



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la confiabilidad
del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU
EIRL – Cajamarca.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Arce Chávez, Roger Iván (ORCID: [0000-0003-1634-4564](https://orcid.org/0000-0003-1634-4564))

ASESOR:

Mg. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: [0000-0001-8604-8811](https://orcid.org/0000-0001-8604-8811))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Planificación de mantenimiento para empresas industriales

LAMBAYEQUE – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación, lo dedico a mis padres Mirta Chávez Rojas y Calixto Arce Saavedra, quienes me inculcaron a ser una persona de bien y supieron con su ejemplo transmitirme principios morales y valores como el respeto, de los que me siento muy orgulloso.

También se lo dedico a mi esposa Neydiz Guevara Chávez e hija Cataleya Arce Guevara, por su amor y apoyo incondicional y que son mi motivación para ir mejorando día a día.

ROGER I. ARCE CHAVEZ

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por haberme dado la vida e iluminado en la meta que me he trazado y permitirme alcanzar con éxito mi propósito.

Agradezco al Ing. Jony Villalobos Cabrera por haberme brindado todo su apoyo y asesoramiento para poder realizar este trabajo de investigación, agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por abrirme las puertas de su casa y recibirme como estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica y a mi asesor Dr. Fredy Dávila Hurtado, por guiarme con sus consejos y experiencia durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

ROGER I. ARCE CHAVEZ

Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de Figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	10
3.5. Procedimientos.....	11
3.6. Método de análisis de datos.....	12
3.7. Aspectos éticos.....	12
IV. RESULTADOS.....	13
V. DISCUSIÓN.....	72
VI. CONCLUSIONES.....	76
VII. RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de Mantenimiento	7
Tabla 2. Técnicas e instrumentos.....	11
Tabla 3. Características del Camión CATERPILLAR 793F.....	13
Tabla 4. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	16
Tabla 5. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR).....	17
Tabla 6. <i>Confiabilidad 2018</i>	18
Tabla 7. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	19
Tabla 8: <i>Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)</i>	20
Tabla 9. Confiabilidad 2019.....	21
Tabla 10. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	22
Tabla 11. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR).....	23
Tabla 12. Confiabilidad 2020.....	24
Tabla 13. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	25
<i>Tabla 14. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)</i>	26
Tabla 15. Confiabilidad 2021.....	27
Tabla 16. Confiabilidad de los años 2018, 2019, 2020 y 2021	28
Tabla 17. Criterios y Ponderaciones para calcular la Criticidad de los Sistemas de las Camión Minero Caterpillar 793F	36
Tabla 18. Resultado del Análisis de Criticidad al Sistema de Tren de Potencia.....	38
Tabla 19. Resultado del Análisis de Criticidad al Sistema de Motor.....	39
Tabla 20. Detalle del Análisis de Criticidad a cada uno de los Sistemas	40
Tabla 21. Resumen del Análisis de Criticidad de los Sistemas del Camión Minero Caterpillar 793F.....	41
Tabla 22. Valores de Criticidad de cada sistema del Camión Minero	42
Tabla 23. Cronograma de capacitaciones para el personal de Mantenimiento del Camión Minero	47
Tabla 24. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 250 horas	49
Tabla 25. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 500 horas	50
Tabla 26. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 1000 horas	51
Tabla 27. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 2000 horas	52
Tabla 28. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 4000 horas	53
Tabla 29. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	54
Tabla 30. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR).....	55
Tabla 31. Nueva Confiabilidad 2018	56
Tabla 32. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	57
<i>Tabla 33. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)</i>	58
<i>Tabla 34. Nueva Confiabilidad 2019</i>	59
Tabla 35. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	60
Tabla 36. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR).....	61
Tabla 37. Nueva Confiabilidad 2020	62
Tabla 38. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	63
Tabla 39. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR).....	64
Tabla 40. Nueva Confiabilidad 2021	65

Tabla 41. Nueva Confiabilidad de los años 2018, 2019, 2020 y 2021.....	67
Tabla 42. Costos de equipos para implementar el taller	69
Tabla 43. Costos del Recurso Humano.....	69
Tabla 44. Costos Mensuales de Personal el Plan de Mantenimiento.....	70
Tabla 45. <i>Flujos económicos y VAN (en Soles)</i>	71

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del Camión Minero Caterpillar 793F	14
Figura 2. Proceso de extracción del Oro	14
Figura 3. Confiabilidad en el año 2018.....	18
Figura 4. Confiabilidad en el año 2019.....	21
Figura 5. Confiabilidad en el año 2020.....	24
Figura 6. Confiabilidad en el año 2021	27
Figura 7. Confiabilidades del Camión Minero en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y su tendencia	29
Figura 8. Esquema del Camión Minero Caterpillar 793F incluyendo las variables de entrada y las Variables de salida.....	30
Figura 9. Sistemas que componen el Camión Minero Caterpillar 793F	31
Figura 10. Diagrama de Ishikawa aplicado al Camión Minero.....	32
Figura 11. Diagrama de Pareto	42
Figura 12. Organigrama con la mejora aplicada en la empresa	44
Figura 13. Nueva Confiabilidad en el año 2018.....	57
Figura 14. Nueva Confiabilidad en el año 2019.....	59
Figura 15. Nueva Confiabilidad en el año 2020.....	63
Figura 16. Nueva Confiabilidad en el año 2021	66
Figura 17. Nuevas Confiabilidades del Camión Minero en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y su tendencia	68

Resumen

La investigación realizada trató el tema de la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F, de propiedad de la empresa SEMANGRU ERIL, que actualmente está realizando actividades de transporte de material con mineral en la mina Yanacocha Norte. El objetivo general de este trabajo fue el diseño de un programa de mantenimiento que permita optimizar la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño no experimental. Para la recolección de datos se utilizó como técnica la observación directa y la revisión documentaria, por lo que los instrumentos empleados fueron la ficha de observación de campo, además las fichas técnicas y las fichas de historial de equipos. La población fue constituida por las fallas del camión minero Caterpillar 793F desde el año 2018, la muestra fue las fallas de mayor incidencia en la baja confiabilidad.

De acuerdo con el análisis realizado se concluye que como resultado del diagnóstico del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca, se concluye que la confiabilidad promedio es de 90,04%. Teniendo un valor máximo de confiabilidad de 91,25% y valor mínimo de confiabilidad de 88,85%. Además del análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, dio como resultado que los sistemas más críticos son el sistema tren de potencia y el sistema de motor, siendo las fallas más comunes que se da es por pérdida de presión de aceite en los paquetes de embragues, originado por falta de calibración y llenado de paquetes, y por pérdida de potencia originado por varios factores, entre estos están la ruptura de mangueras en la admisión de aire, filtros de aires saturados y falla en los inyectores, esto hace que la máquina se paralice y no continúe trabajando. Además, las principales actividades del mantenimiento preventivo se realizarán de acuerdo al número de horas de trabajo de dicha unidad. Así mismo, el nuevo índice de confiabilidad teórica, obtenido una vez aplicado el plan de mantenimiento preventivo, es en promedio de 97.64%. Finalmente, Como resultado de la evaluación económica del plan de mantenimiento preventivo, se requiere una inversión de S/. 615 000, con un VAN de S/. 97 843.6 y una TIR mensual de 5%.

Palabras clave: Confiabilidad de máquina, mantenimiento preventivo; RCM

Abstract

The investigation carried out addressed the issue of the reliability of the Caterpillar 793F mining truck, owned by the company SEMANGRU ERIL, which is currently carrying out activities of transporting material with ore in the Yanacocha Norte mine. The general objective of this work was the design of a maintenance program that allows to optimize the reliability of the Caterpillar 793F mining truck of the company SEMANGRU EIRL - Cajamarca. A methodology with a quantitative approach, of an applied type and a non-experimental design, was proposed. For data collection, direct observation and documentary review were used as techniques, so the instruments used were the field observation sheet, as well as the technical sheets and the equipment history sheets. The population was constituted by the failures of the Caterpillar 793F mining truck since 2018, the sample was the failures with the highest incidence in low reliability.

According to the analysis carried out, it is concluded that as a result of the diagnosis of the Caterpillar 793F mining truck of the company SEMANGRU EIRL - Cajamarca, it is concluded that the average reliability is 90.04%. Having a maximum reliability value of 91.25% and a minimum reliability value of 88.85%. In addition to the criticality analysis and the Pareto diagram, it resulted that the most critical systems are the power train system and the engine system, with the most common failures occurring being due to loss of oil pressure in the power packs. clutches, caused by lack of calibration and filling of packages, and by loss of power caused by various factors, among these are the rupture of hoses in the air intake, saturated air filters and failure in the injectors, this makes the machine stops working and stops working. In addition, the main preventive maintenance activities will be carried out according to the number of working hours of said unit. Likewise, the new theoretical reliability index, obtained once the preventive maintenance plan has been applied, is on average 97.64%. Finally, as a result of the economic evaluation of the preventive maintenance plan, an investment of S/. 615,000, with a NPV of S/. 97,843.6 and a monthly IRR of 5%.

Keywords: Machine reliability, preventive maintenance, RCM

I. INTRODUCCIÓN

Álvarez (2018), describe que a nivel internacional, a lo largo de los años, el mantenimiento se ha convertido en un proceso obligatorio para las organizaciones responsables y disciplinadas que buscan reducir el tiempo de inactividad de los equipos o maquinarias debido a eventos imprevistos que afectan su rendimiento afectan la producción, si la empresa realiza el mantenimiento adecuado que optimizará los recursos, podrá mejorar defina procedimientos de costos, monitoree y controle adecuadamente su equipo, las relaciones con los productos La producción se mejora a través de la eficiencia y la eficacia en la realización de tareas y el trabajo con equipos organizacionales.

García (2017), cree que la experiencia es la base fundamental para el desarrollo de métodos que conduzcan a resultados óptimos, en los que cada proceso se lleve a cabo productivamente, beneficiando a los miembros de la organización aumentando su productividad.

Andrade (2018), resalta la importancia del mantenimiento en una empresa, así como la necesidad de que todas las máquinas deben contar con su plan de mantenimiento, y de esta manera evitar paradas imprevistas que traen como consecuencia pérdidas económicas a la empresa.

En el Perú, Calderón (2017), en su investigación resalta la importancia de realizar un diagnóstico de la situación actual de los camiones volquetes mediante un estudio de análisis de fallas, con la finalidad de aplicar la teoría de confiabilidad para proponer escenarios alternativos que cumplan con mejorar la confiabilidad de camiones volquetes.

Ballesteros (2019), manifiesta que muchas empresas peruanas, especialmente cajamarquinas, brindan sus servicios a los sectores de la minería y la construcción, en sus etapas iniciales y de desarrollo como empresa, independientemente del mantenimiento, operación y disponibilidad de equipos, los cuales son el elemento clave de la calidad y confiabilidad de los servicios que brindan, encontrando que debido al escaso mantenimiento, los equipos paran y no pueden sus objetivos debido al bajo rendimiento y confiabilidad de su maquinaria pesada.

La empresa SEMANGRU, dirección. Av. La Paz. N° 2132, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. Esta empresa inició sus operaciones en el año 1999 y se dedica a la venta, alquiler y mantenimiento de maquinaria y repuestos para las diferentes minas ubicadas en la sierra de Cajamarca.

El camión minero Caterpillar 793F, fue adquirido para la empresa SEMANGRU EIRL, desde el año 2016, y desde al año 2018 brinda sus servicios a la empresa Yanacocha SRL, en el centro minero Yanacocha Norte. Durante su permanencia en la mina, el camión minero ha sufrido paradas imprevistas que equivale a 200 horas al año, originando que su confiabilidad sea del orden de los 90.04%. Estas paradas inesperadas, se han producido por dificultad para el arranque, pérdida de potencia, etc., como consecuencia de no contar con un plan de mantenimiento preventivo, lo que ha representado en el último año pérdidas económicas a la empresa.

Por lo manifestado, la enunciación del problema en la presente investigación será: ¿Cómo mejorar la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F, mediante el mantenimiento centrado en confiabilidad?

La presente investigación tiene una justificación tecnológica, toda vez que utiliza la teoría del mantenimiento preventivo, pues la información recopilada es útil para optimizar el desempeño de la maquinaria lo que reduce significativamente el tiempo de trabajo. También se tiene una justificación económica pues se reducirá los costos de reparación y operación, obteniendo así beneficios financieros para la empresa. Finalmente, la justificación social se sustenta en que la confiabilidad de la maquinaria se incrementa por ende los usuarios a quienes se les brinda el servicio no sufrirán de cortes de suministro.

Basándose en la formulación del problema, planteamos la siguiente hipótesis: Mediante el diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad permitirá mejorar la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL - Cajamarca.

Dando la respuesta al problema, se plantea el siguiente objetivo general: Diseñar un programa de mantenimiento que permita optimizar la confiabilidad del

camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca.

Para alcanzar dicho objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación actual de operación del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL - Cajamarca, indicando la confiabilidad de la unidad.
- Aplicar el análisis de criticidad de los sistemas que comprende el camión minero Caterpillar 793F.
- Determinar las principales actividades propias del mantenimiento, acompañado de la generación de reportes de gestión.
- Analizar los Índices de confiabilidad teórica, de acuerdo al plan de mantenimiento diseñado.
- Realizar la evaluación económica del plan de mantenimiento diseñado, mediante los indicadores VAN y TIR.

II. MARCO TEÓRICO

En investigaciones realizadas a nivel internacional, así, Maldonado y Sigüenza (2017), en el proyecto de investigación “Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo”, demuestra que el inventario actualizado de la maquinaria pesada de la empresa se constituye en la base fundamental para la implementación de un plan de mantenimiento ya que por medio de este documento se tiene un acceso rápido a características propias de cada máquina como: tipo de máquina, modelo, códigos, etc., además concluye que el programa de mantenimiento es una herramienta clave que se la debe seguir estrictamente realizando todos los procedimientos y recomendaciones descritos para cada máquina, logrando así mantenerla operativa y aprovechar al máximo la vida útil de la misma.

Asimismo, Bravo y Tetamuez (2017), en la investigación “Implementación de un plan de mantenimiento integral y de gestión de bodega mediante la utilización de un software para la flota de maquinaria pesada y vehículos del taller automotriz del GAD Municipal del Cantón Colta”, cuyo objetivo principal fue implementar un plan de mantenimiento integral y de gestión de bodega mediante la utilización de un software para la flota de maquinaria pesada y vehículos del Taller Automotriz del GADMCC, concluyendo que una vez implementado el software en el GAD Municipal del Cantón Colta se efectuó un periodo de prueba interno de 3 meses por parte del personal responsable de mantenimiento y bodegas. En el transcurso de este periodo de tiempo el software fue manipulado, verificado y evaluado por este personal, llegando a la conclusión de una mejoría en el desarrollo de procesos. Los tiempos planificados para el mantenimiento preventivo se ejecutan conforme a lo planificado. Los niveles de coordinación y control son altos y la gestión de bodegas ha mejorado permitiendo contar con el stock necesario.

Otro trabajo de investigación es el realizado por Ballesteros (2019), cuyo objetivo es ejecutar un Programa de mantenimiento preventivo para optimizar y prevenir el estado de las máquinas, originando una disponibilidad de 95% para cada máquina y aumentando la confiabilidad a 98% y seguridad de los operadores y trabajadores, determinando que los reportes mensuales se hacen a la medida de cada dispositivo que la empresa no posee, estos reportes son útiles al momento de

implementar el plan de mantenimiento preventivo, ya que permiten que cualquier persona pueda hacerlo y tener un amplio conocimiento del estado de cada dispositivo, se ha completado la información de que dispone la empresa sobre cada máquina, como la actualización de hojas de vida y papeles técnicos, y el seguimiento del estado de cada máquina, para realizar el plan de mantenimiento y de esta manera dejar la máquina en buen estado.

En investigaciones realizadas a nivel nacional, se encontró la realizada por Bancayan (2020), El objetivo general es "Crear un programa de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de maquinaria pesada en el área de Pho Thanh". Este es un estudio de tipo de aplicación con un diseño de prueba previa e incluye la combinación que consta de cargador frontal, motoniveladora y camión desarrollado durante 6 meses (tres meses antes de la implementación y tres meses después). Métodos analíticos utilizados como herramientas: bitácora de mantenimiento, método de análisis de fallas por impacto. Los diagramas de Pareto y las experiencias de muestras conexas se utilizan para analizar los datos. Se concluyó que se demostró que la disponibilidad obtenida de las tres unidades en estudio al analizar el efecto de falla del método implementado y los cronogramas de exámenes periódicos que se implementaron.

Asimismo, tenemos la investigación realizada por Tarrillo (2020), quien averiguó sobre ¿Cómo es el Plan de Mantenimiento Preventivo de la Empresa Constructora y Administradora de Maquinaria Pesada S.A., Provincia de Bagua - Amazonas; Puede reducir los costos de mano de obra?, concluyendo, que el programa de mantenimiento presentado se limita a cuatro tipos de mantenimiento según su tiempo aplicable, a saber, C a las 500 horas, M a las 1000 horas, L a las 2000 horas y finalmente ML a las 3000 horas, el plan de mantenimiento se implementa de manera oportuna para lograr altos indicadores de confiabilidad y disponibilidad, y también incluye la implementación de las órdenes de salida y entrada que se deben realizar diariamente para recolectar información número de operación de la máquina, así como preceptos de trabajo en concordancia al tipo de mantenimiento a realizar y de acuerdo al cronograma del plan de mantenimiento para los equipos más importantes y la inversión para efectuar el programa de mantenimiento recomendado es de 325.00 S/ 870 y cuyo costo de mantenimiento

en la actualidad es de S/.662,713.14 al evaluar el período del costo de mantenimiento a aplicar exactamente como se instruye, será de S/.291,634.42. Una TIR de 25%, el VAN es 256,770.71 S/ y el periodo de recuperación es 2.35 años.

Además, Villena (2017), en la investigación realizada: “Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructor”, Se concluyó que el desarrollo de la implementación del programa de mantenimiento propuesto refleja la mayor disponibilidad de la flota de maquinaria y la confiabilidad del componente más crítico, la bomba hidráulica principal. También puede mejorar el rendimiento actual de la flota.

En investigaciones realizadas a nivel local, tenemos la investigación realizada por García (2018), con el objeto de “Diseñar un Sistema de Gestión de Mantenimiento, Basado en la Herramienta Japonesa TPM” (típico de una filosofía del mismo origen: Lean Manufacturing). Para proponer e implementar este diseño, el departamento de mantenimiento de Comercial Molinera San Luis S.A. Se hizo para diagnosticar la situación. Concluyó que el plan de gestión consiste principalmente en la programación y repetición de las tareas de mantenimiento apoyadas y apoyadas en la formación de competencias de los empleados de la empresa y la creación de equipos multidisciplinarios para trabajar con mayor eficiencia y crear sentido de responsabilidad. Todas las actividades y reuniones realizadas fueron respaldadas con los documentos requeridos por el distrito.

Finalmente, encontramos la investigación realizada por Guevara et al. (2015), con el objeto de realizar un “Plan Maestro de Mantenimiento (Preventivo - Predictivo) para la Operación de Equipo Pesado Ángeles en el Proyecto Minero La Granja”. Para ello se aplicó una encuesta a los operadores de estos equipos y así determinar las condiciones de operación y de esta manera poder plantear el Programa de mantenimiento que permita alcanzar su vida útil de manera óptima y eficiente, con la menor cantidad de fallas o averías posibles; logrando reducir costes y seguir siendo competitivo en un mercado globalizado y cambiante. Concluyendo que con un plan maestro de mantenimiento; la maquinaria pesada está disponible a precios que van desde el 97,08 % hasta el 99,96 %, lo que debería crear una buena combinación entre la decisión del taller mecánico, el sector de la logística y

la subcontratación.

Dentro de las teorías utilizadas en la presente investigación tenemos:

El mantenimiento se refiere a las actividades que se realizan sobre los sistemas, instalaciones o equipos para mantenerlos en buen estado. El mantenimiento se define como todas las técnicas encaminadas a mantener los equipos e instalaciones en funcionamiento durante el mayor tiempo posible y con la máxima eficiencia. ((Moubray, 2019).

Tabla 1. Tipos de Mantenimiento

Tipo de Mantenimiento	Significado
Mantenimiento Preventivo	Una Filosofía
Mantenimiento Predictivo	Una Tecnología
Mantenimiento Proactivo	
Mantenimiento Correctivo	Una acción
Mantenimiento Programado	Metodología
Periódico	
Sistemático	
Mantenimiento Progresivo	Recomendación del fabricante
Mantenimiento Total	Un ideal

Fuente: Moubray, (2019)

Mantenimiento preventivo, que tiene como objetivo principal identificar y prevenir fallas en el funcionamiento de la maquinaria y equipo de la empresa, antes de que ocurran. El mantenimiento muestra que, en principio, el tiempo se eleva de acuerdo con el calendario y el tiempo se determina de tal manera que puedan llegar a la mesa, de acuerdo con su propia condición de funcionamiento, independientemente de los daños perdidos. (Moubray, 2019)

El mantenimiento predictivo es la tarea de observar el deterioro de uno o más elementos del conjunto más adecuado para estudiar la pendiente de las placas. Muestra que es el trabajo de observación del deterioro de uno o más elementos del conjunto el que prima sobre la tendencia al estudio de los signos, que se realiza mediante el cálculo de la estimación. Apoyar las predicciones basadas en la confiabilidad o en el diseño a menudo tiene como objetivo asegurar el beneficio deseado al guiarse por las propiedades físicas básicas, su probabilidad de falla y la identificación de las consecuencias de aplicar tareas de conservación

apropiadas (preventivas o curativas). (Moubray, 2019).

El mantenimiento correctivo, también conocido como mantenimiento reactivo, ocurre después de un error o falla, es decir, se realiza solo si ocurre un error en el método de control. Especifica que este mantenimiento también se conoce como “mantenimiento reactivo”, y se realiza después de un fallo o falla, es decir, se realiza solo cuando hay un error en el método de control. Para esto, si no hay defectos, será cero, por lo que es necesario esperar la falla del material. (Moubray, 2019)

El mantenimiento integral, es “una filosofía de mantenimiento que tiene como objetivo eliminar los defectos en las máquinas, aumentando así la producción, es decir, manteniendo las máquinas en buenas condiciones para producir productos de calidad inesperada a plena capacidad, sin paradas no programadas. (Moubray, 2019)

La confiabilidad es una característica de un sistema, dispositivo o componente, expresada como la probabilidad de que dicho sistema, dispositivo o componente realice la función para la que fue diseñado bajo las condiciones de uso y dentro de un cierto período de tiempo. La confiabilidad es un componente esencial de una organización de gestión de mantenimiento. Aumentar la confiabilidad de los equipos es uno de los problemas más importantes en el mantenimiento. (Moubray, 2019)

El Centro de mantenimiento de confiabilidad (RCM) ha estado en desarrollo para la manufactura de la aviación civil durante más de 30 años. El proceso ayuda a establecer la tarea de manutención adecuada para cualquier diligente concreto. RCM ya es empleado por muchas de empresas en todo el orbe: desde las principales empresas petroquímicas además de las fuerzas armadas de todo el orbe, emplean el RCM con la finalidad de definir las actividades de mantenimiento de sus equipos, incluida la gran minería, generación de energía, petróleo y gas, metalurgia, etc. El estándar SAE JA1011 especifica los requisitos que debe cumplir un proceso para calificar como un proceso RCM. (Salih et al., 2015).

El cálculo se realiza según la ecuación 1:

Ecuación 1:

Fórmula para cálculo de la confiabilidad

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

Donde:

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas

Ecuación 2:

Fórmula para cálculo del MTBF

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo Total de trabajo} - \textit{Tiempo de Avería}}{\textit{Número de Fallos}}$$

MTTR: Tiempo Medio Para Reparación.

Ecuación 3:

Fórmula para cálculo del MTTR

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\textit{Número de reparaciones}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada es del tipo Aplicada esto como consecuencia de que se utilizó los conocimientos relacionados a plan de mantenimiento, así como mejorar la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca.

Diseño de investigación

El Diseño de la presente investigación tiene un diseño no experimental porque no ha surgido nada, sino que se observa una situación ya existente y no provocada deliberadamente por la persona que realiza la investigación. En los estudios no experimentales aparecen variables independientes y no pueden ser manipuladas, no hay un control directo sobre esas variables, y no hay forma de influir en ellas porque han ocurrido, y sus efectos.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Diseño de un plan de mantenimiento

Variable Dependiente: Mejorar la confiabilidad del Camión Minero

La operacionalización de variables está en el Anexo 01

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: La población, está constituida por el Camión Minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL

Muestra: La muestra es poblacional y está constituida por el Camión Minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL.

Muestreo: No hubo muestreo pues la muestra es una muestra poblacional.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 2. *Técnicas e instrumentos*

Técnica	Instrumentos	Finalidad
Observación directa	Guía de observación de campo.	Permite recopilar información de los dispositivos de defensa del alimentador, además de sus indicadores de funcionamiento
Revisión documental	Ficha técnica Ficha de Historial de equipos	Es un documento en la forma de resumen que describe en detalle las propiedades del objeto, sustancia, programa o proceso. Mediante este instrumento podemos recopilar información sobre las fallas y tiempos muertos de maquinaria pesada, así como horarios de trabajo para revisión y análisis de la confiabilidad que brindan

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimientos

El Procedimiento para la realización de la presente investigación, se hará en coordinación con la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca, por lo que en primer lugar se realizará un diagnóstico de la situación actual general de operación del camión minero Caterpillar 739F de la empresa SEMANGRU EIRL - Cajamarca, indicando la disponibilidad de la unidad, luego se aplicará dicho análisis de cada uno de los sistemas que comprende el camión minero Caterpillar 793F, materia de la presente investigación, posteriormente se determinará las principales actividades propias del mantenimiento, acompañado de la generación de reportes de gestión, luego se procederá a analizar los Índices de confiabilidad teórica, de acuerdo al plan de

mantenimiento diseñado, para finalmente realizar la evaluación económica del plan de mantenimiento diseñado, mediante los indicadores VAN y TIR.

