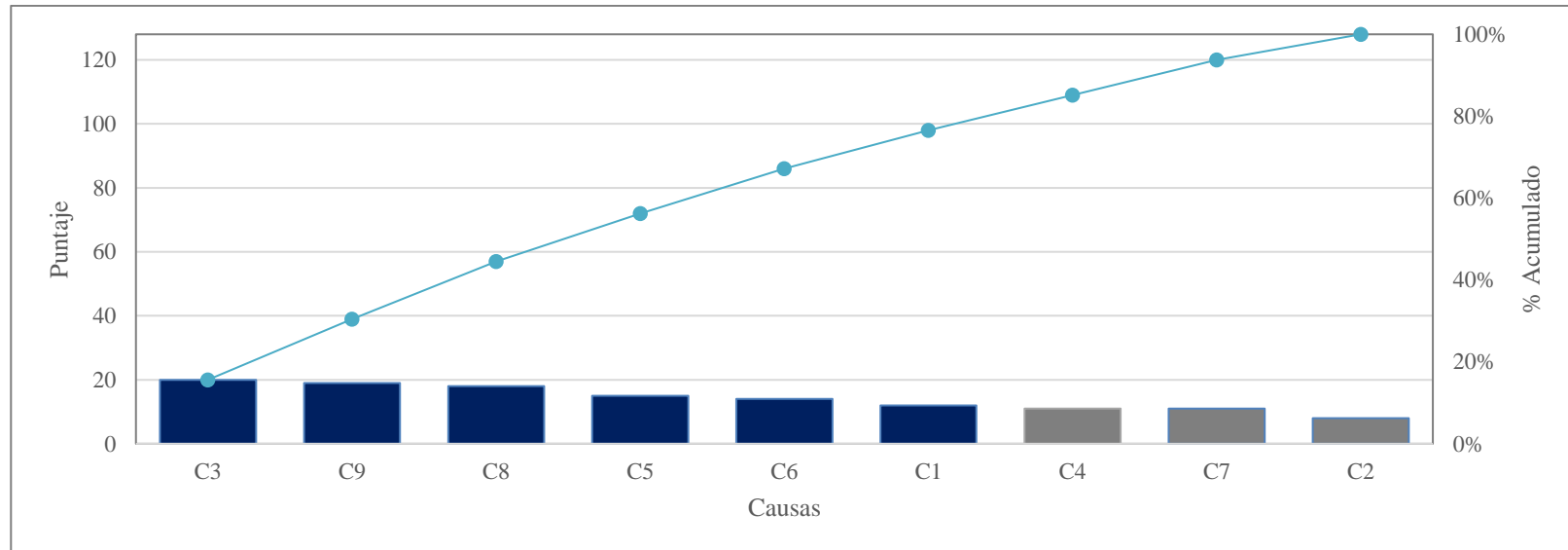
Anexo 26. Resultados de los costos del periodo 2018 y 2019

Costos		Reporte 2018				Reporte 2019				Var %
		FG-956	VB-056	PJ-417	Totales	FG-956	VB-056	PJ-417	Totales	
Tiempo total detenido	Hras	642.91	377.07	507.83	1527.81	588.23	435.33	450.13	1473.69	-3.54
MO Interna	US \$	936.86	432.23	917.99	2,287.07	1,025.86	523.75	928.87	2,478.48	8.37
MO Externa	US \$	1,307.21	1,303.50	1,211.85	3,822.56	1,295.32	1,315.40	1,302.56	3,913.28	2.37
Costo Rptos.	US \$	14,780.00	11,783.00	15,143.00	41,706.00	13,652.32	10,824.17	14,952.32	39,428.81	-5.46
Insumos	US \$	545.48	233.08	388.61	1,167.17	415.20	155.14	298.35	868.69	-25.57
Costo Total de Intervención	US \$	17,569.55	13,751.81	17,661.45	48,982.80	16,388.70	12,818.46	17,482.10	46,689.26	-4.68
Retraso en despacho	Hras	9.24	13.73	18.91	41.88	7.1	5.33	9.25	21.68	-48.23
Perdidas por penalidad	US \$	462.00	686.50	945.50	2,094.00	355.00	266.50	462.50	1,084.00	-48.23
Perdida por indisponibilidad	US \$	16,072.75	9,426.75	12,695.75	38,195.25	14,705.75	10,883.25	11,253.25	36,842.25	-3.54
Costo Total de Falla	US \$	16,534.75	10,113.25	13,641.25	40,289.25	15,060.75	11,149.75	11,715.75	37,926.25	-5.87
Costo Total correctivo	US \$	34,104.30	23,865.06	31,302.70	89,272.05	31,449.45	23,968.21	29,197.85	84,615.51	-5.22