Para la recolección de la información para la realización de la investigación, se realizará en coordinación con la empresa SEMANGRU EIRL - Cajamarca cuyo documento de aceptación se adjunta en el Anexo 2.

Luego se procederá a validar la información recopilada, y esto se realizará teniendo en cuenta a los profesionales expertos y finalmente se procesará.

3.6. Método de análisis de datos

Para el presente proyecto de investigación, los datos obtenidos mediante las técnicas e instrumentos que nos permitan recolectar los datos se analizarán mediante el uso de la hoja de cálculo Excel, para lo cual se emplearán cuadros y gráficos.

3.7. Aspectos éticos

Varias cuestiones éticas fueron consideradas en este proyecto de investigación, tales como el respeto por las políticas de la empresa y el respeto por la ideología y la propiedad intelectual

Adicionalmente, al utilizar herramientas de recopilación de datos, intentaremos no comprometer la viabilidad de las personas que participan en el estudio; respete su privacidad, proteja su identidad y bríndenos resultados honestos y confiables.

Además, se tuvo en cuenta los códigos de ética de la Universidad Cesar Vallejo, y del Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de Lambayeque, con la finalidad de proteger los derechos de autor.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnosticar la situación actual de operación del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL - Cajamarca, indicando la confiabilidad de la unidad

La empresa SEMANGRU EIRL, dirección. Av. La Paz N° 2132, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca; esta empresa inició sus operaciones en el año 1999 y se dedica a la venta, alquiler y mantenimiento de maquinaria y repuestos para las diferentes minas ubicadas en la sierra de Cajamarca. Cuenta con políticas y estrategias de servicios; los valores y principios se basan en la ética de las personas y tiene una estructura orgánica funcional y operativa (Ver Anexo 03)

El camión minero Caterpillar 793F, de propiedad de la empresa SEMANGRU EIR, presenta las siguientes características:

Tabla 3. *Características del Camión CATERPILLAR 793F*

Nro. de serie prefijo	SSP
Capacidad de carga	226.8 Toneladas Métricas 250 toneladas
Peso Bruto	385007 – 390089 kg
Ancho	7.4 metros
Largo	13.7 metros
Altura	6.4 metros
Velocidad Máxima respecto a tierra	60 km/h

Fuente: Catálogo Caterpillar

Dicha unidad se ha alquilado a la empresa Yanacocha SRL, realizando sus operaciones en la mina Yanacocha Norte, a continuación, mostramos el lugar donde se ubica la unidad.



Figura 1. *Ubicación del Camión Minero Caterpillar 793F*
 Fuente: <https://fabricadeideas.pe/portfolio/procesos-de-extraccion-y>

En la mina Yanacocha Norte, se realizan actividades de extracción de oro a tajo abierto, cuyo proceso mostramos en la figura 2, donde en un círculo rojo, se aprecia las actividades que realiza el camión minero.

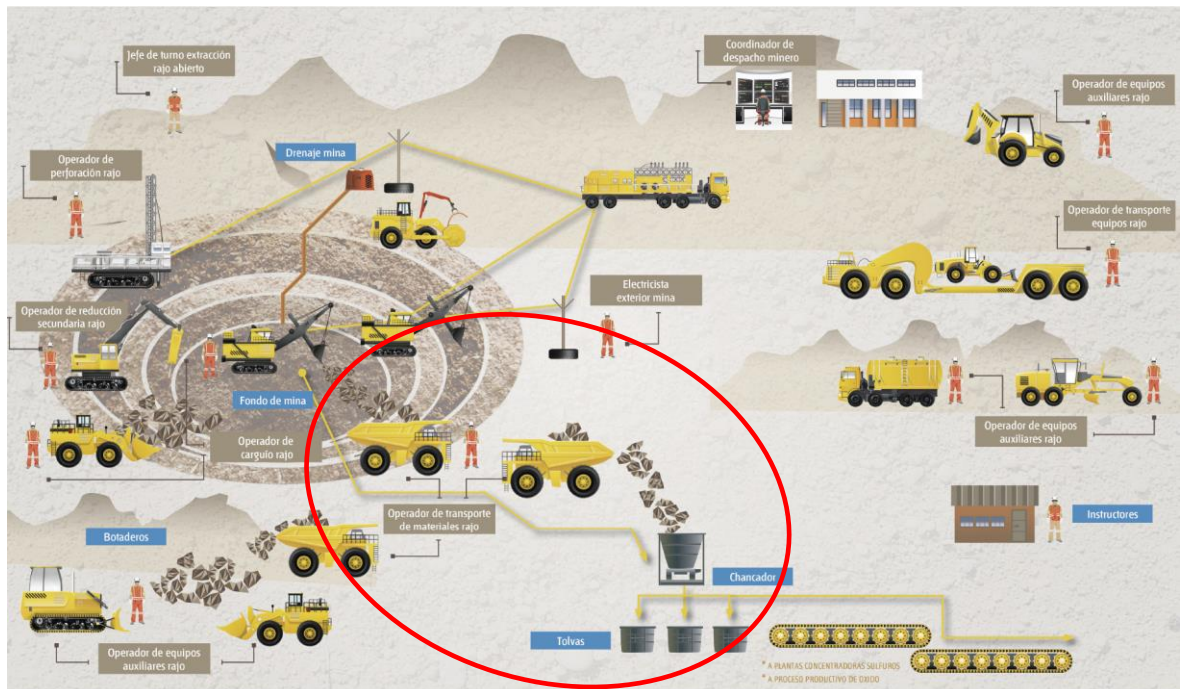


Figura 2. *Proceso de extracción del Oro*
 Fuente: <https://fabricadeideas.pe/portfolio/procesos-de-extraccion-y-produccion/>

La actividad que realiza el camión minero Caterpillar 793F, es el transporte de mineral conteniendo el oro desde la zona de explotación hacia la zona de chancado, con un recorrido de 20 minutos de ida y 20 minutos de vuelta. Realizando diariamente un promedio de 11 viajes, puesto que su jornada diaria es de 8 horas diarias, siendo los mantenimientos de entera responsabilidad de la empresa SEMANGRU EIRL, propietaria del vehículo.

El camión minero viene brindando sus servicios en Yanacocha Norte desde el año 2016, y desde al año 2018, el camión ha sufrido paradas imprevistas que equivale a 200 horas al año, 17 horas al mes, debidas a fallas en sus sistemas, lo que ha representado en el último año pérdidas económicas a la empresa. Esto ha originado problemas de confiabilidad del mencionado camión, lo que origina pérdidas económicas del orden de los S/. 200 000 al mes a la empresa.

Asimismo, se hizo un diagnóstico de las condiciones con que cuenta la empresa SEMANGRU EIRL, para realizar el mantenimiento al camión minero, para lo cual se utilizó la guía de observación de campo aplicada en el área de mantenimiento, concluyendo que la empresa no cuenta con un plan, programa o estrategia de mantenimiento para el camión minero; las paradas del camión minero no son planificadas; el mantenimiento que se aplica es el del tipo correctivo; el personal que brinda el servicio de mantenimiento tiene secundaria completa; la empresa no cuenta con recursos físicos y tecnológicos para el mantenimiento del camión minero; la empresa no cuenta con un programa de adquisición de repuestos para el camión minero; la empresa no cuenta con información inmediata para realizar el mantenimiento del camión minero.

A continuación, calcularemos la confiabilidad del camión minero de los últimos cuatro años, para ello utilizaremos la información proporcionada por la empresa SEMANGRU EIRL, la misma que se adjunta en el Anexo 05.

A.- Confiabilidad del año 2018:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Para ello aplicaremos la fórmula 2, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTBF}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{Tiempo total de trabajo}_{\text{diciembre}} - \text{Tiempo de Avería}_{\text{diciembre}})}{\text{Número de fallos}_{\text{diciembre}}}$$

$$\text{MTBF}_{\text{diciembre}} = \frac{(160 - 17)}{4} = 35,8$$

Tabla 4. *Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)*

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	176	13	2	81.5
Febrero	160	15	3	48.3
Marzo	160	15	3	48.3
Abril	168	16	4	38.0
Mayo	176	14	2	81.0
Junio	160	14	2	73.0
Julio	176	14	2	81.0
Agosto	176	15	3	53.7
Setiembre	160	15	3	48.3
Octubre	176	15	3	53.7
Noviembre	168	15	3	51.0
Diciembre	160	17	4	35.8

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Fallas promedio del año 2018 es de 59.8.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Para ello aplicaremos la fórmula 3, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}_{\text{diciembre}}}{\text{Número de reparaciones}_{\text{diciembre}}} = \frac{17}{4} = 4,3$$

Tabla 5. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

	Tiempo Total de Mantenimiento	Número de Reparaciones	MTTR
	(h)		
Enero	13	2	6.5
Febrero	15	3	5.0
Marzo	15	3	5.0
Abril	16	4	4.0
Mayo	14	2	7.0
Junio	14	2	7.0
Julio	14	2	7.0
Agosto	15	3	5.0
Setiembre	15	3	5.0
Octubre	15	3	5.0
Noviembre	15	3	5.0
Diciembre	17	4	4.3

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Reparación promedio del año 2018 es de 5.6.

c.- Confiabilidad

La confiabilidad la calculamos con la fórmula 1, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{MTBF}_{\text{diciembre}})}{\text{MTBF}_{\text{diciembre}} \times \text{MTTR}_{\text{diciembre}}} \times 100 = \frac{35,8000}{35,8 \times 4,3}$$

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = 89,38$$

Tabla 6. Confiabilidad 2018

	MTBF	MTRR	CONFIABILIDAD
Enero	81.5	6.5	92.61
Febrero	48.3	5.0	90.63
Marzo	48.3	5.0	90.63
Abril	38.0	4.0	90.48
Mayo	81.0	7.0	92.05
Junio	73.0	7.0	91.25
Julio	81.0	7.0	92.05
Agosto	53.7	5.0	91.48
Setiembre	48.3	5.0	90.63
Octubre	53.7	5.0	91.48
Noviembre	51.0	5.0	91.07
Diciembre	35.8	4.3	89.38

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que la Confiabilidad promedio del año 2018 es de 91.3.

En la siguiente gráfica vemos la confiabilidad del camión minero en el año 2018.

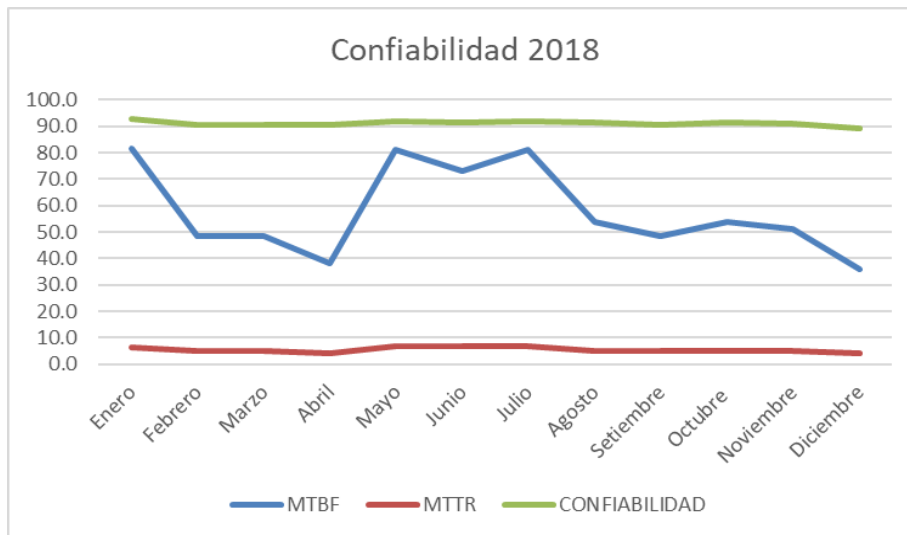


Figura 3. Confiabilidad en el año 2018

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

De la gráfica anterior podemos apreciar que la confiabilidad permanece casi constante, con un valor promedio de 91.3.

B.- Confiabilidad del año 2019:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Para ello aplicaremos la fórmula 2, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTBF}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{Tiempo total de trabajo}_{\text{diciembre}} - \text{Tiempo de Avería}_{\text{diciembre}})}{\text{Número de fallos}_{\text{diciembre}}}$$

$$\text{MTBF}_{\text{diciembre}} = \frac{(168 - 17)}{5} = 30,2$$

Tabla 7. *Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)*

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	176	15	3	53.7
Febrero	168	16	4	38.0
Marzo	160	16	4	36.0
Abril	168	16	4	38.0
Mayo	176	17	5	31.8
Junio	160	16	4	36.0
Julio	176	17	5	31.8
Agosto	168	16	4	38.0
Setiembre	168	16	4	38.0
Octubre	176	16	4	40.0
Noviembre	160	16	4	36.0
Diciembre	168	17	5	30.2

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Fallas promedio del año 2019 es de 37.3.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Para ello aplicaremos la fórmula 3, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}_{\text{diciembre}}}{\text{Número de reparaciones}_{\text{diciembre}}} = \frac{17}{5} = 3,4$$

Tabla 8: *Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)*

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	15	3	5.0
Febrero	16	4	4.0
Marzo	16	4	4.0
Abril	16	4	4.0
Mayo	17	5	3.4
Junio	16	4	4.0
Julio	17	5	3.4
Agosto	16	4	4.0
Setiembre	16	4	4.0
Octubre	16	4	4.0
Noviembre	16	4	4.0
Diciembre	17	5	3.4

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Reparación promedio del año 2019 es de 3.9.

c.- Confiabilidad

La confiabilidad la calculamos con la fórmula 1, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{MTBF}_{\text{diciembre}})}{\text{MTBF}_{\text{diciembre}} \times \text{MTTR}_{\text{diciembre}}} \times 100 = \frac{30,2000}{30,2 \times 3,4}$$

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = 89,88$$

Tabla 9. Confiabilidad 2019

	MTBF	MTRR	CONFIABILIDAD
Enero	53.7	5.0	91.48
Febrero	38.0	4.0	90.48
Marzo	36.0	4.0	90.00
Abril	38.0	4.0	90.48
Mayo	31.8	3.4	90.34
Junio	36.0	4.0	90.00
Julio	31.8	3.4	90.34
Agosto	38.0	4.0	90.48
Setiembre	38.0	4.0	90.48
Octubre	40.0	4.0	90.91
Noviembre	36.0	4.0	90.00
Diciembre	30.2	3.4	89.88

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que la Confiabilidad promedio del año 2019 es de 90.4.

En la siguiente gráfica vemos la confiabilidad del camión minero en el año 2019.

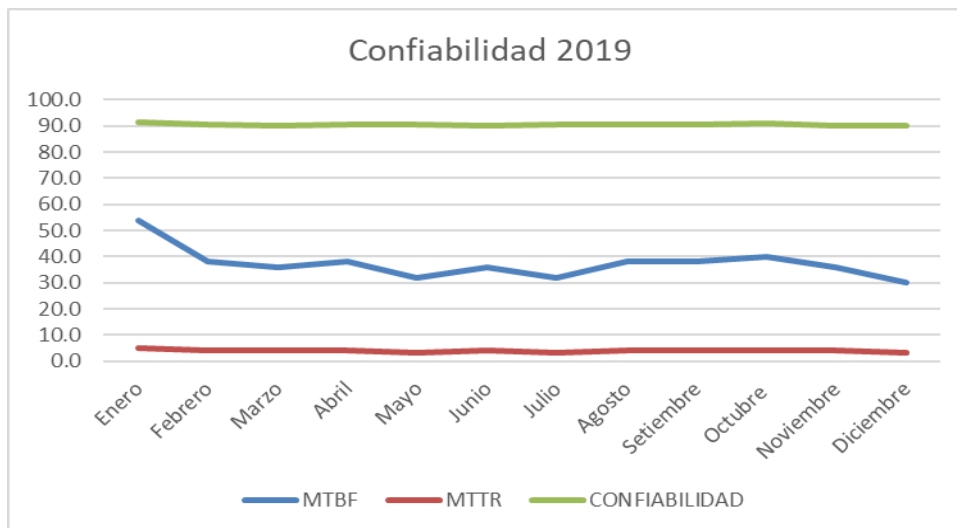


Figura 4. Confiabilidad en el año 2019

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

De la gráfica anterior podemos apreciar que la confiabilidad permanece casi constante, con un valor promedio de 90.4.

C.- Confiabilidad del año 2020:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Para ello aplicaremos la fórmula 2, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTBF}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{Tiempo total de trabajo}_{\text{diciembre}} - \text{Tiempo de Avería}_{\text{diciembre}})}{\text{Número de fallos}_{\text{diciembre}}}$$

$$\text{MTBF}_{\text{diciembre}} = \frac{(168 - 20)}{5} = 29,6$$

Tabla 10. *Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)*

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	176	16	3	53.3
Febrero	160	17	4	35.8
Marzo	176	18	4	39.5
Abril	160	17	4	35.8
Mayo	160	17	5	28.6
Junio	168	17	4	37.8
Julio	168	17	5	30.2
Agosto	168	18	4	37.5
Setiembre	176	18	4	39.5
Octubre	168	18	4	37.5
Noviembre	168	17	4	37.8
Diciembre	168	20	5	29.6

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Fallas promedio del año 2020 es de 36.9.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Para ello aplicaremos la fórmula 3, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}_{\text{diciembre}}}{\text{Número de reparaciones}_{\text{diciembre}}} = \frac{20}{4} = 5$$

Tabla 11. *Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)*

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	16	3	5.3
Febrero	17	4	4.3
Marzo	18	4	4.5
Abril	17	4	4.3
Mayo	17	5	3.4
Junio	17	4	4.3
Julio	17	5	3.4
Agosto	18	4	4.5
Setiembre	18	4	4.5
Octubre	18	4	4.5
Noviembre	17	4	4.3
Diciembre	20	5	4.0

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Reparación promedio del año 2020 es de 4.3.

c.- Confiabilidad

La confiabilidad la calculamos con la fórmula 1, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{MTBF}_{\text{diciembre}})}{\text{MTBF}_{\text{diciembre}} \times \text{MTTR}_{\text{diciembre}}} \times 100 = \frac{29,600}{29,6 \times 4}$$

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = 88,10$$

Tabla 12. Confiabilidad 2020

	MTBF	MTRR	CONFIABILIDAD
Enero	53.3	5.3	90.91
Febrero	35.8	4.3	89.38
Marzo	39.5	4.5	89.77
Abril	35.8	4.3	89.38
Mayo	28.6	3.4	89.38
Junio	37.8	4.3	89.88
Julio	30.2	3.4	89.88
Agosto	37.5	4.5	89.29
Setiembre	39.5	4.5	89.77
Octubre	37.5	4.5	89.29
Noviembre	37.8	4.3	89.88
Diciembre	29.6	4.0	88.10

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que la Confiabilidad promedio del año 2020 es de 89.6.

En la siguiente gráfica vemos la confiabilidad del camión minero en el año 2020.

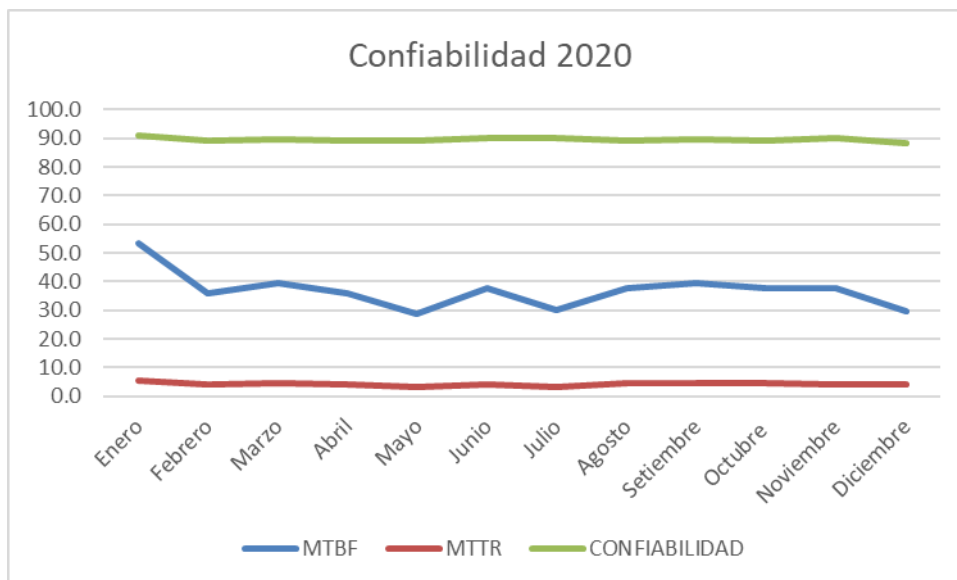


Figura 5. Confiabilidad en el año 2020

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

De la gráfica anterior podemos apreciar que la confiabilidad permanece casi constante, con un valor promedio de 89.6.

D.- Confiabilidad del año 2021:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Para ello aplicaremos la fórmula 2, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$MTBF_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{Tiempo total de trabajo}_{\text{diciembre}} - \text{Tiempo de Avería}_{\text{diciembre}})}{\text{Número de fallos}_{\text{diciembre}}}$$

$$MTBF_{\text{diciembre}} = \frac{(176 - 21)}{6} = 25,8$$

Tabla 13. *Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)*

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	160	16	4	36.0
Febrero	160	14	4	36.5
Marzo	184	18	5	33.2
Abril	160	19	5	28.2
Mayo	168	18	5	30.0
Junio	168	17	4	37.8
Julio	160	18	5	28.4
Agosto	168	20	6	24.7
Setiembre	176	20	6	26.0
Octubre	160	19	5	28.2
Noviembre	168	20	6	24.7
Diciembre	176	21	6	25.8

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Fallas promedio del año 2021 es de 30.0.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Para ello aplicaremos la fórmula 3, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}_{\text{diciembre}}}{\text{Número de reparaciones}_{\text{diciembre}}} = \frac{21}{6} = 3,5$$

Tabla 14. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	16	4	4.0
Febrero	14	4	3.5
Marzo	18	5	3.6
Abril	19	5	3.8
Mayo	18	5	3.6
Junio	17	4	4.3
Julio	18	5	3.6
Agosto	20	6	3.3
Setiembre	20	6	3.3
Octubre	19	5	3.8
Noviembre	20	6	3.3
Diciembre	21	6	3.5

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que el Tiempo Medio de Reparación promedio del año 2021 es de 3.6.

c.- Confiabilidad

La confiabilidad la calculamos con la fórmula 1, así por ejemplo para el mes de diciembre:

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = \frac{(\text{MTBF}_{\text{diciembre}})}{\text{MTBF}_{\text{diciembre}} \times \text{MTTR}_{\text{diciembre}}} \times 100 = \frac{25,8 \times 100}{25,8 \times 3,5}$$

$$\text{Confiabilidad}_{\text{diciembre}} = 88,07$$

Tabla 15. Confiabilidad 2021

	MTBF	MTRR	CONFIABILIDAD
Enero	36.0	4.0	90.00
Febrero	36.5	3.5	91.25
Marzo	33.2	3.6	90.22
Abril	28.2	3.8	88.13
Mayo	30.0	3.6	89.29
Junio	37.8	4.3	89.88
Julio	28.4	3.6	88.75
Agosto	24.7	3.3	88.10
Setiembre	26.0	3.3	88.64
Octubre	28.2	3.8	88.13
Noviembre	24.7	3.3	88.10
Diciembre	25.8	3.5	88.07

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

En la tabla anterior podemos concluir que la Confiabilidad promedio del año 2021 es de 89.0.

En la siguiente gráfica vemos la confiabilidad del camión minero en el año 2021.

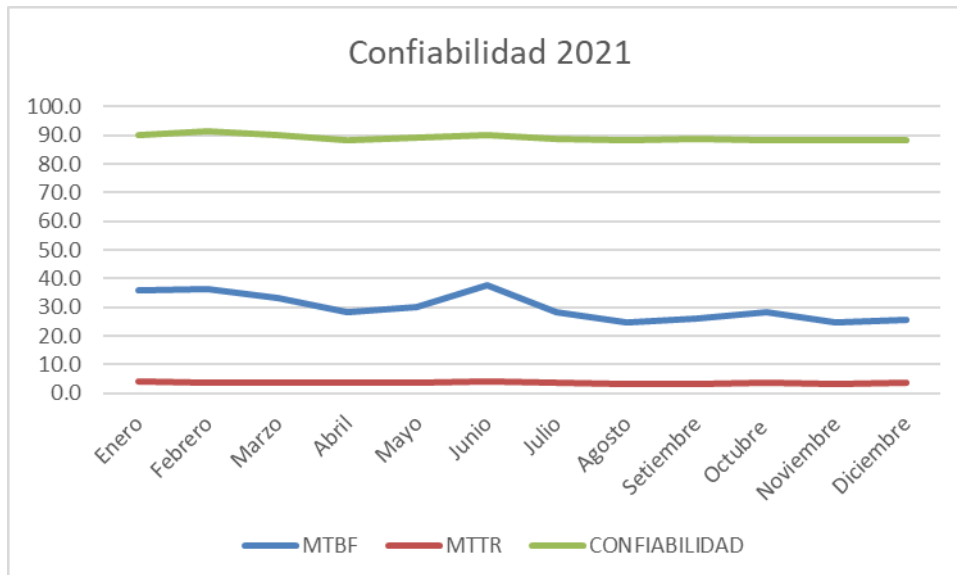


Figura 6. Confiabilidad en el año 2021

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

De la gráfica anterior podemos apreciar que la confiabilidad permanece casi constante, con un valor promedio de 89.0.

Finalmente, la Confiabilidad de los años 2018, 2019, 2020 y 2021 se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16. *Confiabilidad de los años 2018, 2019, 2020 y 2021*

	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	PROMEDIO
Enero	92.61	91.48	90.91	90.00	91.25
Febrero	90.63	90.48	89.38	91.25	90.43
Marzo	90.63	90.00	89.77	90.22	90.15
Abril	90.48	90.48	89.38	88.13	89.61
Mayo	92.05	90.34	89.38	89.29	90.26
Junio	91.25	90.00	89.88	89.88	90.25
Julio	92.05	90.34	89.88	88.75	90.25
Agosto	91.48	90.48	89.29	88.10	89.83
Setiembre	90.63	90.48	89.77	88.64	89.88
Octubre	91.48	90.91	89.29	88.13	89.95
Noviembre	91.07	90.00	89.88	88.10	89.76
Diciembre	89.38	89.88	88.10	88.07	88.85
PROMEDIO	91.14	90.40	89.57	89.04	90.04

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

La tabla anterior se tiene el promedio de confiabilidad del año 2018, 2019, 2020 y 2021 es 90.4.

De la tabla anterior presentamos el gráfico de la confiabilidad en los años 2018, 2019, 2020 y 2021.

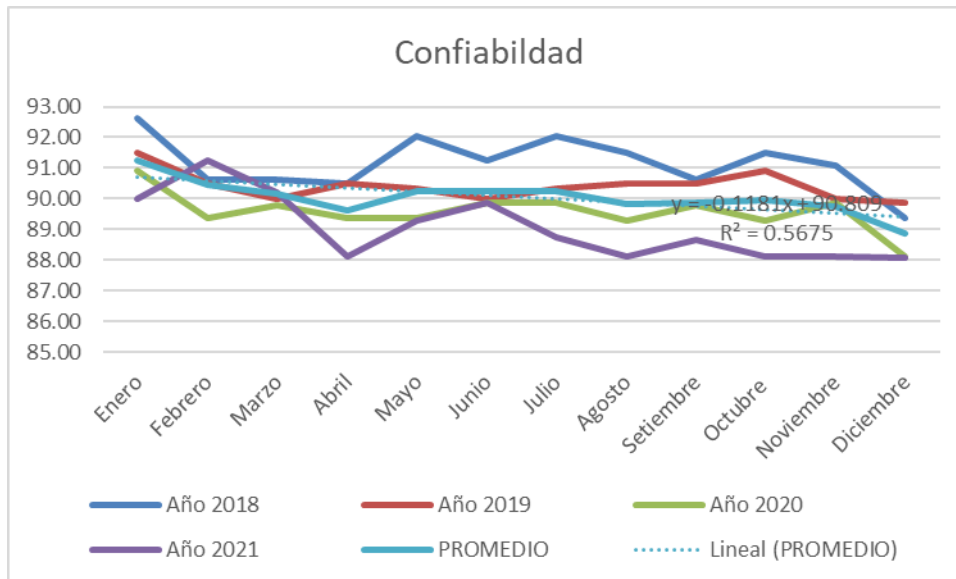


Figura 7. Confiabilidades del Camión Minero en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y su tendencia

Fuente: Datos entregados por la empresa SEMANGRU EIRL

Del gráfico anterior, podemos deducir que la tendencia de la confiabilidad del camión minero obedece a una tendencia lineal dada por la siguiente ecuación: $y = -0.1181x + 90.809$, con lo que nos indica que, si no se toman las medidas necesarias, la Confiabilidad irá disminuyendo.

4.2. Análisis de criticidad de los sistemas que comprende el camión minero Caterpillar 793F

El camión minero 793F realiza actividades de transporte de mineral, desde la zona de explotación hasta las canchas de almacenamiento de material explotado. Para poder abastecerse del mineral se utiliza un cargador frontal. El tiempo de ruta es de aproximadamente 60 minutos, ida y vuelta. Su capacidad de carga es de 250 Toneladas.

Para realizar el análisis de criticidad, primero es necesario realizar el esquema del Camión Gigante incluyendo las variables de entrada y las variables de salida.

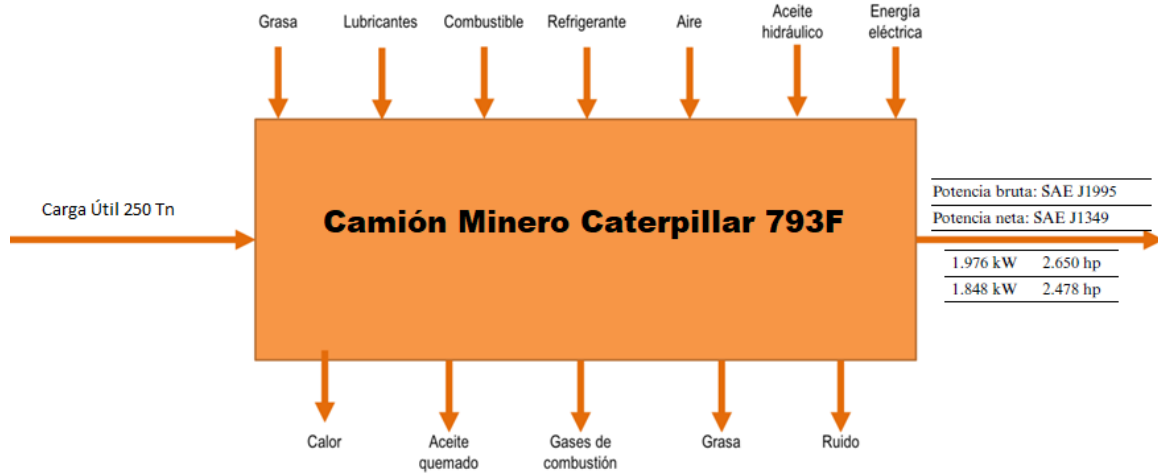


Figura 8. Esquema del Camión Minero Caterpillar 793F incluyendo las variables de entrada y las Variables de salida

Fuente: Catálogo CATERPILLAR

Se ha considerado las variables de entrada y salida pues tienen influencia directa en la operación y funcionamiento del camión minero. Por ejemplo, si la variable de entrada que es el lubricante le falta al camión, se va a producir calor en exceso producto de la fricción y por ende la máquina va a fallar.

Los Sistemas que consta el Camión Minero Caterpillar 793F, son:

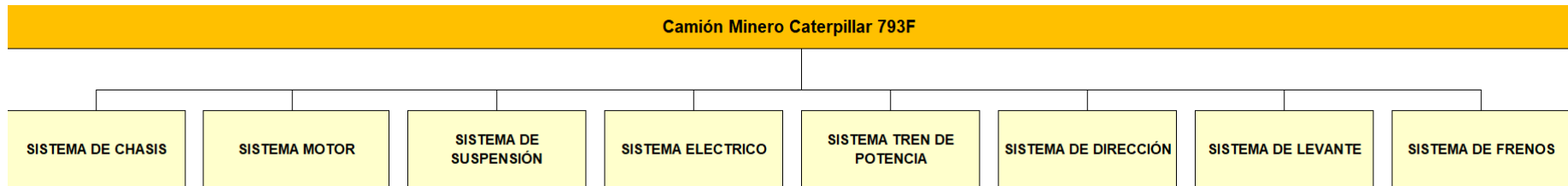


Figura 9. *Sistemas que componen el Camión Minero Caterpillar 793F*

Fuente: Catálogo Caterpillar

Nota: En el Anexo 06, se adjunta el detalle de cada uno de los sistemas

Para determinación de los modos de fallo se utilizó el Diagrama de Ishikawa, basado en la información obtenida de la ficha de observación (Anexo 4), donde se obtuvo datos relevantes relacionados a la mano de obra, logística, y procedimientos.

Con respecto a la información obtenida de los sistemas de que componen el Camión Minero Caterpillar 793F se tomó como sustento las fallas del camión en mención. (Anexo 7).

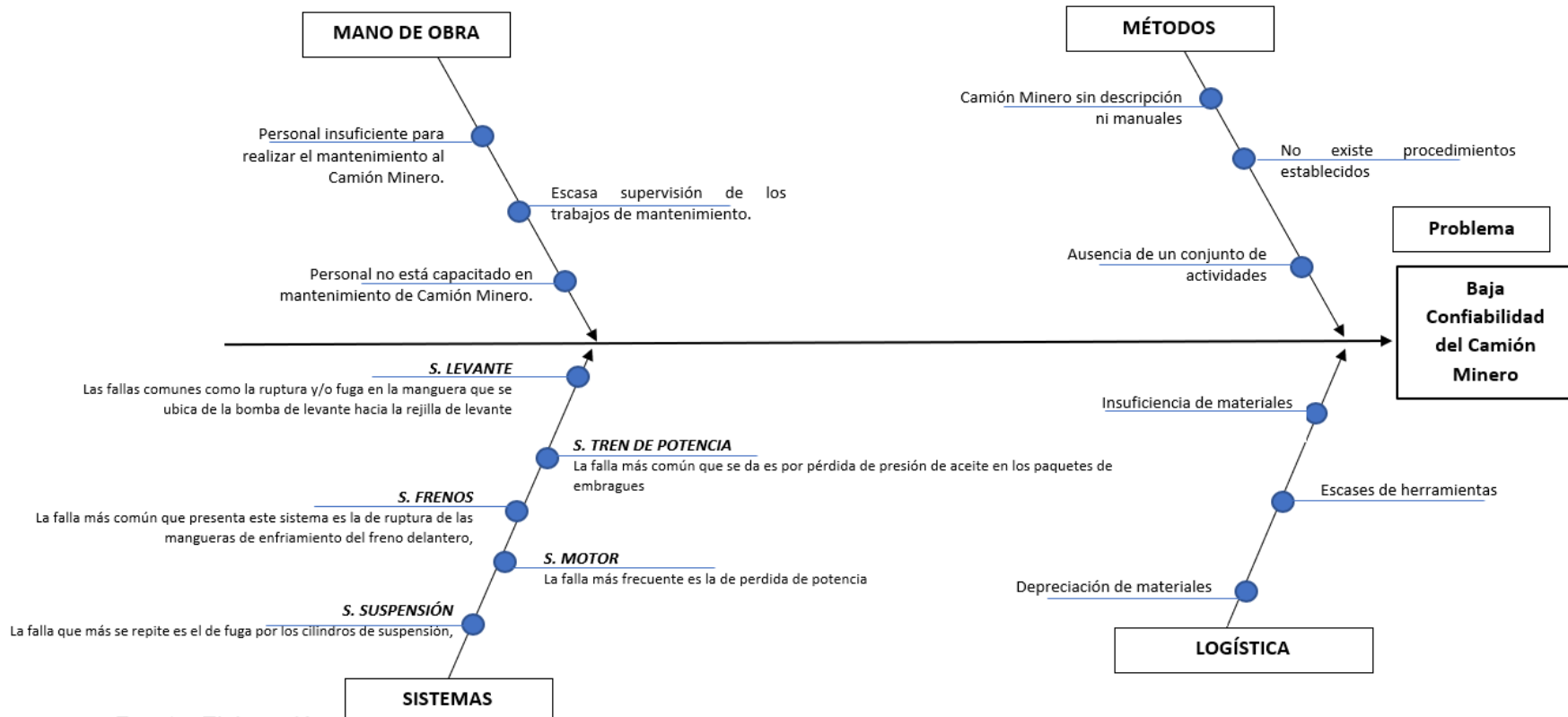


Figura 10. Diagrama de Ishikawa aplicado al Camión Minero

Fuente: Elaboración propia

Del diagrama de Ishikawa se puede concluir que la baja confiabilidad del Camión Minero se debe a la existencia de personal insuficiente para realizar el mantenimiento, además por la escasa supervisión de los trabajos de mantenimiento, además no existe procedimientos establecidos, y las fallas que se producen en los diferentes sistemas que forman parte del camión, además la logística de la empresa es la insuficiencia de materiales y los escasos de herramientas.

A continuación, detallamos los problemas existentes en el Camión Minero, lo que da como resultado su baja Confiabilidad.

A.- MANO DE OBRA

a.- El personal no está capacitado en mantenimiento de Camión Minero

Los trabajadores existentes en la empresa no han sido capacitados en el mantenimiento del Camión Minero, por lo que la actividad lo realizan sin ningún criterio técnico.

b.- Escasa supervisión en los trabajos de mantenimiento

La empresa no cuenta con un Supervisor que se encargue de verificar que los trabajos se realicen de acuerdo a lo planificado y a las indicaciones del fabricante.

c.- Personal insuficiente para realizar el mantenimiento al Camión Minero.

Actualmente la empresa cuenta con solo dos técnicos para realizar el mantenimiento del camión minero, siendo 04 técnicos la cantidad suficiente que permita realizar el mantenimiento.

B.- METODOS

a.- Camión Minero sin descripción ni manuales

El desorden en el taller ha hecho que no se tenga a la mano los manuales del fabricante del Camión Minero, originando que el mantenimiento se haga sin tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

b.- No existe procedimientos establecidos de mantenimiento

Debido a que el Camión Minero no cuenta con unos procedimientos establecidos para el Mantenimiento, hace que el mantenimiento planificado no se realice.

c.- Ausencia de un conjunto de actividades para realizar el mantenimiento

No existen actividades que permitan realizar las actividades de mantenimiento Preventivo.

C.- SISTEMAS

a.- Sistema de Tren de Potencia

La falla más común que se da es por pérdida de presión de aceite en los paquetes de embragues, originado por falta de calibración y llenado de paquetes los cuales se deben realizar periódicamente, esta presión se inspecciona durante los mantenimientos preventivos recomendado por Caterpillar cada 1000 horas.

b.- Sistema estructural (chasis)

En este sistema las fallas más comunes se originan en la estructura central de la máquina, originado por varios factores como el mal estado de las vías donde transitan para el acarreo de material; y también la sobrecarga de la máquina.

c.- Sistema de Dirección

El sistema de dirección, presenta las siguientes fallas, deterioro de las mangueras de cilindros de dirección y la válvula HMU, originado por el cambio repentino de presión de aceite que se deriva al sistema. Asimismo, en este sistema tenemos la ruptura y desgaste excesivo de rótulas de dirección, originado por el cambio de dirección continuo y la fuerza creada el mismo.

d.- Sistema de Frenos

La falla más común que presenta este sistema es la de ruptura de las mangueras de enfriamiento del freno delantero, originada por el rozamiento con partes móviles del sistema de dirección.

e.- Sistema Eléctrico

En este sistema, las fallas más comunes son las de presentar frecuentemente circuitos abiertos a lo largo de todo el sistema eléctrico y electrónico, originado por la carga excesiva de material y lodo donde este se impregna durante la operación.

f.- Sistema Motor

En el Sistema Motor, la falla más frecuente es la de pérdida de potencia originado por varios factores, entre estos están la ruptura de mangueras en la admisión de aire, filtros de aires saturados, falla en los inyectores, falla de la bomba de combustible y turbos compresores.

g.- Sistema de levante

Este sistema tiene fallas comunes como la ruptura y/o fuga en la manguera que se ubica de la bomba de levante hacia la rejilla de levante originadas por la posición en la que está instalada; esto acompañado de la presión que ejerce el sistema de levante (3300 psi)

h.- Sistema de Suspensión

En el sistema de suspensión la falla que más se repite es el de fuga por los cilindros de suspensión, originada por la excesiva carga que traslada el camión, y el mal estado de las vías de tránsito.

D.- LOGÍSTICA

a.- Insuficiencia de materiales

No hay materiales que permitan realizar el mantenimiento al camión minero.

b.- Escases de herramientas

Las herramientas que posee la empresa, no son lo suficientemente aptas para realizar los mantenimientos al camión minero.

c.- Depreciación de materiales

Los materiales que existen en la empresa debido a su antigüedad están desgastados.

En el Anexo 07, presentamos las principales fallas en cada uno de los sistemas del camión minero 793F.

Luego realizamos el análisis de criticidad a los Sistemas del Camión Minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL, para lo cual utilizaremos los criterios y ponderaciones, que presentamos en la Tabla siguiente:

Tabla 17. Criterios y Ponderaciones para calcular la Criticidad de los Sistemas de las Camión Minero Caterpillar 793F

ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
Efecto sobre el Servicio que proporciona				
1	Para		4	
	Reduce		2	
	No Para		0	
Valor Técnico - Económico				
2	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento	Alto	3	Más de US\$ 20 000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de US\$ 1 000
La Falla Afectada				
3	a.- Al Equipo en si	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b.- Al Servicio	Si	1	¿Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c.- Al Operador	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	d.- A la Seguridad en si	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas ù otros equipos cercanos.
		No	0	
Probabilidad de Falla (Confiabilidad)				
4	Alta		2	¿Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
	Baja		0	
Flexibilidad del Equipo en el Sistema				
5	Unico		2	No existe otro igual o similar
	By Pass		1	El sistema puede seguir funcionando
	Stand By		0	Existe otro igual o similar no instalado
Dependencia Logística				
6	Extranjero		2	Repuestos se tienen que importar
	Local / Extranjero		1	Algunos repuestos se compran localmente
	Local		0	Repuestos se consiguen localmente
Dependencia de la Mano de Obra				
7	Terceros		2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros
	Propia		0	El Mantenimiento se realiza con personal propio
Facilidad de Reparación (Mantenibilidad)				
8	Baja		1	Mantenimiento difícil
	Alta		0	Mantenimiento fácil

ESCALA DE REFERENCIA

A	CRITICA	16 a 20
B	IMPORTANTE	11 a 15
C	REGULAR	06 a 10
D	OPCIONAL	00 a 05

Asignar los valores de la ponderación calificando al equipo por su incidencia sobre cada variable. Este paso requiere un buen conocimiento del equipo, su sistema, su operación, su valor y los daños que podría ocasionar una falla

Obtener el valor ponderado para cada equipo y agruparlas clasificándolas de acuerdo a la escala de referencia y buscando una distribución con sesgo izquierdo, como se muestra en la figura, a fin de acercarnos al costo mínimo de la actividad de mantenimiento

Fuente: Gasca et al. (2017) "Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial"

Por ejemplo, realizaremos el análisis de criticidad del Sistema de Tren de Potencia, para ello utilizaremos la tabla anterior así:

- 1.- *Efecto en el Servicio que proporciona*: una falla en este sistema hará que pare, por lo tanto, tendrá un puntaje de 4.
- 2.- *Valor Técnico – Económico*: una falla en este sistema supera los US\$ 20 00,00, por lo tanto, le corresponde un puntaje de 3.
- 3.- *La Falla Afectada*: una falla en este sistema hará que deteriore otros componentes, le corresponde un valor de 1; origine problemas a otros equipos, le corresponde un valor de 1; existe riesgo de accidente al operador, le corresponde un valor de 1; y finalmente a la seguridad, no existe posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos, le corresponde un valor de 0.
- 4.- *Probabilidad de Falla*: se ha considerado Alta, debido a que el equipo no va a trabajar cuando se le solicite, correspondiéndole un valor de 2.
- 5.- *Flexibilidad del Equipo en el Sistema*: se ha considerado que una falla en el sistema, su labor no lo puede realizar otro sistema similar, por lo que le corresponde un valor de 2.
- 6.- *Dependencia logística*: Los repuestos para solucionar la falla algunos se tienen que importar y otros si se encuentran en el mercado local, por lo que le corresponde un valor de 1.
- 7.- *Dependencia de la mano de obra*: La mano de obra a emplear para superar la falla del Sistema corresponde a terceros, por lo que le corresponde un valor de 2.
- 8.- *Facilidad de reparación*: La reparación de este sistema es complejo, por lo que le corresponde un valor de 1

En la siguiente Tabla presentamos los resultados antes descritos:

Tabla 18. Resultado del Análisis de Criticidad al Sistema de Tren de Potencia

Cod. MF	Modo de Falla	PONDERACIÓN											TOTAL
		1	2	3a	3b	3c	3d	4	5	6	7	8	
1000	Falla en el Sistema del Tren de Potencia	4	3	1	1	1	0	2	2	1	2	1	18

Fuente: Elaboración Propia

Ahora haremos el análisis de criticidad del Sistema de Motor, para ello utilizaremos la tabla 16 así:

- 1.- Efecto en el Servicio que proporciona: una falla en este sistema hará que el camión pare, por lo tanto, tendrá un puntaje de 4.
- 2.- Valor Técnico – Económico: una falla en este sistema supera los US\$ 20 00,00, por lo tanto, le corresponde un puntaje de 3.
- 3.- La Falla Afectada: una falla en este sistema hará que deteriore otros componentes, le corresponde un valor de 1; origine problemas a otros equipos, le corresponde un valor de 1; existe riesgo de accidente al operador, le corresponde un valor de 1; y finalmente a la seguridad, no existe posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos, le corresponde un valor de 0.
- 4.- Probabilidad de Falla: se ha considerado Alta, debido a que el equipo no va a trabajar cuando se le solicite, correspondiéndole un valor de 2.
- 5.- Flexibilidad del Equipo en el Sistema: se ha considerado que una falla en el sistema, su labor no lo puede realizar otro sistema similar, por lo que le corresponde un valor de 2.
- 6.- Dependencia logística: Los repuestos para solucionar la falla se encuentran en el mercado local, por lo que le corresponde un valor de 0.
- 7.- Dependencia de la mano de obra: La mano de obra a emplear para superar la falla del Sistema corresponde a terceros, por lo que le corresponde un valor 2.

8.- Facilidad de reparación: La reparación de este sistema es complejo, por lo que le corresponde un valor de 1.

Tabla 19. *Resultado del Análisis de Criticidad al Sistema de Motor*

Cod. MF	Modo de Falla	PONDERACIÓN											TOTAL
		1	2	3a	3b	3c	3d	4	5	6	7	8	
1100	Falla en el Sistema de Motor	4	2	1	1	0	0	2	2	1	2	1	16

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Tabla, presentamos los resultados del Análisis de Criticidad realizada a los Sistemas del Camión Minero Caterpillar 793F:

Tabla 20. *Detalle del Análisis de Criticidad a cada uno de los Sistemas*

Cod. MF	Modo de Falla	PONDERACIÓN											TOTAL	ESCALA DE REFERENCIA
		1	2	3a	3b	3c	3d	4	5	6	7	8		
1000	Falla en el Sistema de Tren de Potencia	4	3	1	1	1	0	2	2	1	2	1	18	CRITICO
1100	Falla en el Sistema de Motor	4	2	1	1	0	0	2	2	1	2	1	16	CRITICO
1200	Falla en el Sistema de Suspensión	4	2	1	1	0	0	2	2	0	2	1	15	IMPORTANTE
1300	Falla en el Sistema Dirección	4	2	1	1	0	0	2	2	0	2	1	15	IMPORTANTE
1400	Falla en el Sistema de Frenos	4	2	1	1	0	0	2	2	0	2	1	15	IMPORTANTE
1500	Falla en el Sistema Levante	4	1	1	1	0	0	2	2	0	0	1	12	IMPORTANTE
1600	Falla en el Sistema Eléctrico	4	2	1	1	0	0	0	2	0	0	0	10	REGULAR
1700	Falla en el Sistema de Chasis	4	2	1	1	0	0	0	2	0	0	0	10	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 18, presentamos el resumen del análisis de criticidad a los sistemas de Criticidad:

Tabla 21. *Resumen del Análisis de Criticidad de los Sistemas del Camión Minero Caterpillar 793F*

Cod. MF	Modo de Falla	TOTAL	ESCALA DE REFERENCIA
1000	Falla en el Sistema de Tren de Potencia	18	CRITICO
1100	Falla en el Sistema de Motor	16	CRITICO
1200	Falla en el Sistema de Suspensión	15	IMPORTANTE
1300	Falla en el Sistema Dirección	15	IMPORTANTE
1400	Falla en el Sistema de Frenos	15	IMPORTANTE
1500	Falla en el Sistema Levante	12	IMPORTANTE
1600	Falla en el Sistema Eléctrico	10	REGULAR
1700	Falla en el Sistema de Chasis	10	REGULAR

	ESCALA DE REFERENCIA	CANTIDAD
RESUMEN	CRITICA	16 a 20
	IMPORTANTE	11 a 15
	REGULAR	06 a 10
	OPCIONAL	00 a 05

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, realizamos el diagrama de Pareto, con los valores de criticidad, para determinar cuál es el sistema al que se le debe dar mayor prioridad en las actividades de mantenimiento.

A continuación, con los valores de criticidad elaboramos la tabla de frecuencias que va a dar origen al diagrama de Pareto.

Tabla 22. Valores de Criticidad de cada sistema del Camión Minero

Falla en el Sistema	Total de Criticidad	% Acumulado	%
Sistema de Tren de Potencia	18	16.22%	16.22%
Sistema de Motor	16	30.63%	14.41%
Sistema de Suspensión	15	44.14%	13.51%
Sistema de Dirección	15	57.66%	13.51%
Sistema de Frenos	15	71.17%	13.51%
Sistema de Levante	12	81.98%	10.81%
Sistema Eléctrico	10	90.99%	9.01%
Sistema de Chasis	10	100.00%	9.01%
Total	111		

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos, elaboramos el diagrama de Pareto, el mismo que presentamos en la siguiente figura:

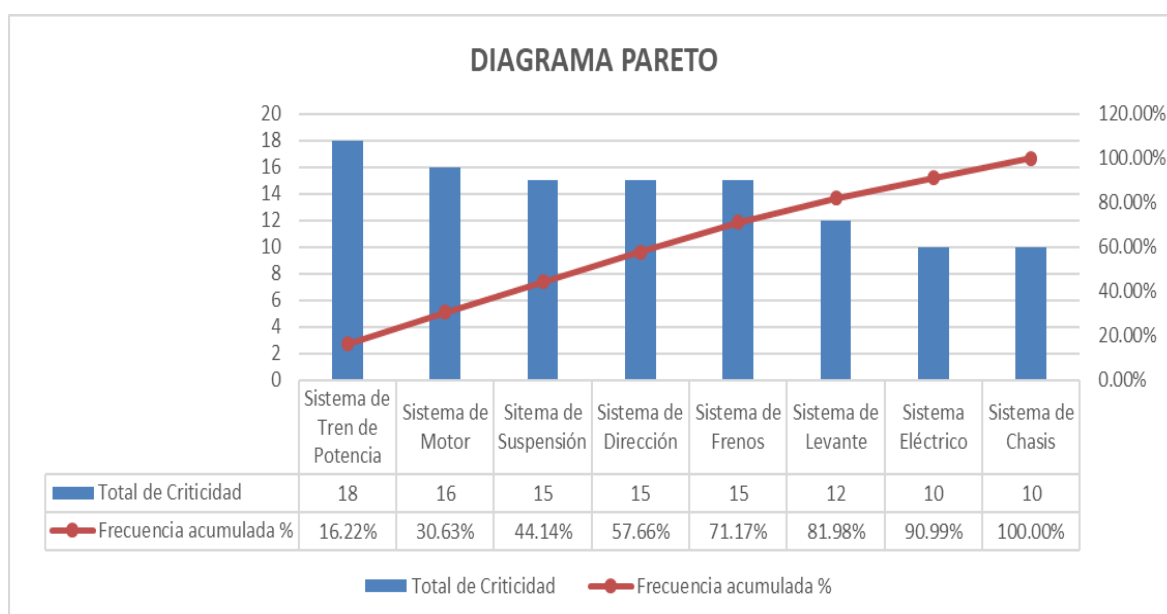


Figura 11. Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de Pareto podemos apreciar que los sistemas como el Sistema de Tren de Potencia, Sistema de Motor son los sistemas más críticos, toda vez que una avería en este sistema hace que el camión minero quede paralizado, esto originado por pérdida de presión de aceite en los paquetes de embragues, originado por falta de calibración y llenado de paquetes. Asimismo, el Sistema de Suspensión, Sistema de Dirección y Sistema de Frenos le siguen en importancia.