Anexo 27. Diagrama de Ishikawa



Anexo 28. Diagrama de Pareto




Cód.	Causas	Frecuencia	FI	F.R.	F.R.A.
C3	Manejo de indicadores técnicos de mantenimiento	20	20	16%	16%
C9	Manejo de repuestos y materiales para intervención	19	39	15%	30%
C8	Métodos y procedimientos para la ejecución del mantenimiento	18	57	14%	45%
C5	Medios de soporte técnico para el mantenimiento	15	72	12%	56%
C6	Capacidad del personal de mantenimiento	14	86	11%	67%
C1	Desarrollo de planes, programas y ejecución de mantenimiento	12	98	9%	77%
C4	Estatus organizacional del área de mantenimiento	11	109	9%	85%
C7	Manejo de la información y toma de decisiones	11	120	9%	94%
C2	Manejo de los costos de mantenimiento	8	128	6%	100%

128

Anexo 29. Matriz de indicadores de los objetivos

Cód.	Objetivos	Indicador	Finalidad	Valor Actual	Herramientas
O1	Analizar el Área de Mantenimiento	Puntaje de restricciones	Identificar restricciones del área analizada	0%	Ficha de observación
O2	Realizar un diagnóstico actual de camiones cisterna	Índices de probabilidad	Determinar el estado actual de los camiones cisterna y sus respectivos costos por mantenimiento	0%	Distribución Weibull/análisis de costos
O3	Elaboración de mantenimiento centrado en confiabilidad	Numero de prioridad de riesgo	Desarrollar una metodología RCM para identificar los sistemas más críticos de las unidades	0%	RCM
O4	Realizar un análisis de influencia	Costos actuales – costos anteriores	Evaluar que tanto influye en los costos positivamente al aplicar una metodología RCM	0%	Análisis comparativo de los costos

Rangos de Alerta

	> 90%	Optimo
	<90% >75%	Aceptable
	<75%	Deficiente

Anexo 30. Flujo de caja

MANTO CORRECTIVOS EN CISTERNA					
Año	Sistema de Suspensión	Sistema Eléctrico	Sistema de Frenos	Sistema de Despacho	Total
Manto 2018	4,123.00	5,000.00	6,500.00	5,342.00	20,965.00
Manto 2019 (RCM)	3,400.00	2,500.00	4,200.00	3,895.00	13,995.00

MANTO PREVENTIVO EN CISTERNA					
Año	Cambio de aceite de motor y filtros (PM1)	Cambio de aceite de caja y filtro (PM2)	Cambio de aceite de transmisión (PM3)	Cambio de aceite de dirección (PM4)	Total
Manto 2018	5,000.00	300.00	180.00	30.00	5,510.00
Manto 2019 (RCM)	4,347.83	260.87	180.00	30.00	4,818.70

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO					
Año	S.S + PM1	S.E. + PM2	S.F + PM3	S.D + PM4	Total
Manto 2018	9,123.00	5,300.00	6,680.00	5,372.00	26,475.00
Manto 2019 (RCM)	7,747.83	2,760.87	4,380.00	3,925.00	18,813.70

COMPARATIVO DE COSTOS	
Manto 2018	26,475.00
Manto 2019 (RCM)	18,813.70
	7,661.30

Anexo 31. Flujo de caja

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Venta proyectada (galones)	7,000.00	6,804.00	6,956.00	7,245.00	7,300.00	7,100.00	7,250.00	7,400.00	7,300.00	7,210.00	6,900.00	6,500.00
Precio galón	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
Ingreso	23,100.00	22,453.20	22,954.80	23,908.50	24,090.00	23,430.00	23,925.00	24,420.00	24,090.00	23,793.00	22,770.00	21,450.00
Costos fijos												
Pago a conductores	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00
Gastos administrativos	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00	-1,000.00
Manto preventivo	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00	-3,000.00
Sub total	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00	-7,000.00
Costos Variables												
Consumo de combustible	-1,500.00	-1,300.00	-1,350.00	-1,650.00	-1,720.00	-1,610.00	-1,650.00	-1,810.00	-1,680.00	-1,620.00	-1,350.00	-1,250.00
Manto correctivo	-3,000.00	-2,500.00	-2,678.00	-3,120.00	-3,560.00	-3,512.00	-3,500.00	-3,200.00	-3,160.00	-3,400.00	-2,987.00	-2,800.00
Compra de llantas	-2,000.00	-2,000.00	-2,000.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00
Sub total	-6,500.00	-5,800.00	-6,028.00	-6,270.00	-6,780.00	-6,622.00	-6,650.00	-6,510.00	-6,340.00	-6,520.00	-5,837.00	-5,550.00
Total de egresos	-13,500.00	-12,800.00	-13,028.00	-13,270.00	-13,780.00	-13,622.00	-13,650.00	-13,510.00	-13,340.00	-13,520.00	-12,837.00	-12,550.00
Utilidad Operativa	9,600.00	9,653.20	9,926.80	10,638.50	10,310.00	9,808.00	10,275.00	10,910.00	10,750.00	10,273.00	9,933.00	8,900.00