4.3. Principales actividades propias del mantenimiento, acompañado de la generación de reportes de gestión

Para determinar las principales actividades propias del mantenimiento, es importante que tener en cuenta los sistemas críticos del camión minero, así como los principales problemas que sufren dichos sistemas y que hacen que el camión se pare, así mismo es importante tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

Además, para que el Plan de Mantenimiento, funciones es necesario realizar una mejora integral de la empresa basado en el mantenimiento preventivo, por lo que se tuvo que analizar inicialmente los problemas relacionados a la organización y la asignación de roles con que cuenta cada trabajador en esta área. Luego se lleva a cabo modelos de perfiles profesionales para asegurarse que la empresa cuenta con los profesionales competentes para el desarrollo de dichas actividades sin tener que tercerizar, luego se analiza un plan de mantenimiento preventivo que estará acompañado de fichas de mantenimiento preventivo para terminar desarrollando ordenes de trabajo que estén relacionadas con estos documentos por el número de orden de servicio.

Plan de Mantenimiento Preventivo

Para realizar un plan de mantenimiento preventivo al Camión Minero de la empresa, primero se reestructuró el organigrama de la empresa, debido a que no se contaba con el personal necesario para realizar las actividades de mantenimiento que queden registradas en el plan. Por todo ello y haciendo un análisis con el gerente del área de mantenimiento de la empresa, se concluyó que la mejor forma es implementando el área de Mantenimiento del Camión Minero.

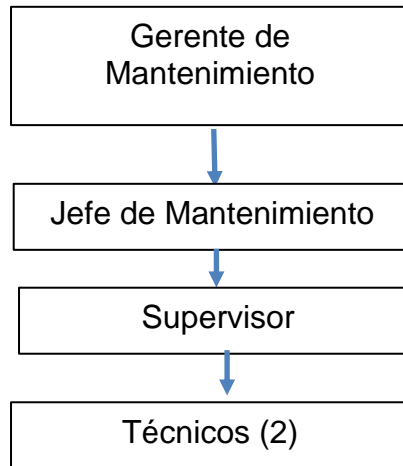


Figura 12. *Organigrama con la mejora aplicada en la empresa*

Fuente: Elaboración propia

En el organigrama se puede observar el cambio, dónde se visualiza sólo a detalle la distribución del área de mantenimiento, obviando los puestos de las demás áreas. Al hacer este cambio se elaboró también los perfiles profesionales de los dos nuevos puestos de trabajo asignados en el organigrama de la empresa.

A continuación, se detallan los perfiles profesionales para el encargado y el técnico de Mantenimiento del Camión Minero.

A.- NOMBRE DEL PUESTO:

ENCARGADO DE MANTENIMIENTO DEL CAMION MINERO

REPORTA A:

GERENTE DE MANTENIMIENTO

OBJETIVO DEL PUESTO:

Coordinar, programar, ejecutar, supervisar y controlar de las labores propias del proceso de mantenimiento preventivo del Camión Minero a su cargo.

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

- Coordinar, ejecutar y supervisar la debida ejecución de los programas de mantenimiento que se realizan al Camión Minero a su cargo.
- Asesorar al técnico de Mantenimiento del Camión Minero en técnicas de mantenimiento y reparación del Camión Minero.
- Coordinar, asignar y supervisar las actividades de reparación y mantenimiento del Camión Minero de la empresa.
- Realizar inspecciones periódicas a las instalaciones donde se encuentra el Camión Minero, con el propósito de verificar las condiciones de funcionamiento de todas las partes del Camión y llevar un adecuado control de los costos de mantenimiento.
- Velar por el cumplimiento de los métodos de mantenimiento y diagnóstico del Camión Minero.
- Preparar los pedidos de materiales, equipos, herramientas, repuestos y otros implementos de trabajo, requeridos para la adecuada ejecución de las labores del proceso de mantenimiento del Camión Minero.
- Llevar los controles necesarios sobre las diferentes actividades de mantenimiento del Camión Minero a su cargo, con el fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos.
- Preparar y presentar informes de las actividades realizadas y ejecutar las labores administrativas que vayan surgiendo.

EDUCACIÓN

Técnico o titulado en mecánica en todas sus especialidades (Mínimo requerido).

FORMACIÓN

- Diplomados y/o especializaciones en electricidad, electromecánica y afines.
- Cursos y/o especializaciones en mantenimiento industrial.

B.- NOMBRE DEL PUESTO:

TECNICO DE MANTENIMIENTO DEL CAMION MINERO

REPORTA A:

ENCARGADO DE MANTENIMIENTO DEL CAMION MINERO

OBJETIVO DEL PUESTO:

Ejecución técnica, armado, reparación, conservación, comprobación y puesta en funcionamiento del Camión Minero de la empresa.

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

- Ejecutar tareas de instalaciones y mantenimiento preventivo /correctivo de acuerdo a la programación de actividad e instrucciones brindadas sobre el Camión Minero.
- Mantenimiento, conservación, reparación y limpieza del Camión Minero y las áreas donde estos se ubican.
- Montaje de equipamiento, instalaciones eléctricas u otros.
- Realizar e informar los reportes de los desperfectos de las instalaciones, equipos y mobiliarios para su reparación y mantenimiento.
- Capacitación permanente en el mantenimiento de las nuevas tecnologías aplicadas al Camión Minero de la empresa.
- Apoyar en la preparación de los pedidos de materiales, equipos, herramientas, repuestos y otros implementos de trabajo, requeridos para la adecuada ejecución de las labores del proceso de mantenimiento del Camión Minero.

EDUCACIÓN

Técnico o bachiller en mecánica en todas sus especialidades (Mínimo requerido).

FORMACIÓN

- Capacitaciones y/o especializaciones en electricidad, electromecánica y afines.
- Cursos y/o especializaciones en mantenimiento industrial.

Para contar con los profesionales necesarios en el desarrollo de un buen mantenimiento preventivo del camión minero se debe tomar en cuenta dos puntos, primero la necesidad que se tiene de contratar un profesional que pueda cubrir el puesto de encargado de mantenimiento y segundo se debe hacer un programa de capacitaciones tanto para él como para el técnico que apoyará ahora en el mantenimiento del Camión Minero.

Los costos en que se incurre para la contratación del nuevo trabajador y las capacitaciones se detallarán en el análisis económico financiero de la propuesta. Pero el programa de capacitación si se visualiza a continuación.

Tabla 23. Cronograma de capacitaciones para el personal de Mantenimiento del Camión Minero

Capacitaciones	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Camión Minero Uso y manejo	■					■						■
Buenas prácticas en mantenimiento preventivo	■			■			■			■		
Mantenimiento industrial.	■			■			■			■		
El Camión minero en la industria		■				■				■		

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración del Programa Anual de Mantenimiento del Camión Minero

Las fallas en el Camión Minero, frecuentemente tienen su origen en alguna acción equivocada del operario que realiza la manipulación y por eso es importante tener documentadas las pautas a seguir en el mantenimiento requerido por cada equipo. Se necesita lograr una confiabilidad que permita a la empresa contar con un nivel de control sobre el mantenimiento del Camión Minero.

A continuación, presentamos las actividades del Plan de Mantenimiento Preventivo para el sistema más crítico, que es el sistema de tren de potencia, el resto de Actividades se adjunta en el Anexo 08.

Tabla 24. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 250 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE SISTEMA DE TREN DE POTENCIA								
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7 PSI
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							17 a 26 PSI
	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío							PSI
	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío							100 ± 15 PSI
142	Presión de bajada de bomba del levante							500 ± 50 PSI
143	Presión de subida de bomba del levante							2950 ± 100 PSI
	Presión de pilotaje de levante							550 ± 50 PSI
115	Inspección de juegos de Tolva y levante							√ X

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar las actividades que se deben realizar al sistema más crítico del Camión Minero, el Sistema de Tren de potencia, para un mantenimiento preventivo cada 250 horas, como por ejemplo medir la Presión de alivio principal Baja en vacío.

Tabla 25. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 500 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE SISTEMA DE TREN DE POTENCIA								
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7 PSI
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							17 a 26 PSI
	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío							
	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío							100 ± 15 PSI
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							
	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío							20 ± 10 PSI
140	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío							75 ± 15 PSI
	Velocidad de calado de convertidor de par							1692 RPM
	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío							0,0 ± 5 PSI
139	Presión del embrague de traba aplicada							340 ± 15 PSI

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar las actividades que se deben realizar al sistema más crítico del Camión Minero, el Sistema de Tren de potencia, para un mantenimiento preventivo cada 500 horas, como por ejemplo medir la Presión de alivio principal Baja en vacío.

Tabla 26. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 1000 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE SISTEMA DE TREN DE POTENCIA								
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7 PSI
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							17 a 26 PSI
	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío							
	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío							100 ± 15 PSI
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							
	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío							20 ± 10 PSI
140	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío							75 ± 15 PSI
	Velocidad de calado de convertidor de par							1692 RPM
	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío							0,0 ± 5 PSI
139	Presión del embrague de traba aplicada							340 ± 15 PSI

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar las actividades que se deben realizar al sistema más crítico del Camión Minero, el Sistema de Tren de potencia, para un mantenimiento preventivo cada 1000 horas, como por ejemplo medir la Presión de alivio principal Baja en vacío.

Tabla 27. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 2000 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE SISTEMA DE TREN DE POTENCIA								
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7 PSI
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							17 a 26 PSI
	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío							
	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío							100 ± 15 PSI
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							
	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío							20 ± 10 PSI
140	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío							75 ± 15 PSI
	Velocidad de calado de convertidor de par							1692 RPM
	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío							0,0 ± 5 PSI
139	Presión del embrague de traba aplicada							340 ± 15 PSI

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar las actividades que se deben realizar al sistema más crítico del Camión Minero, el Sistema de Tren de potencia, para un mantenimiento preventivo cada 2000 horas, como por ejemplo medir la Presión de alivio principal Baja en vacío.

Tabla 28. Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 4000 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE SISTEMA DE TREN DE POTENCIA								
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7 PSI
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							17 a 26 PSI
	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío							
	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío							100 ± 15 PSI
135	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425 PSI
136	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460 PSI
137	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7
138	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							
	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío							20 ± 10 PSI
140	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío							75 ± 15 PSI
	Velocidad de calado de convertidor de par							1692 RPM
	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío							0,0 ± 5 PSI
139	Presión del embrague de traba aplicada							340 ± 15 PSI

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar las actividades que se deben realizar al sistema más crítico del Camión Minero, el Sistema de Tren de potencia, para un mantenimiento preventivo cada 4000 horas, como por ejemplo medir la Presión de alivio principal Baja en vacío.

Asimismo, presentamos en el Anexo 08, el Formato de Inspección y el Anexo 09 Formato de evaluación y monitoreo de los sistemas con lo cual se realizará el mantenimiento preventivo del camión minero.

4.4. Índices de confiabilidad teórica, de acuerdo al plan de mantenimiento diseñado

Para calcular los nuevos índices de confiabilidad teórica, al aplicar el Plan de Mantenimiento propuesto y tomando como referencia la investigación realizada por Gustavo Cervantes González, en la investigación “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V” se ha considerado que el número de fallas y las horas paralizadas disminuyen en un 75%, trabajado las 8 horas diarias, y con esto se calcula los nuevos índices de confiabilidad para los años 2018, 2019, 2020, 2021.

A.- Nueva Confiabilidad del año 2018:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Tabla 29. *Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)*

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	176	3	1	172.8
Febrero	160	4	1	156.3
Marzo	160	4	1	156.3
Abril	168	4	1	164.0
Mayo	176	4	1	172.5
Junio	160	4	1	156.0
Julio	176	4	1	172.0
Agosto	176	4	1	172.0
Setiembre	160	4	1	156.0
Octubre	176	4	1	172.0
Noviembre	168	4	1	164.0
Diciembre	160	4	1	156.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V”.

De la tabla anterior podemos ver que el tiempo medio de fallas es 164.1 horas, como consecuencia que el número de fallas ha disminuido a 1.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Tabla 30. *Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)*

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	3	1	3.3
Febrero	4	1	3.8
Marzo	4	1	3.8
Abril	4	1	4.0
Mayo	4	1	3.5
Junio	4	1	4.0
Julio	4	1	4.0
Agosto	4	1	4.0
Setiembre	4	1	4.0
Octubre	4	1	4.0
Noviembre	4	1	4.0
Diciembre	4	1	4.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V”.

En el cuadro anterior apreciamos que el tiempo medio para reparación es de 4.0 horas.

c.- Confiabilidad

Tabla 31. Nueva Confiabilidad 2018

	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD
Enero	172.8	3.3	98.15
Febrero	156.3	3.8	97.66
Marzo	156.3	3.8	97.66
Abril	164.0	4.0	97.62
Mayo	172.5	3.5	98.01
Junio	156.0	4.0	97.50
Julio	172.0	4.0	97.73
Agosto	172.0	4.0	97.73
Setiembre	156.0	4.0	97.50
Octubre	172.0	4.0	97.73
Noviembre	164.0	4.0	97.62
Diciembre	156.0	4.0	97.50

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

En el cuadro anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2018, cuyo valor es de 97.7 esto como consecuencia de que se disminuye el número de fallas.

En la siguiente gráfica vemos la nueva confiabilidad del camión minero en el año 2018

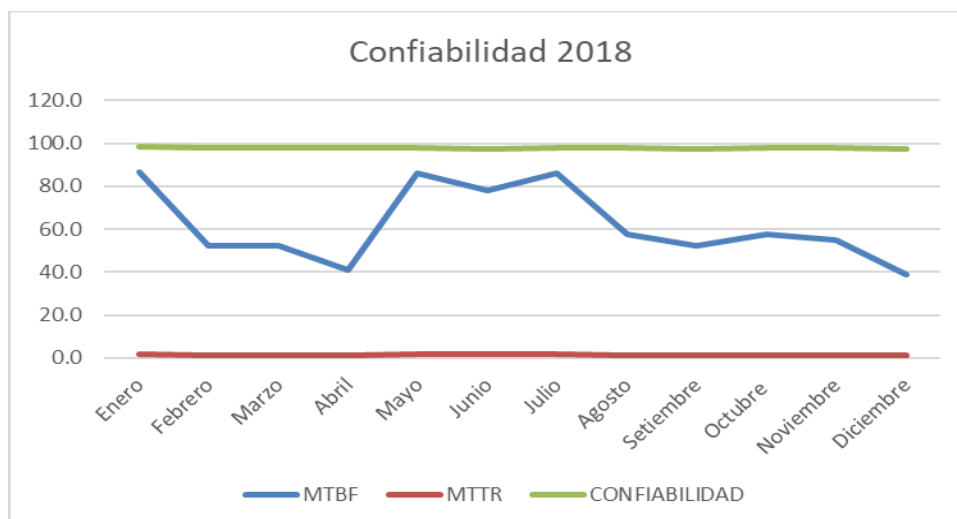


Figura 13. Nueva Confiabilidad en el año 2018
Fuente: Elaborado por el autor

En el gráfico anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2018, cuyo valor es de 97.7 esto como consecuencia de que se disminuye el número de fallas.

B.- Nueva Confiabilidad del año 2019:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Tabla 32. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	176	4	1	229.3
Febrero	168	4	1	164.0
Marzo	160	4	1	156.0
Abril	168	4	1	164.0
Mayo	176	4	1	137.6
Junio	160	4	1	156.0
Julio	176	4	1	172.0
Agosto	168	4	1	164.0
Setiembre	168	4	1	164.0
Octubre	176	4	1	172.0
Noviembre	160	4	1	156.0
Diciembre	168	4	1	164.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras.

De la tabla anterior podemos ver que el tiempo medio de fallas es 166.6 horas, como consecuencia que el número de fallas ha disminuido a 1.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Tabla 33. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	4	1	5.3
Febrero	4	1	4.0
Marzo	4	1	4.0
Abril	4	1	4.0
Mayo	4	1	3.2
Junio	4	1	4.0
Julio	4	1	4.0
Agosto	4	1	4.0
Setiembre	4	1	4.0
Octubre	4	1	4.0
Noviembre	4	1	4.0
Diciembre	4	1	4.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

En el cuadro anterior apreciamos que el tiempo medio para reparación es de 4.0 horas.

c.- Confiabilidad

Tabla 34. Nueva Confiabilidad 2019

	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD
Enero	229.3	5.3	97.73
Febrero	164.0	4.0	97.62
Marzo	156.0	4.0	97.50
Abril	164.0	4.0	97.62
Mayo	137.6	3.2	97.73
Junio	156.0	4.0	97.50
Julio	172.0	4.0	97.73
Agosto	164.0	4.0	97.62
Setiembre	164.0	4.0	97.62
Octubre	172.0	4.0	97.73
Noviembre	156.0	4.0	97.50
Diciembre	164.0	4.0	97.62

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V”.

En el cuadro anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2019, cuyo valor es de 97.6.

En la siguiente gráfica vemos la nueva confiabilidad del camión minero en el año 2019.

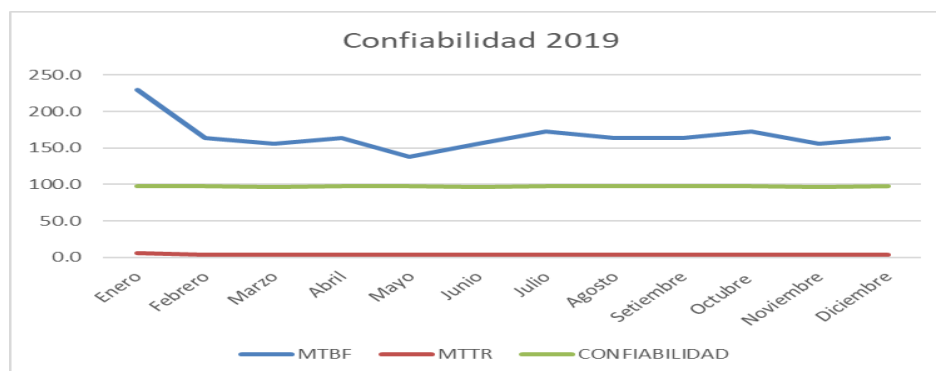


Figura 14. Nueva Confiabilidad en el año 2019
Nueva Confiabilidad en el año 2019

Fuente: Elaborado por el autor

En el gráfico anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2019, cuyo valor es de 97.6.

C.- Nueva Confiabilidad del año 2020:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Tabla 35. *Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)*

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	176	4	1	172.0
Febrero	160	4	1	156.0
Marzo	176	4	1	172.0
Abril	160	4	1	156.0
Mayo	160	4	1	156.0
Junio	168	4	1	164.0
Julio	168	4	1	164.0
Agosto	168	4	1	164.0
Setiembre	176	4	1	172.0
Octubre	168	4	1	164.0
Noviembre	168	4	1	164.0
Diciembre	168	4	1	164.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

De la tabla anterior podemos ver que el tiempo medio de fallas es 164.0 horas, como consecuencia que el número de fallas ha disminuido a 1.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Tabla 36. *Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)*

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	4	1	4.0
Febrero	4	1	4.0
Marzo	4	1	4.0
Abril	4	1	4.0
Mayo	4	1	4.0
Junio	4	1	4.0
Julio	4	1	4.0
Agosto	4	1	4.0
Setiembre	4	1	4.0
Octubre	4	1	4.0
Noviembre	4	1	4.0
Diciembre	4	1	4.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

En el cuadro anterior apreciamos que el tiempo medio para reparación es de 4.0 horas.

c.- Nueva Confiabilidad

Tabla 37. Nueva Confiabilidad 2020

	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD
Enero	172.0	4.0	97.73
Febrero	156.0	4.0	97.50
Marzo	172.0	4.0	97.73
Abril	156.0	4.0	97.50
Mayo	156.0	4.0	97.50
Junio	164.0	4.0	97.62
Julio	164.0	4.0	97.62
Agosto	164.0	4.0	97.62
Setiembre	172.0	4.0	97.73
Octubre	164.0	4.0	97.62
Noviembre	164.0	4.0	97.62
Diciembre	164.0	4.0	97.62

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

En el cuadro anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2019, cuyo valor es de 97.6.

En la siguiente gráfica vemos la nueva confiabilidad del camión minero en el año 2020.

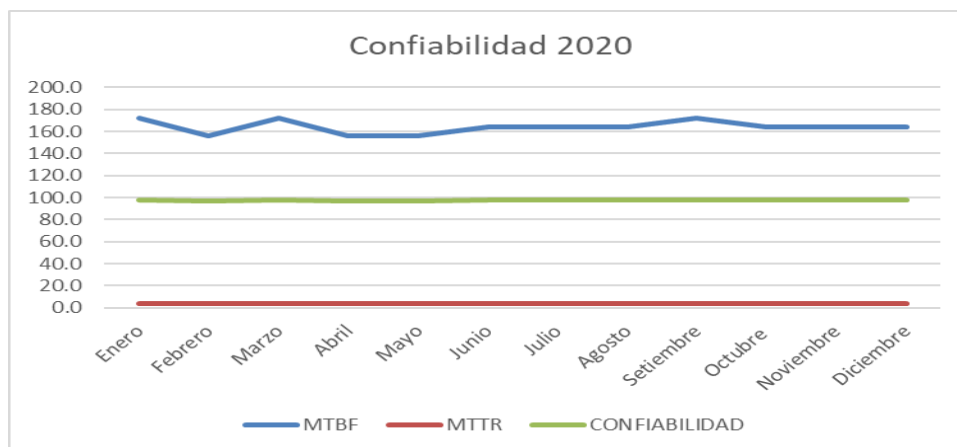


Figura 15. Nueva Confiabilidad en el año 2020

Fuente: Elaborado por el autor

En el gráfico anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2019, cuyo valor es de 97.6.

D.- Confiabilidad del año 2021:

a.- Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Tabla 38. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

	Tiempo Total de Trabajo (h)	Tiempo de Avería (h)	Número de Fallas	MTBF
Enero	160	4	1	156.0
Febrero	160	4	1	156.0
Marzo	184	4	1	180.0
Abril	160	4	1	156.0
Mayo	168	4	1	164.0
Junio	168	4	1	164.0
Julio	160	4	1	156.0
Agosto	168	4	1	164.0
Setiembre	176	4	1	172.0
Octubre	160	4	1	156.0
Noviembre	168	4	1	164.0
Diciembre	176	4	1	172.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

De la tabla anterior podemos ver que el tiempo medio de fallas es 163.3

horas, como consecuencia que el número de fallas ha disminuido a 1.

b.- Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

Tabla 39. Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

	Tiempo Total de Mantenimiento (h)	Número de Reparaciones	MTTR
Enero	4	1	4.0
Febrero	4	1	4.0
Marzo	4	1	4.0
Abril	4	1	4.0
Mayo	4	1	4.0
Junio	4	1	4.0
Julio	4	1	4.0
Agosto	4	1	4.0
Setiembre	4	1	4.0
Octubre	4	1	4.0
Noviembre	4	1	4.0
Diciembre	4	1	4.0

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

En el cuadro anterior apreciamos que el tiempo medio para reparación es de 4.0 horas.

c.- Nueva Confiabilidad

Tabla 40. Nueva Confiabilidad 2021

	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD
Enero	156.0	4.0	97.50
Febrero	156.0	4.0	97.50
Marzo	180.0	4.0	97.83
Abril	156.0	4.0	97.50
Mayo	164.0	4.0	97.62
Junio	164.0	4.0	97.62
Julio	156.0	4.0	97.50
Agosto	164.0	4.0	97.62
Setiembre	172.0	4.0	97.73
Octubre	156.0	4.0	97.50
Noviembre	164.0	4.0	97.62
Diciembre	172.0	4.0	97.73

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

En el cuadro anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2019, cuyo valor es de 97.6.

En la siguiente gráfica vemos la nueva confiabilidad del camión minero en el año 2021.

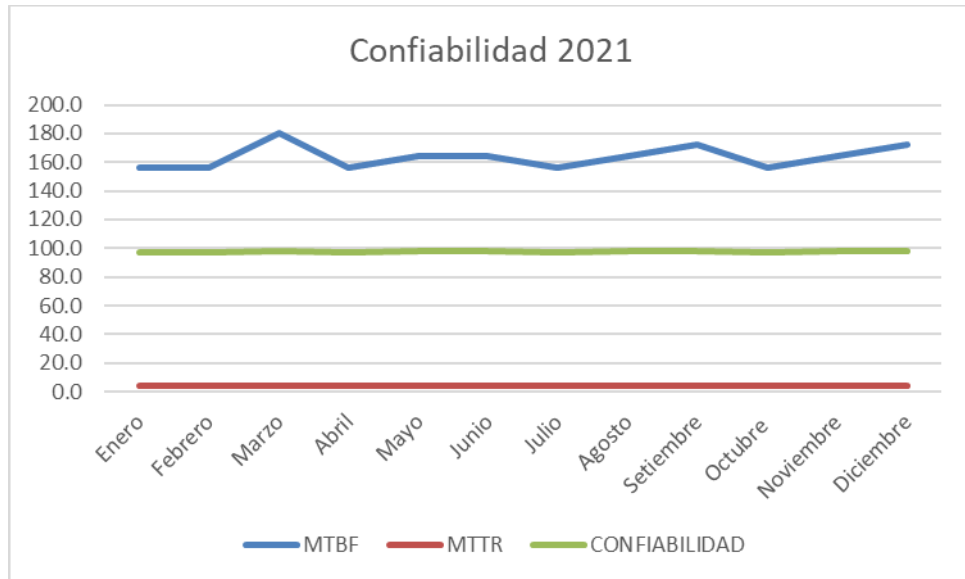


Figura 16. Nueva Confiabilidad en el año 2021

Fuente: Elaborado por el autor

En el gráfico anterior presentamos la nueva confiabilidad del año 2019, cuyo valor es de 97.6.

Finalmente, la Nueva Confiabilidad de los años 2018, 2019, 2020 y 2021 se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 41. Nueva Confiabilidad de los años 2018, 2019, 2020 y 2021

	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	PROMEDIO
Enero	98.15	97.73	97.73	97.50	97.78
Febrero	97.66	97.62	97.50	97.50	97.57
Marzo	97.66	97.50	97.73	97.83	97.68
Abril	97.62	97.62	97.50	97.50	97.56
Mayo	98.01	97.73	97.50	97.62	97.71
Junio	97.50	97.50	97.62	97.62	97.56
Julio	97.73	97.73	97.62	97.50	97.64
Agosto	97.73	97.62	97.62	97.62	97.65
Setiembre	97.50	97.62	97.73	97.73	97.64
Octubre	97.73	97.73	97.62	97.50	97.64
Noviembre	97.62	97.50	97.62	97.62	97.59
Diciembre	97.50	97.62	97.62	97.73	97.62
PROMEDIO	97.70	97.63	97.62	97.60	97.64

Fuente: Elaborada tomando como referencia el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V".

De la tabla anterior podemos inferir que la Confiabilidad promedio es de 97.64.

De la tabla anterior presentamos el gráfico de la nueva confiabilidad en los años 2018, 2019, 2020 y 2021.

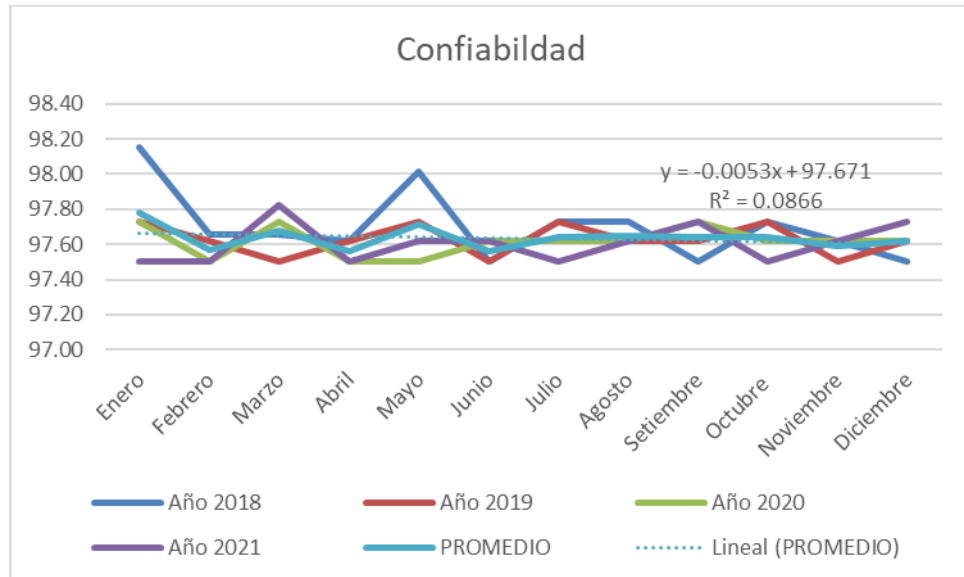


Figura 17. Nuevas Confiabilidades del Camión Minero en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y su tendencia

Fuente: Elaborado por el autor.

Del gráfico anterior, podemos deducir que la tendencia de la confiabilidad del camión minero obedece a una tendencia lineal dada por la siguiente ecuación: $y = -0.0053x + 97.671$, con lo que nos indica que la Confiabilidad del Camión minero va aumentando.

4.5. Evaluación económica del plan de mantenimiento diseñado, mediante los indicadores VAN y TIR

A continuación, se muestra la evaluación económica de los distintos aspectos del presente plan de mantenimiento, con el que se pretende mejorar la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F.

En la siguiente tabla presentamos los costos que involucra la implementación del taller basados en la proforma de la empresa JG herramientas SAC. Se adjunta en el anexo 09.

Tabla 42. Costos de equipos para implementar el taller

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad al mes	Precio unitario (S/.)	Inversión Total (S/.)
Equipo de Diagnóstico	Glb.	1	200000	200000
Herramientas	Glb.	1	80000	80000
Equipos de Fuerza	Glb.	1	90000	90000
Equipo Mecánico de Taller	Glb.	1	95000	95000
Elevador de vehículo	Glb.	1	75000	75000
Compresora	Glb.	1	50000	50000
TOTAL (S/.)				590000

Fuente: Elaborado tomando como referencia la proforma de la empresa JG Herramientas SAC

En la tabla 38, se muestra los costos del recurso humano para la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Tabla 43. Costos del Recurso Humano

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad al mes	Precio unitario (S/.)	Inversión Total (S/.)
Gerente de Mantenimiento	S./mes	1	7000	7000
Técnico en Mantenimiento	S./mes	4	4000	16000
TOTAL (S/.)				23000

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la tabla anterior, obtenemos los costos de personal que involucra poner en práctica el plan de mantenimiento preventivo. Como se mencionó en el resultado 02, se requiere 01 gerente de mantenimiento y 04 técnicos en mantenimiento.

Tabla 44. Costos Mensuales de Personal el Plan de Mantenimiento

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad al mes	Precio unitario (S/.)	Inversión Total (S/.)
Gerente de Mantenimiento	S./mes	1	7000	7000
Técnico en Mantenimiento	S./mes	4	4000	16000
Capacitación al personal	Glb.	1	4000	4000
TOTAL (S/.)				27000

Fuente: Elaboración propia

Se realizará la evaluación a los primeros 06 meses, en donde se tiene planeado capacitar e implementar distintos aspectos, tales como: la gestión de mantenimiento asistida por computadora, gestión visual, estandarización de procesos, y mejora respecto a la seguridad de los involucrados en dichos procesos.

Para realizar la evaluación económica se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Se ha considerado una tasa de interés anual de 12%, por lo tanto, la tasa de interés mensual será de 1%
- Se ha considerado que el promedio de horas paradas al mes es de 17 horas.
- Se ha considerado que al aplicar el mantenimiento se ha considerado recuperar 13 horas (75%) y 04 horas (25%) aún se continúan como paradas imprevistas.
- El gasto de alquiler por hora es de S/. 50 000.00.
- El gasto por concepto de combustible mensual es de S/.250 000.00.
- El gasto en personal al mes es de S/. 27 000.

- Los gastos por penalidad por paradas imprevistas, de acuerdo al contrato, es de S/. 50 000.00.
- Las pérdidas por horas paradas, se ha considerado las 04 horas en promedio al mes que aún se van a seguir parando, que hace una pérdida mensual de S/. 200 000.00.
- Las horas recuperadas se ha considerado 13 horas en promedio, que hace un total mensual de S/.650 000.00.

Con lo cual realizamos el flujo económico.

Tabla 45. Flujos económicos y VAN (en Soles)

MES	0	1	2	3	4	5	6
EGRESOS	-615000	-527000	-527000	-527000	-527000	-527000	-527000
Inversión	-615000						
Gastos en personal		-27000	-27000	-27000	-27000	-27000	-27000
Gastos en combustible		-250000	-250000	-250000	-250000	-250000	-250000
Gastos por penalidad por paradas imprevistas		-50000	-50000	-50000	-50000	-50000	-50000
Pérdidas por horas paradas		-200000	-200000	-200000	-200000	-200000	-200000
INGRESOS		650000	650000	650000	650000	650000	650000
Horas Recuperadas		650000	650000	650000	650000	650000	650000
BENEFICIOS	-615000	123000	123000	123000	123000	123000	123000

VAN	97843.6
TIR	5%

Fuente: Elaboración propia

Haciendo una proyección de 6 meses, se obtiene un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 97843.6 que es un valor positivo y una TIR mensual de 5%, que es mayor que la tasa de descuento mensual que es de 1%.

Por tanto, teniendo un VAN positivo, una TIR mayor a la que manejamos nos indica que el proyecto es viable en el aspecto económico.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el diseño de un plan de mantenimiento preventivo puede ayudar a cumplir mejorar la confiabilidad del camión minero. Como resultado de la investigación se concluyó que la Confiabilidad promedio del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL - Cajamarca es de 90,04%. Teniendo un valor máximo de Confiabilidad de 91,25% y valor mínimo de confiabilidad de 88,85%, con lo cual se demostró que el Camión Minero no es confiable. Este resultado concuerda con la investigación realizada por Maldonado y Sigüenza (2017), en el proyecto de investigación “Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo”, donde también se obtuvo una confiabilidad de 92%, teniendo como valor máximo de Confiabilidad de 93,25% y valor mínimo de confiabilidad de 89,85%. Estos resultados obtenidos son como consecuencia de las paradas imprevistas a que están expuestas dichas máquinas, lo que origina pérdidas económicas.

Así mismo, es necesario precisar que los resultados de confiabilidad también concuerdan con la investigación realizada por Bravo y Tetamuez (2017), en la investigación “Implementación de un plan de mantenimiento integral y de gestión de bodega mediante la utilización de un software para la flota de maquinaria pesada y vehículos del taller automotriz del GAD Municipal del Cantón Colta”, donde de igual manera se tuvo valores de confiabilidad del orden de los 91%, como consecuencia que no se cuenta con un plan de mantenimiento integral y de gestión al igual que camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca.

En relación al análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, dio como resultado que los sistemas más críticos son el Sistema Tren de Potencia, Sistema de Motor, Sistema de Suspensión, Sistema de Dirección y Sistemas de Frenos, siendo la falla más común que se da es por pérdida de presión en el aceite del diferencial, originado por desgaste de las empaquetaduras y falla en la bomba de la transmisión a los engranajes, lo que hace que la potencia de la máquina

disminuya, esto hace que la máquina se paralice y no continúe trabajando. Este resultado concuerda con la investigación realizada por Ballesteros (2019), cuyo objetivo es ejecutar un Programa de mantenimiento preventivo para optimizar y prevenir el estado de la maquinaria pesada, donde mediante el análisis de criticidad y el diagrama de Pareto se determinó que los sistemas más críticos son el Sistema Tren de Potencia, Sistema de Motor, Sistema de Suspensión, esto como consecuencia de la falta de mantenimiento de los sistemas que conforman la maquinaria pesada.

Así mismo con el resultado, donde las principales actividades del mantenimiento preventivo, están relacionadas al mantenimiento del Camión Minero Caterpillar 793F, estas actividades se realizarán de acuerdo al número de horas de trabajo de dicha unidad, así mismo se ha indicado que dichas actividades son de carácter preventivo y se ha programado para 250 horas, 500 horas, 1000 horas y 4000 horas y se ha realizado tomando en cuenta las condiciones de trabajo, coincide con el resultado obtenido por Bancayan (2020) donde el objetivo general era "Crear un programa de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de maquinaria pesada en el área de Pho Thanh". De igual manera planteó un Plan de Mantenimiento Preventivo, con actividades programadas para 250 horas, 500 horas, 1000 horas y 4000 horas.

Lo mismo ocurre con la investigación realizada por Tarrillo (2020), quien averiguó sobre ¿Cómo es el Plan de Mantenimiento Preventivo de la Empresa Constructora y Administradora de Maquinaria Pesada S.A., Provincia de Bagua - Amazonas; ¿Puede reducir los costos de mano de obra?, y para ello implementó un Plan de Mantenimiento teniendo en cuenta las actividades programadas para 250 horas, 500 horas, 1000 horas y 4000 horas, esto permitió a la empresa conseguir reducir sus costos de mano de obra.

El nuevo índice de confiabilidad teórica, se realizó tomando en cuenta el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación "Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V"., dando como resultado

una vez aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo, es en promedio de 97.64%, con lo cual se muestra que el Camión Minero va a tener menos horas paradas y menos horas entre fallas, este resultado coincide con la investigación realizada por Villena (2017), en la investigación realizada: “Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructor”, el mismo que demostró que después de implementar el Programa de Mantenimiento el nuevo índice de confiabilidad de las máquinas es de 97.64%, esto se justifica toda vez que al igual que en la investigación realizada se implementó un programa de mantenimiento con actividades que van a permitir que los sistemas de las máquinas no sufran paradas imprevistas.

Finalmente, se estimó la inversión que se tiene que realizar para implementar dicho Plan de Mantenimiento Preventivo, y de acuerdo a la Tabla 40, observamos una Inversión de Inversión de S/. 615 000, con un VAN de S/. 97 843.6 y una TIR mensual de 5%, valores que concuerdan con la investigación de realizado por Ballesteros Mora, 2019, cuyo objetivo es ejecutar un Programa de mantenimiento preventivo para optimizar y prevenir el estado de las máquinas, creando muy buena disponibilidad para cada máquina y aumentando la confiabilidad y seguridad de los operadores y trabajadores, en esta investigación se determinó una inversión de S/. 500 000.00 y Valor Actual Neto de S/. 87 948,8 y una TIR mensual de 5 %. Cabe precisar que la evaluación económica realizada por ambos investigadores tuvo en consideración una tasa mensual de 1%, para ello se ha tenido en cuenta información proporcionada por el Ministerio de Economía y Finanzas y por el Banco Central de Reserva del Perú.

En cuanto a la hipótesis general del presente de investigación se pudo demostrar que el diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad permitirá mejora la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca, se debe precisar que se obtuvo este resultado utilizando una investigación del tipo utilizando los conocimientos relacionados a plan de mantenimiento, metodología contraria a la utilizada por Tarrillo (2020), quien averiguó sobre ¿Cómo es el Plan de Mantenimiento Preventivo de la

Empresa Constructora y Administradora de Maquinaria Pesada S.A., Provincia de Bagua – Amazonas, este investigador utilizó una metodología analítica, pero también demostró que mediante la implementación de un Plan de Mantenimiento mejoró la confiabilidad de la Maquinarias Pesada que posee la empresa constructora. Además el programa de mantenimiento presentado se limita a cuatro tipos de mantenimiento según su tiempo aplicable, a saber, C a las 500 horas, M a las 1000 horas, L a las 2000 horas y finalmente ML a las 3000 horas, el plan de mantenimiento se implementa de manera oportuna para lograr altos indicadores de confiabilidad y disponibilidad, y también incluye la implementación de las órdenes de salida y entrada que se deben realizar diariamente para recolectar información número de operación de la máquina, así como preceptos de trabajo en concordancia al tipo de mantenimiento a realizar y de acuerdo al cronograma del plan de mantenimiento para los equipos más importantes y la inversión para efectuar el programa de mantenimiento recomendado es de S/. 325 870.00.

VI. CONCLUSIONES

Como resultado del diagnóstico del Camión Minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca, se concluye que la Confiabilidad promedio es de 90,04. Teniendo un valor máximo de Confiabilidad de 91,25 y valor mínimo de confiabilidad de 88,85, con lo cual se demuestra que el Camión Minero no es confiable, debido a las paradas imprevistas que sufre dicha unidad.

El análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, dio como resultado que los sistemas más críticos son el Sistema Tren de Potencia, Sistema de Motor, Sistema de Suspensión, Sistema de Dirección y Sistemas de Frenos, siendo la falla más común que se da es por pérdida de presión en el aceite del diferencial, originado por desgaste de las empaquetaduras y falla en la bomba de la transmisión a los engranajes, lo que hace que la potencia de la máquina disminuya, esto hace que la máquina se paralice y no continúe trabajando.

Las principales actividades del mantenimiento preventivo, están relacionadas al mantenimiento del Camión Minero Caterpillar 793F, estas actividades se realizarán de acuerdo al número de horas de trabajo de dicha unidad, así mismo se ha indicado que dichas actividades son de carácter preventivo y se ha programado para 250 horas, 500 horas, 1000 horas y 4000 horas y se ha realizado tomando en cuenta las condiciones de trabajo.

El nuevo índice de confiabilidad teórica, se realizó tomando en cuenta el criterio asumido por Gustavo Cervantes González, en la investigación “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo S. A. de C. V”., dando como resultado una vez aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo, es en promedio de 97.64%, con lo cual se muestra que el Camión Minero va a tener menos horas paradas y menos horas entre fallas.

Como resultado de la evaluación económica del Plan de Mantenimiento Preventivo, se requiere una Inversión de S/. 615 000, con un VAN de S/. 97843.6 y una TIR mensual de 5 %, con lo cual se demuestra que el proyecto es viable económicamente.

VII. RECOMENDACIONES

Cómo se controla un proceso si no se mide, y si no se mide, cómo se va a mejorar dicho proceso. Estos parámetros de medición se pueden hacer implementando indicadores de gestión; con estos indicadores de gestión se puede visualizar qué tanto se desvía de las metas, por lo que con los resultados obtenidos lleva a retroalimentar los procesos y, por ende, está controlado el proceso de mantenimiento, por lo que se recomienda evaluar la posibilidad implementar un Sistema de Gestión de Mantenimiento en la empresa SEMANGRU EIRL, con el objetivo de asegurar que el Mantenimiento sea institucionalizado en dicha empresa.

Los Key Performance Indicators - KPI por sus siglas en inglés, o indicadores clave de desempeño cuantifican el grado de competencia de un proceso, enfocándose en la manera de cómo se obtienen, e indican la ganancia de los procesos, de modo que se pueda conseguir la meta definida. Estos indicadores sirven para cuantificar las metas que se deben reflejar en el rendimiento de la compañía. Los KPI son los transmisores que se notifican desde la alta gerencia hasta los rangos o niveles de la empresa que ameritan llevar estos indicadores, para que se cumplan, y así llegar a las metas propuestas. Así mismo, según cada industria, en su tamaño, sector económico, complejidad de sus procesos, ubicación, instalaciones físicas, tipos de equipos, máquinas, etc., para su condición específica desarrollan sus propios indicadores de gestión, con el objetivo de medir y analizar qué tan desviados están de sus metas, y hacer por lo tanto su retroalimentación para llegar a los objetivos deseados, por lo que recomendamos investigar sobre que indicadores de gestión se podrían implementar en la empresa SEMANGRU EIRL.

REFERENCIAS

- Álvarez Pinilla, A. (2018). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Larousse - Ediciones Pirámide.
- Andrade Granja, K. A. (2020). *Sistema óptimo de gestión de micro-redes distribuidas geográficamente que permitan maximizar la venta de energía basados en programas de respuesta de la demanda*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana de Quito.
- Ballesteros Mora, H. (2019). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la maquinaria pesada de la empresa REINGENIERIAS S.A.* Ocaña, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- Bancayan Periche, S. (2020). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar La Disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Vice*. Piura: Universidad Cesar Vallejo.
- Bravo Maldonado, J. A., & Tetamuez Aguilar, C. E. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento integral y de gestión de bodega mediante la utilización de un software para la flota de maquinaria pesada y vehículos del taller automotriz del GAD Municipal del Cantón Colta*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .
- Calderón, N. (2017). *Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- García Fernandez, M. A. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN TPM PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD EN LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA COMERCIAL MOLINERA SAN LUIS SAC, 2018*. Chiclayo, Perú: Universidad San Martín de Porras.
- Guevara Villanueva, J. M., & Tapia Farro, E. (2015). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO TOTAL PARA LA MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA ÁNGELES – PROYECTO MINERO LA GRANJA, 2015*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.

- Maldonado Villavicencio, H. M., & Sigüenza Maldonado, L. A. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo*. Cuenca, Ecuador: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
- Moubray, J. (2019). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Santiago de Chile: Industrial Press Inc. .
- Villena Andia, A. O. (2022). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructora*. Lima, Perú: Universidad de Ciencias Aplicadas.
- Corredor, Ortiz, & Venegas, R. y. (2006). *Auditoria de mantenimiento empresa Snacks América Latina SRL*. Tachira, Venezuela.
- Dixon, R., & Arnold, P. (2012). *Business process reengineering: Improving in new strategic directions*. USA.
- DuffuA, S. O. (2009). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y Control*. México D.F.: Limusa Wiley.
- García, F. y. (2008). *Estrategias de mantenimiento durante el ciclo de vida en los procesos de concesión administrativa de edificios (PFI)*. Mexico.
- Hansen, T. (2005). *Track safety audit and maintenance planning pay off*. Texas.
- Hernández, E., & Navarrete, E. (2012). *Sistema de cálculo de indicadores para el Mantenimiento*. Cuba: Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Hernández, O., & Chávez, R. (2012). *Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una Región semiárida en el sur del desierto Chihuahuense*. México.
- J, J., C, K., & H., L. (2011). *Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM): a three-stage data envelopment analysis (DEA) approach*. *Total Quality Management & Business Excellence*. Michigan: Business Source Complete, Ipswich, MA.
- L, C., & B., M. (2011). *The Three-stage Method for Chinese Enterprises to Deploy*

- TPM. Academic Search Complete, Ipswich, MA.
- Martínez, L. (2007). *Organización y planificación de sistemas de mantenimiento*. Caracas, Venezuela: Instituto Superior de Investigación y Desarrollo.
- Sharma, A., Yadava, G. S., & Deshmukh, S. G. (2006). *A literature review and future perspectives on maintenance optimization. Journal of Quality in Maintenance future perspectives on maintenance optimization. Journal of Quality in Maintenance*. USA.
- Barrera, O., & Casanova, R. (2015). *Logística y Comunicación en un Taller de Vehículo*. Madrid: Ediciones Paraninfo,SA.
- Byrnes, M. (2005). *La Guía completa para operaciones de autotransporte de carga*. Estados Unidos: Barron's Educational Series, Inc.
- Crouse, W. (1993). *Mecánica del Automóvil*. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Davila, R. (2005). *Administración y Planificación de Maquinaria Agrícola*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Dempsey, P. (2000). *Motores Diésel, Localización y reparación de averías*. Zaragoza: Ediciones Acribia.
- Fernández, M., & Manzanares, M. (2015). *Operaciones Auxiliares de almacenaje*. Madrid: Ediciones Paraninfo,SA.
- Jiménez, M. D., & Ponce, J. A. (2007). *Operaciones de Mantenimiento Preventivo del Vehículo y control de su dotación Material*. Madrid: Ideaspropias Editorial, S.L.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2003). *Guía Sectorial de la Formación de Profesionales en España*. Madrid: Instituto Nacional de Empleo (IMEN).
- Moya, M. I. (2004). *Diccionario Bilingüe de Transporte Comercial*. Canada: Delmar Learning.
- Murillo, N. (1990). *Tractores y Maquinarias Agrícola*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a distancia.
- Ocaña, A. (2004). *Averías, Soluciones de Emergencia y Reparación de Automóviles*. Madrid: Editorial Dossat Cie de Inversiones editoriales.

- Ordoñez, M. Á. (2012). *Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Lubricación de Motores térmicos*. Malaga: Innovación y Cualificación, S.L.
- Orovio, M. (2010). *Tecnología del automóvil*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Ossa, A. (2013). *Operador Económico Autorizado (OEA), Aplicación y Experiencia*. Barcelona: Taric S.A.
- Pérez, J. M. (2009). *Técnicas del Automóvil, Equipo Eléctrico*. Madrid: Ed. Thomson Paraninfo, S.A.
- Pérez, M. Á. (2000). *Tecnología de los Motores*. Madrid: CIE Inversiones Editoriales Dossat.
- Pérez, M. Á. (2011). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Picabea, A., & Ortega, J. (2010). *Mantenimiento mecánico Preventivo del Vehículo*. Madrid: Arán Ediciones, S.L.
- Rey, F. (2001). *Manual del Mantenimiento integral de la Empresa*. Madrid: Fundación Confemental (FC), Editorial.
- Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex, S.A.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Plan de mantenimiento	<p>Incluye detalles de las operaciones que se deben realizar para un correcto mantenimiento, y una explicación de los procedimientos, tiempos y repuestos a utilizar. (Duffuaa y Campbell, 2010).</p>	<p>El proceso se caracteriza por realizar las operaciones requeridas a un costo total óptimo, evitando la ocurrencia de fallas mínimas.</p>	<p>Costos Total</p> <p>Fallas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión a realizar - Número de fallas 	<p>Razón</p>

<p>Dependiente: Confiabilidad del Camión Minero</p>	<p>Dice que la confiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado (Duffuaa & Campbell, 2010).</p>	<p>Nivel satisfactorio de operatividad de los equipos electromecánicos, cumpliendo con la función para cual fue prevista.</p>	<p>Tiempos para fallar, para reparar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo Promedio para Reparar (MTTR) - Tiempo promedio entre Fallos (MTBF) 	<p>Razón</p>
--	--	---	--	--	--------------

Anexo 02. Carta De Aceptación



CARTA DE ACEPTACIÓN

El que suscribe la presente, **Sr. ELMO EFRAIN DE LA CRUZ CAJO**, en su condición de Gerente General de la empresa SEMANGRU EIRL, autoriza al **Sr. ROGER IVÁN ARCE CHAVEZ**, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo, para que realice su tesis denominada: ***“Diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la confiabilidad del camión minero Caterpillar 793F de la empresa SEMANGRU EIRL – Cajamarca”***.

Así mismo, recomienda al mencionado estudiante utilizar la información proporcionada únicamente para la elaboración de dicha tesis y no para otros usos, responsabilizándose de ello.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

Cajamarca, 16 de agosto de 2021.


ELMO EFRAIN DE LA CRUZ CAJO
Gerente General
SEMANGRU E.I.R.L.

Anexo 03. Políticas, estrategias, valores, principios y estructura orgánica

1) Políticas y estrategias de servicio

- a) Se valora la persona humana como el principal actor del desarrollo de las actividades de la empresa
- b) La ética y moral predomina en el desarrollo de las actividades
- c) Propicia la confianza, seguridad, puntualidad y responsabilidad en el desarrollo de las actividades
- d) Desarrolla acciones para que la empresa se líder en el rubro que le corresponde
- e) Protege y cuidado el medio ambiente al brindar el servicio de agregados para construcción
- f) Genera la satisfacción de los clientes de manera competitiva, con calidad y eficiencia
- g) Prioriza la capacitación permanente del personal
- h) Estimula al personal según el rendimiento y la rentabilidad de la empresa
- i) Evalúa y responde a los riesgos y se adecua a los niveles de seguridad estándar nacional e internacional para prever emergencias

2) Valores y principios

La empresa ha priorizado los siguientes valores.

- a) La vida de la persona es el fin supremo de la empresa
- b) Propiciamos la confianza, credibilidad y puntualidad
- c) Se actúa con veracidad y justicia
- d) Los retos y riesgos es parte de nuestro quehacer diario
- e) El compromiso y la responsabilidad es parte del nuestro profesionalismo

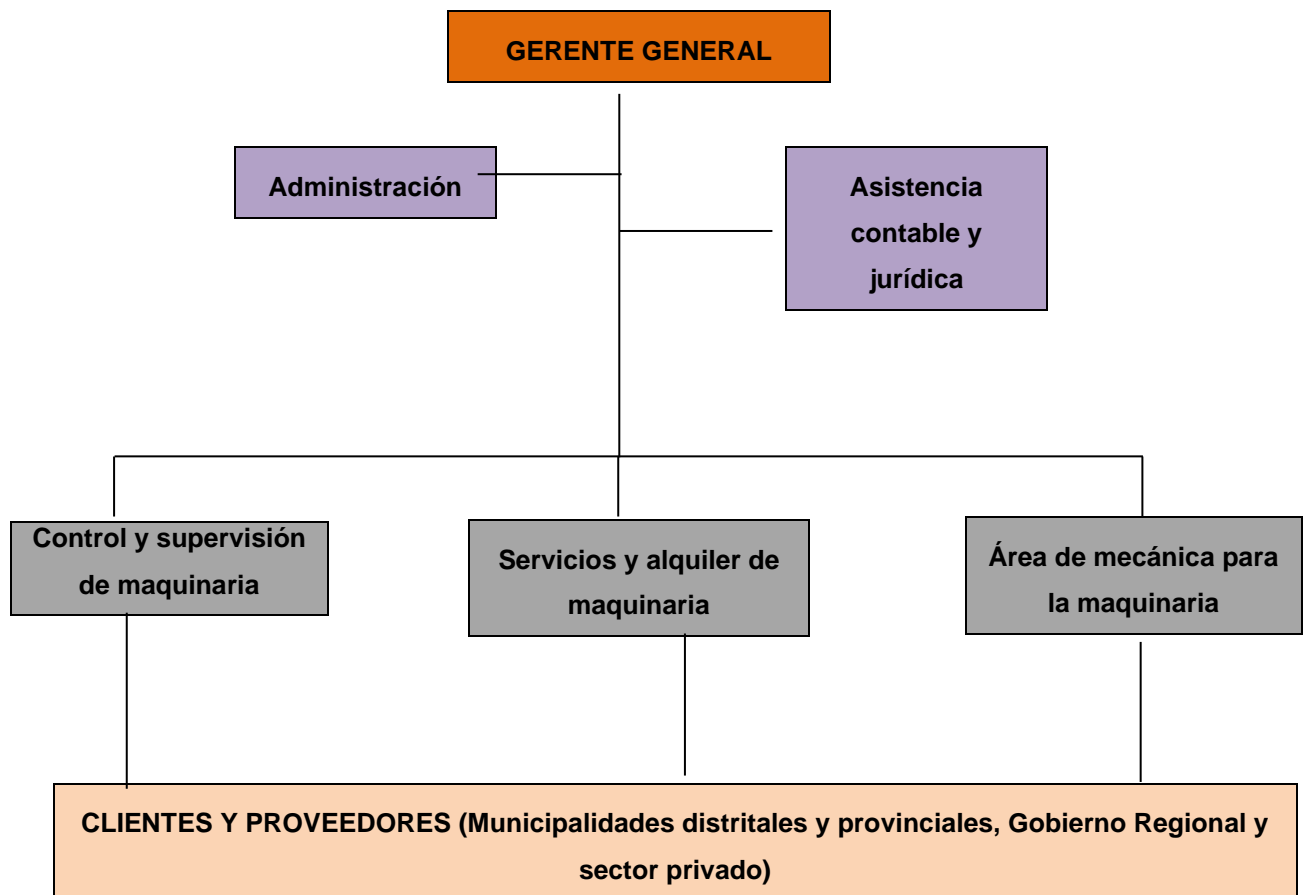
3) Organigrama de la empresa

La empresa está organizada de la siguiente manera:

- a) Cuenta con un Gerente General que conduce el destino de la empresa, acompañado por una asistencia administrativa, contable y jurídica.
- b) Cuenta con tres (3) áreas: mecánica, control y supervisión volquetes y servicios y alquiler de volquetes

c) Cuenta con clientes permanentes y esporádicos: municipalidades, gobierno regional y sector privado

A continuación, se ilustra la estructura orgánica de la empresa:



Anexo 04. Guía de observación de campo

Objetivo: Verificar si la empresa cuenta con los requerimientos mínimos para realizar mantenimiento preventivo al Camión Minero Caterpillar 793F

Nombre de la empresa:	SEMANGRU EIRL	
Dirección:	Av. La Paz. N° 2132, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca	
	si	no
1.- El personal técnico se encuentran debidamente capacitados en mantenimiento del camión minero		X
2.-El personal técnico cuenta con experiencia en mantenimiento preventivo del camión minero		X
3.-El supervisor realiza verificaciones programas del mantenimiento del camión minero		X
4.-El supervisor cuenta con las habilidades y competencias necesarias para verificar el mantenimiento del camión minero		X
5.-Se cuenta con la cantidad suficiente de personal operativo para el mantenimiento del camión minero		X
6.- La empresa cuenta con recursos físicos y tecnológicos para el mantenimiento del camión minero		X
7.- La empresa cuenta con un programa de abastecimiento de repuestos para el camión minero		X
8.-La empresa cuenta con un listado de proveedores de materiales y herramientas para el mantenimiento del camión minero		X

9.-El taller donde se hallan los materiales y herramientas se encuentra ordenado permitiendo su ubicación rápida.		X
10.-Existen materiales y herramientas que no se utilizan debido a que presentan fallas por su poco uso.		X
11.- La empresa cuenta con información inmediata (manual) para realizar el mantenimiento del camión minero		X

Anexo 05. Información del Camión Minero proporcionado por la empresa SEMANGRU EIRL



INFORMACIÓN DEL CAMION MINERO CATERPILLAR 793F

	HORAS PARADAS AL AÑO				
	2018	2019	2020	2021	Promedio
Camión Minero Caterpillar 793F	178	194	208	220	200

	2021											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Camión Minero Caterpillar 793F	16	14	18	19	18	17	18	20	20	19	20	21

	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Camión Minero Caterpillar 793F	16	17	18	17	17	17	17	18	18	18	17	20

	2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Camión Minero Caterpillar 793F	15	16	16	16	17	16	17	16	16	16	16	17

	2018											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Camión Minero Caterpillar 793F	13	15	15	16	14	14	14	15	15	15	15	17


ELMO EFRAÍN DE LA CRUZ CAJO
 Gerente General
 SEMANGRU E.I.R.L.

INFORMACIÓN DEL CAMION MINERO CATERPILLAR|793F**Cantidad de Fallas**

	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021
Enero	2	3	3	4
Febrero	3	4	4	4
Marzo	3	4	4	5
Abril	4	4	4	5
Mayo	2	5	5	5
Junio	2	4	4	4
Julio	2	5	5	5
Agosto	3	4	4	6
Setiembre	3	4	4	6
Octubre	3	4	4	5
Noviembre	3	4	4	6
Diciembre	4	5	5	6


ELMO EFRAÍN DE LA CRUZ CAJO
Gerente General
SEMANGRU E.I.R.L.

Anexo 06. Detalle de los Sistemas del Camión Minero

A.- SISTEMA DE ESTACION DE OPERADOR

La cabina del Camión Fuera de Carretera 793F es diseñada para la comodidad del operador y un acceso mejorado para el técnico. La cabina además tiene un excelente movimiento de aire en el interior con boquillas adicionales para aumentar el flujo de aire.

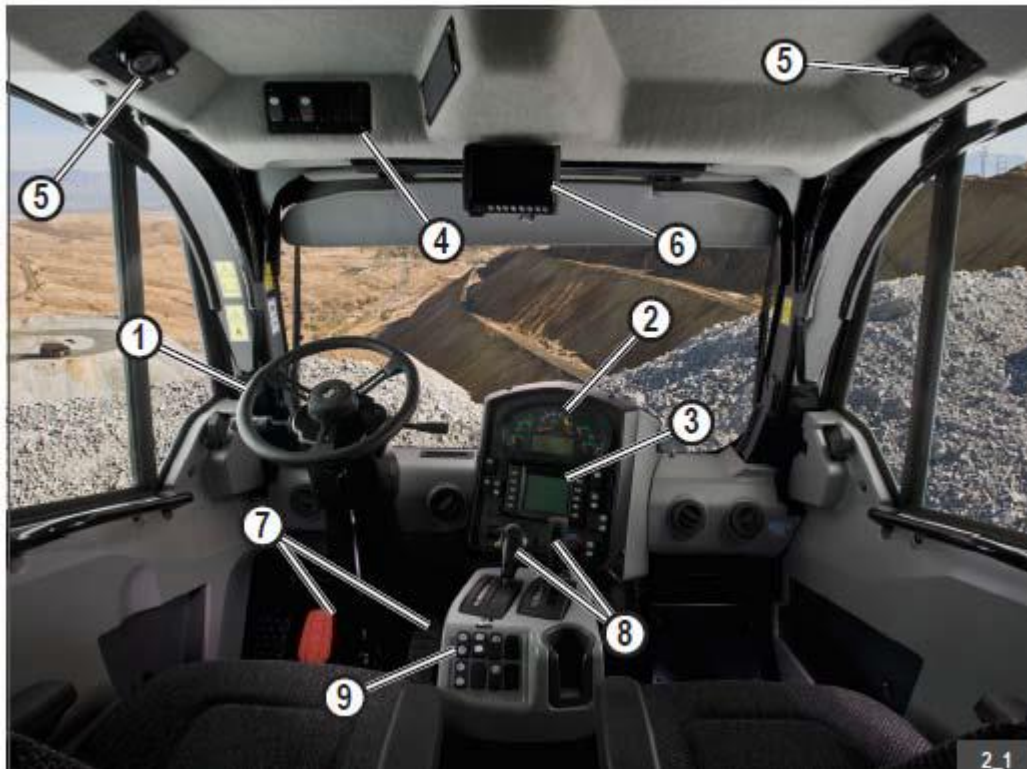
Los ECMs del equipo son accesibles a través de una tapa ubicada en el frente de la cabina. El panel de fusibles y relés están fácilmente accesibles desde la parte trasera del asiento del copiloto. El filtro del aire acondicionado está fácilmente accesible en el costado izquierdo del panel exterior.

La ubicación del limpiaparabrisas ha cambiado para aumentar la cobertura en el parabrisas, y un montaje de motor del limpiaparabrisas removible ha aumentado la facilidad del servicio para el técnico.

Esta vista desde la parte trasera de la cabina muestra la ubicación de los componentes mayores dentro de la cabina:

- Volante de dirección (1)
- Grupo de instrumento (2)
- Panel del consejero (3)
- Panel del Switch ubicado en la cabina por encima de su cabeza (4)
- Luces interiores (5)
- Monitor (WAVS) del Sistema de Visión del Área del Trabajo (6)
- Pedales del acelerador y freno (7)
- Palancas de la transmisión y levante (8)
- Panel del switch (9)

Figura 1. Sistema de Estación del Operador



Fuente: Manual del Fabricante

B.- SISTEMA DE CONTROL

El 793F está equipado con el VIMS™ 3G con consejero como el sistema de monitoreo principal. El VIMS 3G monitorea varios sistemas del Equipo y ECMs del Motor y entrega los datos del estado del equipo al panel del consejero y/o al grupo de instrumentos. El panel consejero y el grupo de instrumentos reemplazan al módulo central de mensaje y el teclado pequeño que estuvo en el camión 793D.

El grupo de instrumentos es una pantalla de la cabina que muestra al operador los estados de varios parámetros del equipo y alerta al operador de las condiciones específicas del equipo.

Los ECMs y el panel consejero comunican por el Enlace de Datos CAT. El panel consejero comunica con el grupo de instrumentos por el Enlace de Datos CAN. El VIMS modula la información recibida desde los switches y sensores del equipo a través de los ECMs del Equipo.

El VIMS 3G es un sistema innovador abordo con las siguientes características:

- Los sistemas del equipo son monitoreados por el operador / técnico.
- La información de productividad de la Carga Útil es medida por el sistema y almacenada en la memoria a bordo. Esta información puede ser descargada más adelante para análisis.
- Las condiciones anómalas del equipo y/o operación incorrecta del camión están identificadas. Los diagnósticos de estas condiciones anómalas permitirán al operador modificar la operación del equipo para corregir el problema. El técnico de servicio podrá programar el mantenimiento del equipo si la condición no se relaciona con la operación del equipo.
- La información que puede ayudar a predecir problemas potenciales antes de que la falla pueda ser identificada. Esto permite que el mantenimiento del equipo sea programado durante el intervalo de servicio de mantenimiento preventivo.
- Los módulos VIMS™ 3G utilizados en los siguientes Enlaces para transferir los datos para y desde el módulo Principal VIMS 3G:
 - Enlace de Datos Cat – Este enlace de datos de dos-cables permite la comunicación entre el VIMS 3G y los otros ECMs del Equipo.
 - Ethernet – Este enlace de datos de tres-cables permite la comunicación entre el VIMS 3G y las herramientas de servicio (notebook).
 - Enlace de Datos CAN (J1939) – El CAN es también un enlace de datos de dos cables equipado con resistencia fija en cada extremo final permitiendo la comunicación entre el modulo Principal del VIMS 3G, el módulo de Aplicación VIMS 3G, el ECM del Motor y los ECMs del Equipo.

C.- SISTEMA DE MOTOR

El C175 es un motor métrico. Algunos de los pesos de los componentes han aumentado, tales como la culata, el cual es aproximadamente 50 por ciento más pesada que los 3.500 y requerirá un dispositivo de levante.

La seguridad debe ser tomada cuando trabaje en o alrededor del sistema de combustible de alta presión a medida que las presiones puedan ser tan altas como 180 MPa (26,100 psi).

La higiene durante el servicio es crítica porque el sistema de combustible es muy sensible a los desechos en comparación a los productos 3500 / 3600.

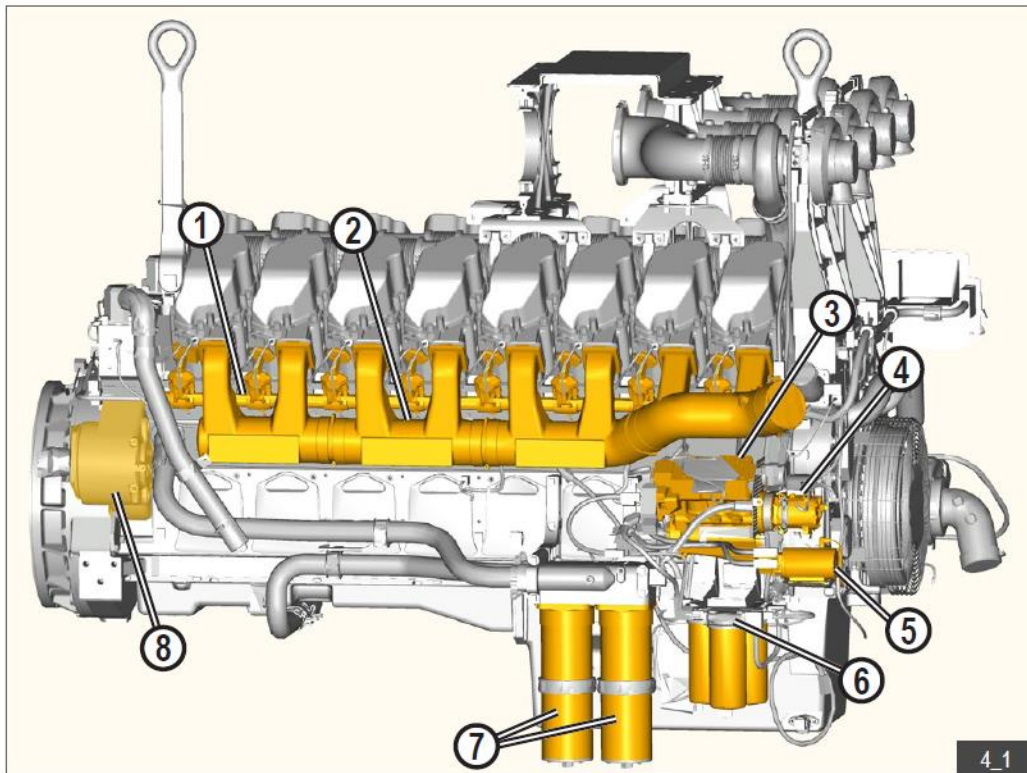
Lo siguiente enumera las características claves del motor C175:

- Sistema de combustible del conducto común (rail common) de alta presión
- Postenfriador Aire-Aire (ATAAC)
- Aumento en los caballos de fuerza
- Un Único Árbol de levas de dos piezas
- Unidad de Inyectores Electrónicos (EUI)
- Las siguientes especificaciones son para el motor C175 de 16 cilindros:
- N° de Serie. Prefijo: B7B
- Especificaciones de Desempeño: 0K7437
- Potencia Bruta: 1977 kw (2651 hp) @ 1750 rpm
- Altitud Máxima: 3353 m (11000 ft)
- Rpm Alta en Vacío: 1960 rpm
- Rpm Carga Completa: 1750 rpm
- Velocidad de pérdida T/C: 1500 ± 10 rpm
- RPM de Refuerzo en la Carga Completa: 200 ± 20 kPa (29 ± 3 psi) al nivel del mar.

En la siguiente figura muestra los componentes principales al lado derecho del motor:

- Conducto del combustible de alta presión (1)
- Colector de Admisión (2)
- Bomba de combustible de alta presión (3)
- Compresor del Aire Acondicionado (4)
- Bomba de Cebado de Combustible (5)
- Base del filtro de combustible secundario (6)
- Filtros de aceite del motor (7)
- Mando de la bomba (8)

Figura 2. Sistema Motor



Fuente: Manual del Fabricante

D.- SISTEMA HIDRÁULICO DEL VENTILADOR DEL MOTOR

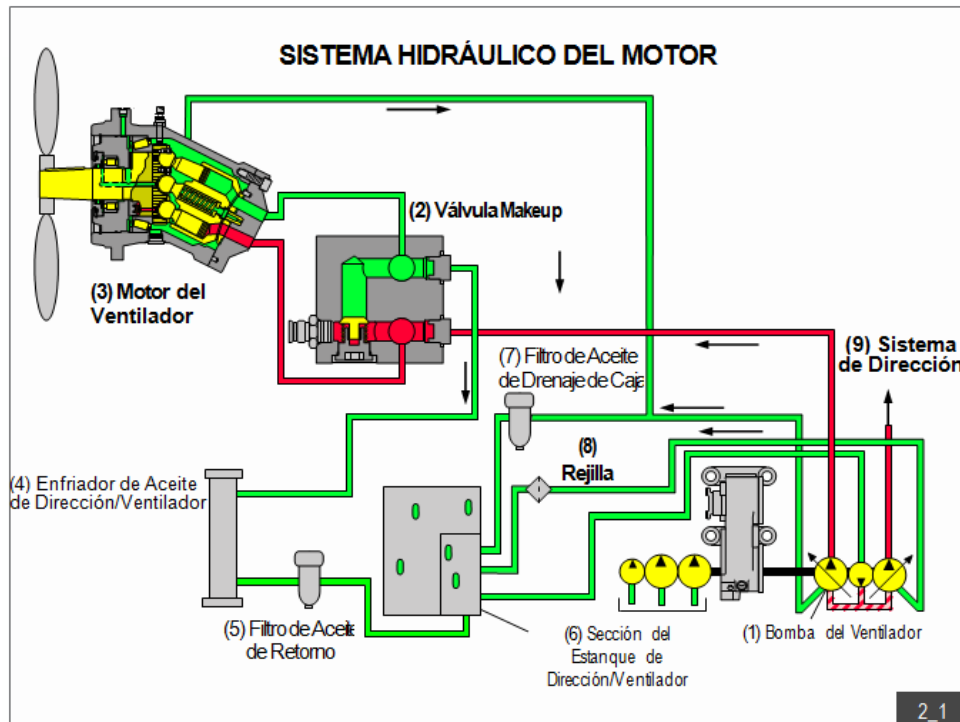
Lo que se muestra es el esquemático del sistema hidráulico del ventilador del motor del 793F. El aceite fluye desde la bomba de mando del ventilador a través de una válvula makeup (2) al motor del mando del ventilador (3). El aceite fluye desde el motor a través de la válvula makeup, el enfriador de aceite de dirección y ventilador (4) y el filtro de aceite de retorno (5) a la sección del estanque de dirección / ventilador (6). Si se suministra aceite al ventilador se detiene de repente, el ventilador y el motor pueden continuar rotando debido a la masa del ventilador. La válvula makeup permite que el aceite fluya desde el lado del retorno del circuito al lado del suministro para prevenir un vacío en la línea de suministro.

El motor del mando del ventilador es un motor de desplazamiento fijo, por lo tanto, la velocidad del ventilador es determinada por la cantidad o el flujo desde la bomba de mando del ventilador. La bomba de mando del ventilador es una bomba de tipo pistón de desplazamiento variable que es controlada por el ECM del Freno.

El aceite de drenaje de caja fluye desde el motor de mando del ventilador y la

bomba a través de un filtro de aceite de drenaje de caja (7) a la sección del estanque de dirección / ventilador.

Figura 3: Sistema Hidráulico del Motor



Fuente: Manual del fabricante.

E.- SISTEMA DE TREN DE POTENCIA

El sistema de tren de potencia del 793F está ahora equipado con una Transmisión de Control de Presión de Grupo Electrónico (ECPC) (1), el cual está electrónicamente controlada e hidráulicamente operada.

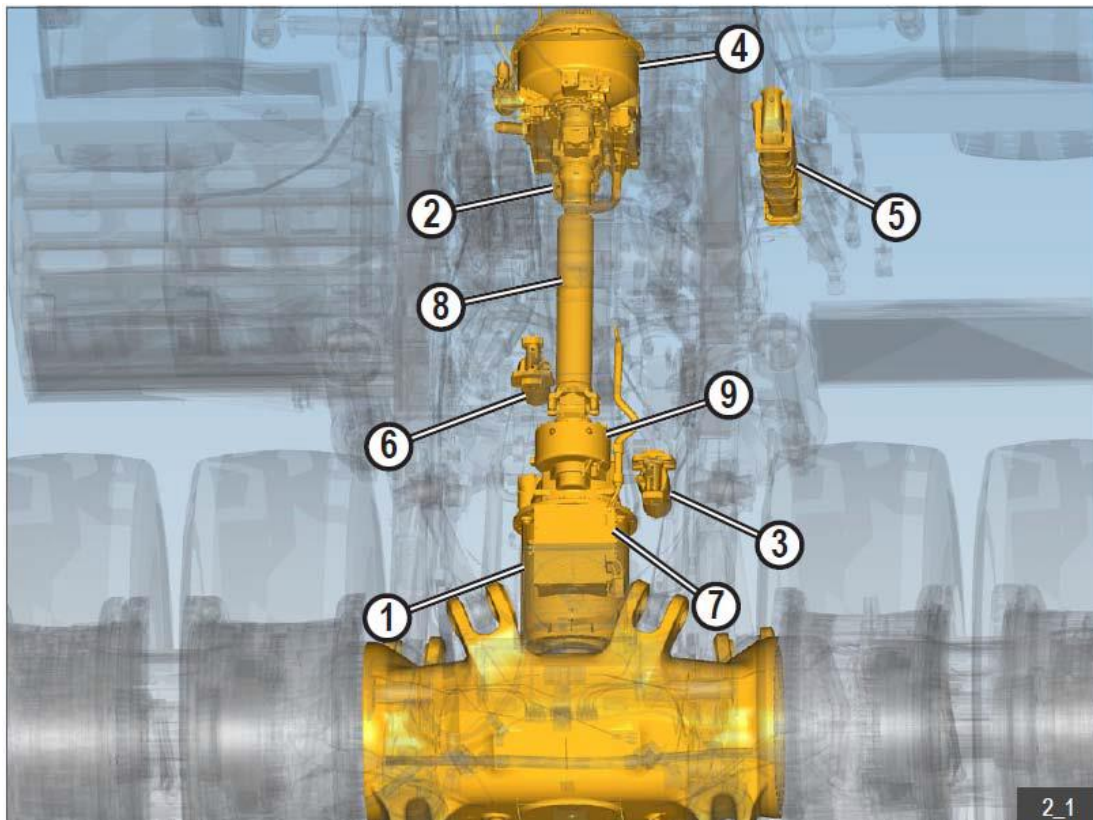
Una bomba de cuatro secciones (2) envía aceite a través del filtro de aceite del convertidor de torque (3) al convertidor de torque (4) y el enfriador de aceite (5) y a través del filtro de aceite de la transmisión (6) a la válvula de control de la transmisión (7).

La potencia fluye al motor a través del convertidor torque y el eje de mando (8) al engranaje de transferencia de salida (9) y la transmisión.

La transmisión ECPC es un diseño planetario del cambio de posición de la potencia el cual contiene seis embragues enganchados de manera hidráulica. La transmisión proporciona seis velocidades de AVANZAR y una velocidad de REVERSA. Desde

la transmisión, la potencia es transferida a los mandos del diferencial y final.

Figura 4. Sistema de Tren de Potencia



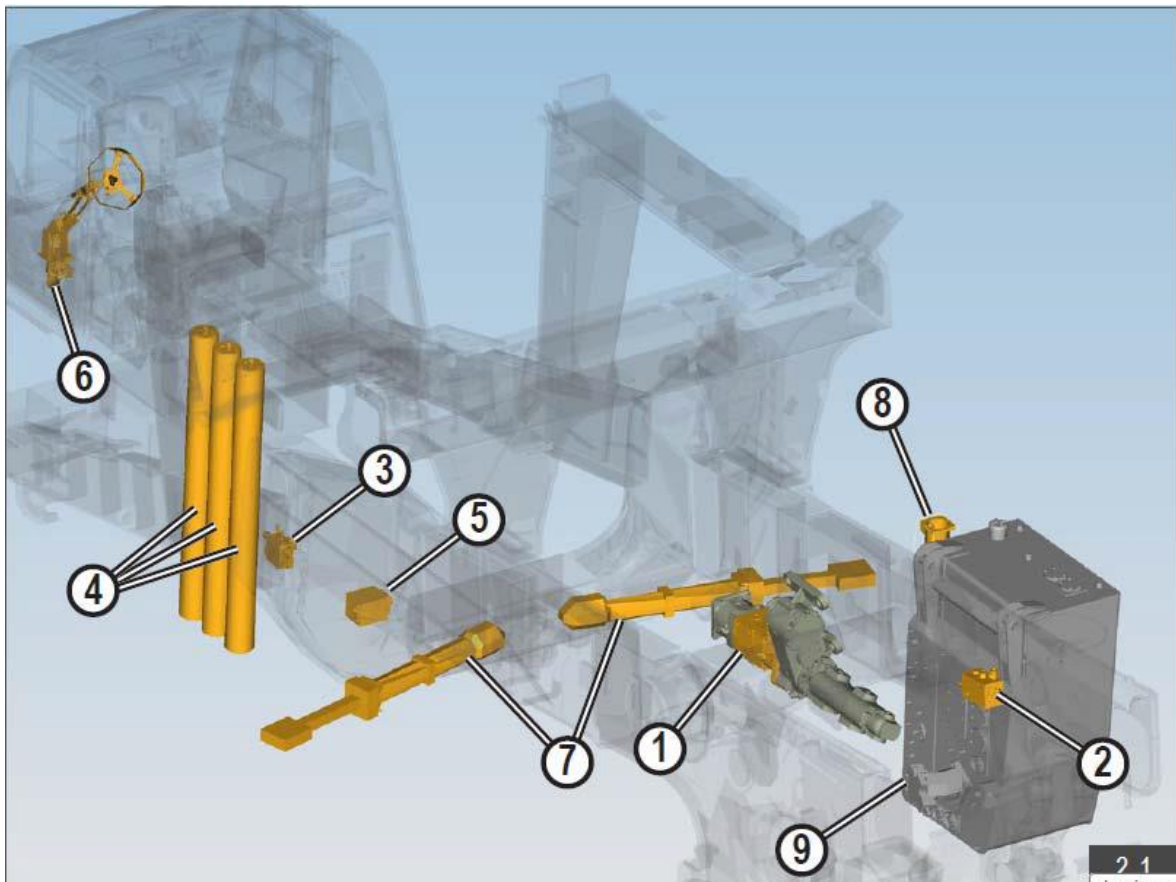
Fuente: Manual del Fabricante

F.- SISTEMA DE DIRECCION

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los siguientes componentes principales del sistema de dirección:

- Bomba de dirección (1)
- Válvula de prioridad (2)
- Colector de la válvula solenoide y alivio (3)
- Acumuladores de dirección (4)
- Válvula de control de dirección (5)
- Válvula Orbitrol (HMU) (6)
- Cilindros de dirección (7)
- Enfriador de aceite del mando de dirección y ventilador (8)
- Sección del estanque de dirección / ventilador (9)

Figura 5. Sistema de Dirección



Fuente: Manual del Fabricante

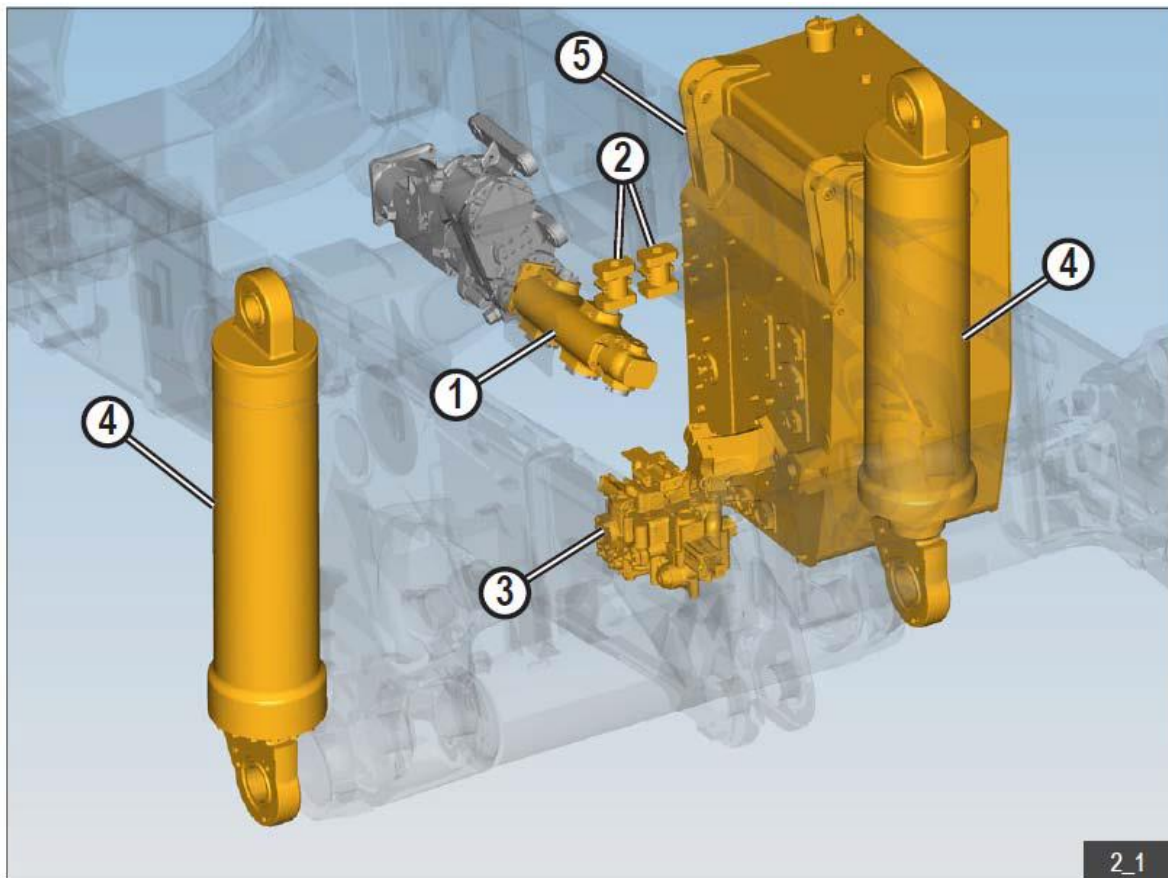
G.- SISTEMA DE LEVANTE

El sistema de levante en el camión 793F es controlado electrónicamente por el ECM del Chasis. El sistema de levante opera de manera similar al camión 793D.

Los componentes principales en el sistema de levante son:

- Palanca del control de levante y sensor de posición (en la cabina)
- Bomba de levante (1)
- Rejillas de levante (2)
- Válvula de control de levante (3)
- Cilindros de levante (4)
- Estanque de aceite hidráulico (5)

Figura 6. Sistema de Levante



Fuente: Manual del Fabricante

H.- SISTEMA DE FRENO

Los frenos de estacionamiento / secundario están enganchados por resorte y liberados hidráulicamente. Los frenos de servicio / retardador están enganchados hidráulicamente y liberados por resorte.

El sistema de actuación está equipado con una válvula de control de freno / chasis que controla las funciones de freno de servicio y estacionamiento por la vía del ECM del Freno, incluyendo el Control del Retardador Automático (ARC) y el acumulador de carga.

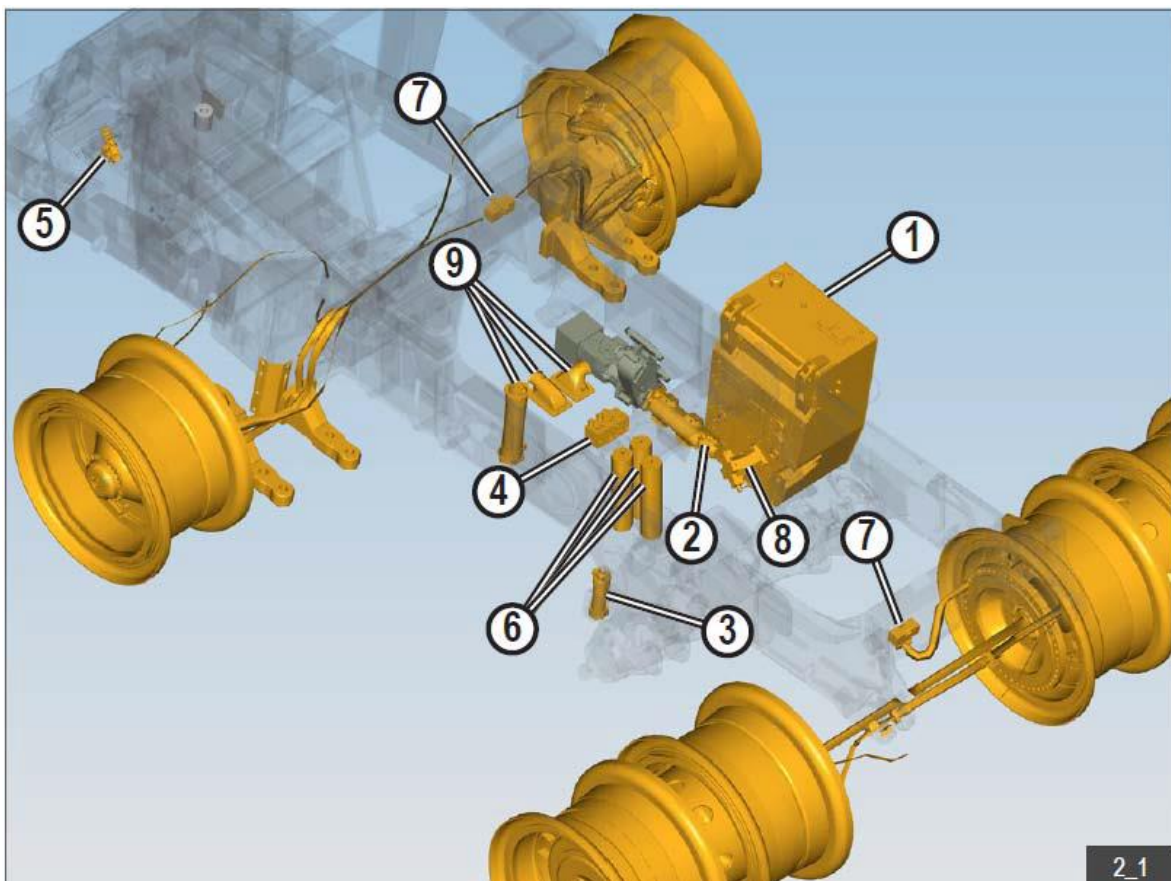
El sistema de aire en los camiones de modelos anteriores ha sido completamente removido. Para determinar las fallas más comunes que tiene el Camión Minero 793F, se tomó los datos de los historiales del mes de enero 2021 a octubre de 2021, obteniendo los principales fallos del Camión Minero 797F.

Los componentes principales en el sistema de frenado son:

- Estanque hidráulico (1)
- Bomba de freno (2)
- Filtro de aceite de freno (3)
- Válvula de control de freno / chasis (4)
- Válvula de freno de servicio (5)
- Acumuladores de freno (6)
- Slack adjusters (7)
- Motor de enfriamiento de freno (8)
- Enfriadores de freno (9)

Las bombas de enfriamiento de freno (no visible) están dirigidas por el motor de enfriamiento y están ubicadas dentro del estanco hidráulico.

Figura 7. Sistema de Frenos



Fuente: Manual del Fabricante

Anexo 07. Fallas en los Sistemas del Camión Minero

Falla del Sistema Chasis

Equipm	Sistema	Description	Task Type
TR-019	chasis	EVAL POR GOLPETEO EN CABINA Y VIBRACION EN RUEDA LH	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVAL POR VIBRACION Y GOLPETEO EN CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE JEBE DE ESCALER PRINCIPAL	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE PADS OSCILANTE POR GOLPETEO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CALIBRACION PADS TOLVA POR GOLPETEO	CA - Calibración / Ajuste / Regulacion
TR-019	chasis	EVAL POR GOLPETEO EN CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVAL POR GOLPETEO EN CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVAL POR GOLPETEO EN CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	SONIDO EXTRAÑO POR TANQUE LIMPIA PARABRISAS SUELTO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVAL SOPORTE PAD TOLVA POR GOLPETEO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REGULACION PAD DE TOLVA POR DESGASTE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CALIBRACION DE PADS DE TOLVA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	RETIRO DE PLATAFORMA DE ESCALERA RETRACTIL - MODIFICAR Y PROGRAMAR	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	AJUSTE DE PUERTAS DE CABINA RH Y LH POR INGRESO DE RUIDO EXCESIVO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE ASIENTO POR DESGASTE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVAL POR INGRESO DE RUIDO A LA CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO SECADOR DE REFRIGERANTE AIRE ACONDICIONADO POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVALUACION DE CABINA POR VIBRACION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE PERNOS Y SOPORTES DE CABINA POR DESGASTE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO MOTOR DE LIMPIA PARABRISAS POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE ASIENTO COPILOTO - USADO DEL TRO13	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVAL GOLPETEO CABINA + NIV SUSP+ CALIB PADS	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REG ESPEJO RH FUERA DE POSICION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE MANGUERA DE AIRE ACONDICIONADO POR FUGA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INSTALACION DE GUARADABARRO RH Y LH DELANTERO Y POSTERIOR	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INSTALACION DE BOTAPIEDRA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	RECARGA DE AIRE ACONDICIONADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE FAJA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	BLS REPARACION DE FISURA DE PLATAFORMA FRONTAL DE CAMION (US ITEM)	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INSTALACION DEL SISTEMA ANSUL	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO MANGUERA DE AIRE ACONDICIONADO POR RESEQUEDAD	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVALUACION DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO POR SATURACION MAS RECARGA DE GAS	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REV POR INGRESO RUIDO A CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVALUACION DE SISTEMA DE AIRE POR FALLA DE ARRANQUE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	HERMETIZACION DE CABINA POR EXCESO DE RUIDO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INSTALACION TACO DE SEGURIDAD	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REGULACION PUERTA DE CABINA POR RUIDO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INST JEBES EN PUERTA RH-LH POR INGRESO DE RUIDO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	BLM REPARACION DE SOPORTE DE RIEL DE CABINA F 90 MM F65MM Y F 40MM (US ITEM)	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	BLM REPARACION DE FISURA EN SOPORTE DE RIEL DE PLATAFORMA F170MM (US ITEM)	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INST PERNOS BASE RADIO MUSICAL POR SOLTURA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO SELLOS DE CABINA POR DESGASTE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	INSTALACION SEGURO DETONADOR DE AFEX	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE BOTA PIEDRA LH POR ENCONTRARSE DOBLADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	RECARGA DE SISTEMA ANSUL - POR DESCARGA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	BLM REPARACION DE FISURA F110 EN RIEL CENTRAL ENTRE SOPORTES DE ENFRIADORES DE FRENS (Pendiente)	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	BL INSTLACION DE SEGUROS DE TACOS - POR MEJORA	FA - Fabricar / Instalar / Facilidades
TR-019	chasis	MC MEDIR DESGASTE DE PLANCHAS DE REFUERZO DE TOLVA	MC - Monitoreo de Condiciones
TR-019	chasis	CAMBIO DE SELLOS DE COMPUERTA POSTERIOR DE CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE SELLOS DE PUERTA DE CABINA LH Y RH	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REGULACION DE CHAPA DE PUERTA DE CABINA LH	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE DISYUNTORES DE CABINA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	EVALUACION POR FALLA PLUMILLAS LIMPIA PARABRISAS	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE ASIENTO OPERADOR NUEVO POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE CINTURON DE SEGURIDAD - TRABADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	MC MEDIR DESGASTE DE PLANCHAS DE REFUERZO TOLVA	MC - Monitoreo de Condiciones
TR-019	chasis	MC SEGUIMIENTO DEL DESGASTE DE PLANCHAS - UT & DUREZA	IN - Inspección
TR-019	chasis	INSTALACION DE SELLOS PUERTA POR INGRESO RUIDO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REPARACION DE ASIENTO POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE SELLOS DE PUERTAS DE CABINA LH/RH - MAL ESTADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	CAMBIO DE BLOWER DE A/C - FALLA INTERNA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	chasis	REV SIST AC POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos

Falla del Sistema Dirección

Equipm	Sistema	Description	Task Type
TR-019	direccion	CAMBIO DE MANGUERA DE CILINDRO DE DIRECCION LH POR RESEQUEDAD	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO FILTRO DE DIRECCION POR CONTAMINACION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	MUESTREO DE ACEITE DIRECCION POR MONITOREO	MC - Monitoreo de Condiciones
TR-019	direccion	EVAL SISTEMA DE DIRECCION POR CONTAMINACION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	NIVELACION DE ACIETE DE DIRECCION POR EXCESO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE SWITCH DE DERIVACION DE FILTRO DE DIRECCION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO FILTRO DRENAJE BBA DE DIRECCION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO MANGUERA DE DIRECCION A MULTIPLE DE PRIORIDAD	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO MANGUERA REJILLA DIRECCION POR FUGA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE MANGUERA DE PILOTAJE EN VALVULA DE PRIORIDAD	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE ROTULA DE DIRECCION POS 03	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO SENSOR DE NIVEL DIRECCION POR FUGA NIVEL 2	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO MANGUERA VALVULA ALIVIO ACUMUMULADORES DIRECCION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO MANGUERA VAVULA DE PRIORIDAD DIRECCION POR FUGA NIVEL 1	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE VALVULAS DE PURGA DE ACUMULADOR POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE MANGUERA DE SISTEMA DE DIRECCION POR FUGA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	EVALUACION POR EVENTO TEMP ALTA ACEITE DIRECC	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO VALVULA DE ALIVIO DIRECCION POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE MANGUERA BOMBA DE DIRECCION POR FUGA WONG RC-8078	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE SELLOS VALVULA CONTROL DIRECCION POR FUGA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	direccion	CAMBIO DE MANGUERA DE CILINDRO DE DIRECCION DE BYPASS - DAÑADO	GR - Reparaciones Correctivos

Falla del Sistema Eléctrico

Equipm	Sistema	Description	Task Type
TR-019	elctrico	CAMBIO DE BOTON CLAXON POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE SENSOR POSICION TOLVA POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	ELECTRICO	EVENTO ELECTRICO ENLACE DATOS TCM	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE RELAY DE LUCES POSTERIORES DE TRABAJO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REVISION DEL HARNES FRONTAL DEL TERMOSTATO ELECTRONICO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE FARO DIRECCIONAL FRONTAL RH POR FALLA INTERNA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION POR FALLA DE PTT DE RADIO DE COMUNICACION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REPARACION DE CABLE Y REPARACION DE ANTENA DE RADIO DE COMUNICACION	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE FAJA ALTERNADOR POR DESGASTE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REV RADIO COMUNIC POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO FARO DE LUZ PARQUEO POSTERIOR POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION Y CAMBIO DE LUCES DIRECCIONALES LADO LH POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION POR FALLA DE CAMARA POSTERIOR	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CONFIGURACION DE PAYLOAD-SOBRECARGA-CONFIGURAR SEVERIDAD DEL RAC-ACTIVACION DEL CFM	CA - Calibración / Ajuste / Regulacion
TR-019	elctrico	CALIBRACION DE BALANZA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO BATERIA POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION Y REPARACION DE HARNES DE LUCES LATERALES Y POSTERIORES	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION SISTEMA LUCES DELANTERAS RH Y LH POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE FUSIBLE TERMICO DE LUCES DE TRABAJO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE INTERRUPTOR DE CAMARAS - DAÑADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	Hudbay INSTALACION DE MEMS	FA - Fabricar / Instalar / Facilidades
TR-019	elctrico	INSTALACION DE BASE DE TABLERO ELECTRICO MISENSE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE CAMARA DE RETROCESO POR BAJA VISIBILIDAD	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE PALANCA MULTIFUNCION POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO RELAY COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REVISION SISTEMA DE LUCES	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVAL EVENTO ANTIVOLTEO ACTIVO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REPARACION HARNES DE LUCES LATERALES INTERMITENTES POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVENTO ELECTRICO POR FALLA HARNES SENSOR SEPARADOR DE AGUA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	PROGRAMACION DE PANTALLA CAMARA DEL-POS POR FALLA	CA - Calibración / Ajuste / Regulacion
TR-019	elctrico	EVALUACION DE EQUIPO POR EVENTO DE SEÑAL ANORMAL	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE FAJA ALTERNADO POR DESGASTE	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION POR FALLA ELECTRICA DE VOLTAJE DE ALIMENTACION DE 8 VOLTIOS	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE FARO DELANTERO RH QUEMADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REVISION DE LUCES DE RETROCESO POR EVENTO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION POR CORTOCIRCUITO LUCES DE RETROCESO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO RELAY MOTOR LIMPIAPARABRISAS POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	REPARACION DE HARNES DE SWITCH DE CLAXON	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION SISTEMA ELECTRICO FALLA ENLACE DATOS ENTRE ECM	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE SWITCH DE LUCES DE PLATAFORMA POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION DE EVENTOS ELECTRICOS	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	EVALUACION POR EVENTOS ACTIVOS	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	INSTALACION DE ANTENA DE RADIO DE COMUNICACION POR FALLA	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE SWITCH DE LUCES DE PARQUEO - DAÑADO	GR - Reparaciones Correctivos
TR-019	elctrico	CAMBIO DE BATERIAS POR HORAS DE SERVICIO	GR - Reparaciones Correctivos

Falla del Sistema Freno

Equipm	Sistema	Description
TR-019	freno	CAMBIO DE MANGUERA DE ENFRIAMIENTO DE FRENO POR FUGA NIVEL 3
TR-019	freno	REV RETARDADOR INOPERATIVO
TR-019	freno	CAMBIO DE MANGUERA ACUMULADOR DE FRENO POR PRESENTAR FUGA DE ACEITE NIVEL 2
TR-019	freno	FALLA DE HARNESS DE MOTOR REMOLQUE DE LIBERACION FRENO
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA DE ENFRIAMIENTO DE FRENO POR FUGA NIVEL 3
TR-019	freno	CAMBIO DE SWITCH DE RESTRICCION DE FILTRO DE ACTIVACION DE FRENO
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA MOTOR ENFRIAMIENTO DE FRENO POR FUGA
TR-019	freno	CAMBIO DE SELLO DE SENSOR DE VELOCIDAD DE MOTOR DE ENFRIAMIENTO DE FRENO
TR-019	freno	CAMBIO SOLENOIDE MOTOR ENFRIAMIENTO FRENO POR FALLA
TR-019	freno	CAMBIO SOLENOIDE GOMA ENFRIAMIENTO FRENO POR EVENTO ACTIVO
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA REJILLA ENFRIAMIENTO FRENO POR FUGA NIVEL 2
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA VALVULA DESCARGA DE FRENO FUGA NIVEL 2
TR-019	freno	CAMBIO SELLO CUERPO VALVULA DESCARGA DE FRENO POR FUGA NIVEL 2
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA ENFRIAMIENTO FRENO RUEDA LH POR FUGA NIVEL 3
TR-019	freno	CAMBIO DE SELLO DE FILTRO DE CARGA DE FRENO POR FUGA DE ACEITE
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA ENFRIAMIENTO DE FRENO POR FUGA DE NIVEL 2
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA FRENO DE SERVICIO POR FUGA NIVEL 2
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA FILTRO FRENO POR FUGA
TR-019	freno	EVALUACION POR EVENTO DE BAJA PRESION DE BOMBA DE FRENO
TR-019	freno	EVALUACION SISTEMA FRENO SERVICIO POR FALLA
TR-019	freno	CAMBIO MANGUERA DE ACUMULADOR DE FRENO POR FUGA
TR-019	freno	CAMBIO DE VALVULA DE CONTROL DE FRENO DE SERVICIO
TR-019	freno	CAMBIO DE CONECTORES DE HARNESS DE CONTROL DE VALVULA DE FRENO
TR-019	freno	PRESURIZACION DE PAQUETE DE FRENOS RH Y LH
TR-019	freno	CAMBIO DE MANGUERAS DE SISTEMA DE FRENO
TR-019	freno	EVALUACION POR EVENTO DE RECALENTAMIENTO DE SISTEMA DE FRENOS
TR-019	freno	RECARGA DE ACUMULADORES DE FRENO DE SERVICIO
TR-019	freno	EVALUACION DE SISTEMA DE FRENOS
TR-019	freno	CAMBIO DE SLACK POSTERIOR POR FALLA
TR-019	freno	CAMBIO DE VALVULA DE CONTROL DE FRENO - USADO
TR-019	freno	CAMBIO DE MANGUERA DE ENFRIAMIENTO DE FRENO POR FUGA
TR-019	freno	EVALUACION POR TEMP ALTA DE FRENOS
TR-019	freno	EVALUACION MOTOR BOMBA ENFRIAMIENTO FRENO POR EVENTO - MONTAJE BOMBA USADA TR02
TR-019	freno	CAMBIO DE SOLENOIDE DE MOTOR ENFRIAMIENTO FRENO POR FALLA
TR-019	freno	EVALUACION DE EVENTO COMANDO DE BOMBA ENFRIAMIENTO NO RESPONDE
TR-019	freno	CAMBIO DE SELLOS MANGUERA BOMBA FRENO POR FUGA
TR-019	freno	CAMBIO DE MANGUERA ENFRIAMIENTO FRENO RUEDA RH POR FUGA
TR-019	freno	CAMBIO DE MANGUERA REFRIGERANTE ENFRIAMIENTO DE FRENO POR FUGA
TR-019	freno	CAMBIO DE SENSOR DE TEMPERATURA DE ACEITE DE FRENO POR EVENTO ACTIVO
TR-019	freno	CAMBIO SLACK DELANTERO POR FALLA
TR-019	freno	CAMBIO VALVULA DE FRENO POR ACCIONAMIENTO DE RETARDADOR CON FALLA
TR-019	freno	REVISION Y CAMBIO DE SWITCH DE RETARDADOR POR FALLA
TR-019	freno	REPARACION DE SLACK DELANTERO POR FALLA

Falla del Sistema Levante

Equipm	Sistema	Description
TR-019	levante	REV FUGA ACEITE HYD
TR-019	levante	CALIBRACION BAJADA DE TOLVA POR GOLPETEO
TR-019	levante	CAMBIO DE MANGUERA DE CILINDRO DE LENAMTE POR FUGA
TR-019	levante	CAMBIO PIN SEGURO DE TOLVA POR CAIDA
TR-019	levante	CAMBIO MANGUERA TANQUE HYD A REJILLA ENFRIAMIENTO FRENO
TR-019	levante	INSTALACION CABLE RETENCION DE TOLVA POR SOLTURA
TR-019	levante	SOLDEO DESEGURO PIN CYL DE LEVANTE RH Y LH POR DESGASTE
TR-019	levante	CALIBRACION DE SHIMS PAD TOLVA POR GOPETEO
TR-019	levante	CAMBIO SELLO SISTEMA HYD POR FUGA
TR-019	levante	MC MEDIR ESPESORES Y DUREZA DE PLANCHAS DE REFUERZO TOLVA
TR-019	levante	CORRECCION DE FUAGA NIVEL 2 ACEITE HYD
TR-019	levante	FUGA DE ACEITE ACEITE HYD POR LINEAS CILINDRO LEVANTE LH
TR-019	levante	CAMBIO DE MANGUERAS HYD DE RETORNO AL TANQUE
TR-019	levante	CAMBIO DE MANGUERA DE LEVANTE POR FUGA
TR-019	levante	EVALUACION DEL SIST LEVANTE POR REACCION LENTA
TR-019	levante	CAMBIO DE TOMA MUESTRA DE ACEITE HYD DAÑADO
TR-019	levante	CAMBIO DE SELLOS SCREEN LEVANTE POR FUGA
TR-019	levante	CAMBIO DE SELLO DE CODO DE TOMA DE MUESTRA DE FILTRO HYD
TR-019	levante	EVALUACION POR PASE DE ACEITE DIRECCION A HYD
TR-019	levante	INSTALACION DE CABLES SUJECION TOLVA POR SOLTURA
TR-019	levante	CAMBIO TOMA RAPIDA DE ACEITE HYD DAÑADA

Falla del Sistema tren de potencia

Equipm	Sistema	Description
TR-019	tren de potencia	EVAL POR RUIDO EN RUEDAS DELANTERAS
TR-019	tren de potencia	EVAL POR PRESION BAJA ACEITE DIFERENCIAL
TR-019	tren de potencia	EVALUACION POR GOLPETEO TRANSMISION + CAMBIO VALVULA CONTRABALANCE LEVANTE POR FALLA

Equipm	Sistema	Description
TR-019	motor	EVAL POR EVENTO FMI MODULO TEMPERATURA DE REFRIGERANTE
TR-019	motor	CAMBIO SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE
TR-019	motor	CAMBIO DE SENSOR PRESION DE BOMBA DE TRANSFERENCIA
TR-019	motor	CAMBIO DE SENSOR PRESION DE COMBUSTIBLE
TR-019	motor	REV EVENTO INYECTOR P07
TR-019	motor	CAMBIO DE ACEITE MOTOR Y FILTROS POR CONTAMINACION
TR-019	motor	EVAL DE MOTOR POR PASE DE COMBUSTIBLE
TR-019	motor	EVALUACION POR FUGA DE COMBUSTIBLE EN COMMON RAIL
TR-019	motor	TOMA DE MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR POR SEGUIMIENTO
TR-019	motor	EVALUACION DE MOTOR POR DILUSION - AGREGA ADITIVO
TR-019	motor	EVALUACION Y CORRECCION DE EVENTO FMI 6 INYECTOR DE COMBUSTIBLE POS 2
TR-019	motor	EVALUACION POR FALLA DE SWITCH DE PARADA DE MOTOR EN STANDBY
TR-019	motor	REV POR APAGADO INTIMPETIVO DE MOTOR
TR-019	motor	EVAL POR FUGA ACEITE MOTOR
TR-019	motor	CAMBIO SENSOR FILTRO SEP COMBUSTIBLE POR FALLA
TR-019	motor	CAMBIO SELLO DE TUBERIA DE SUCCION A BOMBA DE ACEITE
TR-019	motor	EVALUACION DE HARNES DE INYECTORES
TR-019	motor	EVAL EVENTO INYECTOR COMBUSTIBLE P10-12
TR-019	motor	REV POR EVENTO SENSOR PRESION ACEITE MOTOR
TR-019	motor	CAMBIO DE SENSOR PRESION ACEITE DE MOTOR
TR-019	motor	BLS EXTRACCION DE PERNO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE EN FRAME (US ITEM)
TR-019	motor	CAMBIO DE LINEAS DE AGUA FALTANTES
TR-019	motor	REPUESTOS FALTANTES PARTE 02
TR-019	motor	EVALUACION POR SONIDO EXTRAÑO EN ESCAPE + CAMBIO ABRAZADERAS Y BELLOW
TR-019	motor	EVALUACION POR FUGA DE COMBUSTIBLE
TR-019	motor	EVALUACION SENSOR DEL ACCELERADOR DE MOTOR POR EVENTO ELECTRICO
TR-019	motor	CAMBIO HOUSE TUBERIA DE ESCAPE
TR-019	motor	REV POR EVENTO DIF TEMP ESCAPE
TR-019	motor	CAMBIO DE FAJA-POLEA LOCA DE ALTERNADOR POR DESGASTE
TR-019	motor	CAMBIO DE SWICHT DE BLOQUEO DE MOTOR POR FALLA
TR-019	motor	EVALUACION POR FALLA DE ARRANQUE
TR-019	motor	CAMBIO SENSOR TEMPERATURA DE SALIDA BOMBA DE AGUA POR FALLA
TR-019	motor	CAMBIO DE INYECTOR POS 15 POR FMI 7
TR-019	motor	CAMBIO DE HARNES DE MOTOR POR FALLA INTERNA
TR-019	motor	EVALUACION POR EVENTO ACTIVO CORRIENTE BAJO LO NORMAL INYECTOR POS 04
TR-019	motor	CAMBIO DE INYECTOR POS 05 POR FMI 7
TR-019	motor	CAMBIO DE INYECTOR POS 4 POR FMI7
TR-019	motor	CAMBIO DE MANGUERA DE PRELUBRICACION POR FUGA
TR-019	motor	CAMBIO DE INYECTORES POS 2 Y 4 POR FMI 7 GARANTIA
TR-019	motor	APOYO EN ARRANQUE POR BAJA PRESION DE AIRE
TR-019	motor	CAMBIO DE GOBERNADOR DE AIRE POR FUGA
TR-019	motor	CAMBIO SENSOR PRESION DE AIRE POR FALLA
TR-019	motor	CAMBIO GASKET TAPA GIRO VOLANTE MOTOR POR FUGA
TR-019	motor	Cambio de inyector Nro 01 por FMI 7
TR-019	motor	INSTALACION DE TUBO DE ESCAPE POR CAIDA
TR-019	motor	CAMBIO MANGUERA DE REFRIGERANTE POR FUGA NIVEL 2
TR-019	motor	AJUSTE NIPLE VALVULA DRENAJE REFRIGERANTE POR FUGA
TR-019	motor	CAMBIO DE INYECTOR DE COMBUSTIBLE POS 12 POR EVENTO FMI 7- GARANTIA
TR-019	motor	EVALUACION DE EVENTO DE BAJO NIVEL DE COMBUSTIBLE
TR-019	motor	CAMBIO CONECTORES SENSOR VELOCIDAD SALIDA TRANSMISION
TR-019	motor	CAMBIO DE SELLOS DE LINEAS DE RETORNO DE COMBUSTIBLE POR FUGA NIVEL 2
TR-019	motor	EVALUACION SISTEMA DE ARRANQUE
TR-019	motor	CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE PRIMARIOS Y SECUNDARIOS
TR-019	motor	CAMBIO DE VALVULAS FILTROS Y SENSOR SIST COMBUSTIBLE POR FALLA
TR-019	motor	CAMBIO DE FAJA ALTERNADOR POR DESGASTE
TR-019	motor	CAMBIO DE FAJA COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO POR DESGASTE
TR-019	motor	APOYO EN ARRANQUE POR BAJA PRESION EN EL SISTEMA
TR-019	motor	CAMBIO ABRAZADERA MULTIPLE DE ESCAPE POR FALLA
TR-019	motor	CAMBIO DE COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO POR FALLA
TR-019	motor	CAMBIO DE SELLOS TUBERIA RETORNO COMBUSTIBLE CYL 13-15 POR FUGA
TR-019	motor	EXANCO INSTALACION DE SISTEMA DE APAGADO AUTOMATICO AL EQUIPO AL ACTIVARSE SCI
TR-019	motor	CAMBIO DE MANGUERA DE VALVULA MAKEUP POR FUGA
TR-019	motor	EVALUACION POR FUGA DE REFRIGERANTE - se cambia manguera
TR-019	motor	CAMBIO DE HARNES DE INYECTOR POS 04
TR-019	motor	CAMBIO DE KIT LINE 06 08 10 POR FUGA DE COMBUSTIBLE
TR-019	motor	EVALUACION POR PERDIDA POTENCIA MOTOR - Se usa harness TR-013 Se realiza BL
TR-019	motor	CAMBIO DE VALVULA FCV POR FALLA

Falla del Sistema Partida de Aire

Equipm	Sistema	Description
TR-019	partida de aire	CAMBIO DE MANGUERA DE AIRE - SISTEMA DE ARRANQUE
TR-019	partida de aire	CAMBIO DE INYECTOR DE GRASA POR FUGA NIVEL 3
TR-019	partida de aire	APOYO EN ARRANQUE POR BAJA PRESION DE AIRE
TR-019	partida de aire	CAMBIO DE GOBERNADOR DE AIRE
TR-019	partida de aire	APOYO CON AIRE PARA ARRANQUE
TR-019	partida de aire	APOYO DE ARRANQUE POR BAJA PRESION DE AIRE Y BAJO VOLTAJE
TR-019	partida de aire	CAMBIO DE MANGUERA SECADOR A TANQUE DE AIRE POR FUGA
TR-019	partida de aire	CAMBIO DE INYECTOR GRASA SUSP DIZ POR FUGA
TR-019	partida de aire	CAMBIO ADAPTADOR DE ENGRASE POR FUGA
TR-019	partida de aire	CAMBIO MANGUERA SISTEMA DE ENGRASE POR FUGA
TR-019	partida de aire	CAMBIO VALVULA AIRE DE COMPRESOR POR FALLA
TR-019	partida de aire	CAMBIO BOMBA DE ENGRASE POR FALLA
TR-019	partida de aire	CAMBIO VALVULA SOLENOIDE PASO DE AIRE A TANQUE DE GRASA
TR-019	partida de aire	EVALUACION DE SIST ENGRASE AUTOM POR EVENTO
TR-019	partida de aire	REVISION DEL SIST AUTOLUBRICACION POR FALLA

Falla del Sistema Suspensión

Equipm	Sistema	Description
TR-019	suspension	CAMBIO DE BEARING EN CHUMASERA SUSPENSION RH
TR-019	suspension	LAVADO SUSP DELANTERAS RH-LH POR GOLPETEO CABINA
TR-019	suspension	LAVADO DE SUSPENSIONES POSTERIORES - LIMPIEZA VALVULA CARGA
TR-019	suspension	RECARGA SUSPENSIONES POSTERIORES LH Y RH
TR-019	suspension	EVALUACION SUSPENSION POR GOLPETEO
TR-019	suspension	EVALUACION POR GOLPETEO EN LA SUSPENSION LH
TR-019	suspension	EVALUACION POR GOLPETEO EN LA SUSPENSION LH
TR-019	suspension	NIVELACION DE SUSPENSIONES DELANTERAS
TR-019	suspension	CAMBIO DE SEGURO DE PIN LINK INFERIO LH POR FALTANTE
TR-019	suspension	NIVELACION DE SUSPENSIONES DELANTERAS POSTERIORES POR GOLPETEO
TR-019	suspension	NIVELACION DE SUSPENSIONES
TR-019	suspension	EVALUACION DE LINK DE SUSP INFER Y SUPER LH
TR-019	suspension	TR-019: NIVELACION SUSPENSIONES DEL-POST POR GOLPETEO
TR-019	suspension	REV Y NIV SUSPENSIONES DDE-DIZ
TR-019	suspension	LAVADO Y NIVELACION DE SUSPENSIONES POR GOLPETEO
TR-019	suspension	CAMBIO DE INYECTOR GRASA DE SUSPENSION DIZ POR FUGA
TR-019	suspension	LUBRICACION SUSP DELANTERAS POR GOLPETEO + EVALUACION POR RUIDO EN CABINA
TR-019	suspension	BLM REPARACION POR JUEGO EXCESIVO EN LINK DE SUSPENSION

Falla del Sistema Transmisión

Equipm	Sistema	Description
TR-019	transmision	TRANSMISSION PUMP - Bomba de Transmision+CAMBIO DE SELLOS DE SCREEN DE TX- FUGA
TR-019	transmision	MONITOREO DE EQUIPO EN RUTA POR GOLPETEO
TR-019	transmision	MONITOREO DE EQUIPO POR GOLPETEO
TR-019	transmision	EVAL POR VIBRACION DE EQUIPO
TR-019	transmision	CAMBIO DE SENSOR DE VELOCIDAD DE TX POR FALLA
TR-019	transmision	CALIBRACION DE TX
TR-019	transmision	EVALUACION Y MONITOREO POR GOLPETEO DE TX
TR-019	transmision	REV FUGA ACEITE CONVERTIDOR
TR-019	transmision	EVALUACION CODIGO ACTIVO SEÑAL ANORMAL SENSOR DE VELOCIDAD 1
TR-019	transmision	EVAL CODIGO ELECTRICO SENSOR DE VELOCIDAD SALIDA TX 01 SEÑAL ANORMAL
TR-019	transmision	CAMBIO MANGUERA DE MOTOR RAX
TR-019	transmision	CAMBIO DE SELLOS EN TUBERIA DE BBA CONVERTIDOR POR FUGA N2
TR-019	transmision	CAMBIO SELLOS TUBERIA DE SUCCION BBA PRINCIPAL POR FUGA N2
TR-019	transmision	CAMBIO DE MANGUERA ENFRIAMIENTO DE RUEDA RH SUPERIOR
TR-019	transmision	CAMBIO DE MANGUERA ENFRIAMIENTO DE RUEDA RH INFERIOR
TR-019	transmision	EVALUACION DE GOLPETEO ENTRE MARCHAS
TR-019	transmision	CAMBIO MANGUERA MOTOR RAX POR FUGA
TR-019	transmision	CALIBRACION DE TX POR GOLPETEO
TR-019	transmision	EVALUACION POR GOLPETEO TRANSMISION
TR-019	transmision	CAMBIO CONECTORES SENSOR DE VELOCIDAD SALIDA TRANSMISION N1 POR CODIGO ELECTRICO
TR-019	transmision	CAMBIO SELLO DEL CONVERTIDOR POR FUGA
TR-019	transmision	CALIBRACION PRESION DE SALIDA CONVERTIDOR
TR-019	transmision	CAMBIO DE RESPIRADERO MF DAÑADO
TR-019	transmision	CAMBIO SENOR DE NIVEL ACEITE TRANSMION POR FALLA
TR-019	transmision	CAMBIO DE ECM DE TX POR NO SINCRONIZACION
TR-019	transmision	CAMBIO DE SENSORE DE VELOCIDAD DE SALIDA DE TX POS 1 Y 2
TR-019	transmision	CAMBIO MANGUERA MOTOR RAX POR FUGA NIVEL 2
TR-019	transmision	CAMBIO DE MANGUERA DE TX POR FUGA
TR-019	transmision	CAMBIO MANGUERA LUBRICACION DE TX POR FUGA DE NIVEL 1
TR-019	transmision	CALIBRACION SENSOR DE VELOCIDAD SALIDA TRANSMISION
TR-019	transmision	EVALUACION CODIGOS ELECTRICOS VELOCIDAD DE SALIDA TRANSMISION
TR-019	transmision	REPARACION HARNESS SENSOR NIVEL ACEITE TRANSMISION POR FALLA ELECTRI CA
TR-019	transmision	EVALUACION POR FUGA POR MANDO FINAL LH
TR-019	transmision	CORRECCION DE FUGA ACEITE POR TAPA DIFERENCIAL
TR-019	transmision	EVALUACION EVENTO ELECTRICO FMI9 SENSOR DE VELOCIDAD DE TX
TR-019	transmision	EVENTO ELECTRICO SENSOR DE VELOCIDAD SALIDA DE TX
TR-019	transmision	CAMBIO DE MANGUERA DE RETORNO DE ENFIRMAIENTO DE RAX
TR-019	transmision	REPARACION DE HARNESS DE SENSOR DE VELOCIDAD DE SALIDA DE TX
TR-019	transmision	INSTALACION DE PERNOS TAPA INSP DIFERENCIAL POR FUGA
TR-019	transmision	EVALUACION POR SONIDO EXTRAÑO RUEDA LH
TR-019	transmision	CAMBIO DE CONTROL DE MARCHAS POR ATASCAMIENTO
TR-019	transmision	CAMBIAR VALVULA MODULADORA DE LOOKUP
TR-019	transmision	CAMBIAR VALVULA MODULADORA DE LOOKUP 2, 5 , 6
TR-019	transmision	CALIBRACION DE TRANSMISION
TR-019	transmision	CAMBIO SENSOR DE VELOCIDAD DE SALIDA DE TRANSMISION N 2
TR-019	transmision	CAMBIO SENSOR DE VELOCIDAD DE SALIDA DE TRANSMISION N 1
TR-019	transmision	CAMBIO DE SELLO DE VALVULA TCS POR FUGA
TR-019	transmision	EVALUACION Y CAMBIO DE VALVULA SOLENOIDE DEL ARC DELANTERO Y POSTERIOR POR FALLA
TR-019	transmision	EVALUACION POR GOLPETEO TRANSMISION
TR-019	transmision	REPARACION DE FUGA POR TAPA HOUSING DIFERENCIAL
TR-019	transmision	CAMBIO DE SENSOR DE VELOCIDAD DE SALIDA DE TRANSMISION POR FALLA POS 01-02

Anexo 08. Programa de Actividades del Plan de Mantenimiento Preventivo

Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 250 horas

PRUEBAS Y EVALUACIONES DE MOTOR									
1	Velocidad del ventilador							850	RPM
2	Presión de lubricación de motor en baja							36-87	PSI
3	Velocidad de motor en baja							700 ± 10	RPM
4	Presión de lubricación de motor en alta							72.7-105.9	PSI
5	Velocidad de motor en alta							1965 ± 20	RPM
6	Voltaje del sistema							>24	VOLT
7	Presión de gases de Carter							14.4	"H2O
8	Presión de refuerzo de motor (LH)							16 a 22	PSI
9	Presión de refuerzo de motor (RH)							16 a 22	PSI
10	Velocidad de motor en calado (stall)							1600 ± 10	RPM

23	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de DER a IZQ (1 Rev. por seg.)									4 a 5	S
24	Presión de la válvula de solenoide (válvula de prioridad) y del múltiple (ventilador del eje trasero, enfriamiento de los frenos, motor de mando, lubricación y dirección)									2.650 ± 75	PSI
25	Presión de corte (válvula compensadora de presión)									3335 ± 50	PSI
26	Alinear rueda delantera (Divergencia correcta)									B = F – 48,2 mm (1,90 pulg)	√ X
27	Presión de carga del acumulador de la dirección									950 ± 50	PSI
28	Comprobar la dirección secundaria										√ X
29	Desgaste horizontal de los prisioneros de bola - barra de direc.									1,02 mm (0,040 pulg)	mm
30	Desgaste horizontal de las pistas de cojinete exteriores - barra de direc.									1,02 mm (0,040 pulg)	mm
PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA DE HIDRAULICO											
31	Tiempo de levante de tolva a velocidad alta en vacío									19 a 21	S
32	Tiempo de Bajada de tolva a velocidad alta en vacío									17 a 19	S
33	Presión de bajada de bomba del levante									500 ± 50	PSI
34	Presión de subida de bomba del levante									2950 ± 100	PSI

46	Resistencia a la rodadura del freno de servicio								1400 RPM	√	X
47	Resistencia a la rodadura del freno de parqueo								1400 RPM	√	X
48	Resistencia a la rodadura del retardador manual								1400 RPM	√	X
49	Resistencia a la rodadura del freno secundario								1400 RPM	√	X
50	Presión de la valvula de alivio principal								3350 ± 50	PSI	
51	Presión de activación del freno de servicio (Cut-in)								2100 ± 70	PSI	
52	Presión de desactivación del freno de servicio (Cut-out)								3000 ± 70	PSI	
53	Presión piloto del pedal del freno de servicio								720 ± 58	PSI	
54	Presión (stand by) de la bomba								150 ± 150	PSI	
55	Presión de acumulador de freno de servicio y secundario con llave en OFF								0 Psi sin pérdida de presión en 120"	PSI	
56	Presión de acumulador de freno de servicio									PSI	
57	Presión de acumulador de freno de parqueo									PSI	
58	Presión de desconexión de freno de parqueo (Palanca retardador activado)								665 ± 116	PSI	
59	Presion de freno de parqueo (Pedal de freno secundario aplicado)								0	PSI	

87	Revisar Luces de interruptores de cabina								√	X
88	Revisar Tablero Advicer								√	X
89	Apagar motor con interruptor de emergencia								√	X
90	Revisar eventos activos								√	X
91	Revisar Configuración del TPMS								√	X
92	Descargar información del ET, PSRPT								√	X

Fuente: Elaboración propia

Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 500 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR		
1	Presiones de cilindro de suspensión posterior IZQUIERDO							268	PSI	
2	Presiones de cilindro de suspensión posterior DERECHO							268	PSI	
3	Altura de suspensión delantera DERECHO							254 ± 13	mm	
4	Altura de suspensión delantera IZQUIERDO							254 ± 13	mm	
5	Altura de suspensión posterior DERECHO							203 ± 12.7	mm	
6	Altura de suspensión posterior IZQUIERDO							203 ± 12.7	mm	
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE FRENOS										
7	Prueba del Sistema de Control de Tracción (TCS)								√	X
8	Resistencia a la rodadura del freno de servicio							1400 RPM	√	X
9	Resistencia a la rodadura del freno de parqueo							1400 RPM	√	X
10	Resistencia a la rodadura del retardador manual							1400 RPM	√	X
11	Resistencia a la rodadura del freno secundario							1400 RPM	√	X

12	Presión de la valvula de alivio principal								3350 ± 50	PSI
13	Presión de activación del freno de servicio (Cut-in)								2100 ± 70	PSI
14	Presión de desactivación del freno de servicio (Cut-out)								3000 ± 70	PSI
15	Presión piloto del pedal del freno de servicio								720 ± 58	PSI
16	Presión (stand by) de la bomba								150 ± 150	PSI
17	Presión de acumulador de freno de servicio y secundario con llave en OFF								0 Psi sin perdida en 120"	PSI
18	Presión de acumulador de freno de servicio									PSI
19	Presión de acumulador de freno de parqueo									PSI
20	Presión de desconexión de freno de parqueo (Palanca retardador activado)								665 ± 116	PSI
21	Presion de freno de parqueo (Pedal de freno secundario aplicado)								0	PSI
22	Presion de freno de parqueo (Posicion control de transmisión en P)								0	PSI
23	Presión del motor de remolque								550 a 650	PSI
24	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack delantero)								438 a 612	PSI
25	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack posterior)								609 a 725	PSI

53	Revisar Configuración del TPMS									√	X
54	Descargar información del ET, PSRPT									√	X

Fuente: Elaboración propia

Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 1000 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR		
1	Revisar el Gantt								√	X
2	Preparación de equipos de evaluación								√	X
3	Preparación de material auxiliar para pruebas								√	X
4	Preparación de material auxiliar para PM								√	X
5	Trasladar el equipo a la zona de pruebas frente al taller de PM.								√	X
6	Aislamiento de energía para equipo en prueba								√	X
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE MOTOR										
7	Velocidad del ventilador							850		RPM
8	Presión de lubricación de motor en baja							36-87		PSI
9	Velocidad de motor en baja							700 ± 10		RPM
10	Presión de lubricación de motor en alta							72.7-105.9		PSI
11	Velocidad de motor en alta							1965 ± 20		RPM

12	Voltaje del sistema								>24	VOLT
13	Presión de gases de Carter								14.4	"H2O
14	Presión de refuerzo de motor (LH)								16 a 22	PSI
15	Presión de refuerzo de motor (RH)								16 a 22	PSI
16	Velocidad de motor en calado (stall)								1600 ± 10	RPM
17	Tiempo de reacción de calado								20 a 50	S
18	Presión de combustible en baja								65-135	PSI
19	Presión de combustible en alta								65-135	PSI
20										
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE TRANSMISION Y CONVERTIDOR										
21	Presión de alivio principal Baja en vacío								385 a 425	PSI
22	Presión de alivio principal Alta en vacío								420 a 460	PSI
23	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío								3 a 7	PSI
24	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío								17 a 26	PSI

25	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío										PSI	
25	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío										100 ± 15	PSI
ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR				
26	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío										20 ± 10	PSI
27	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío										75 ± 15	PSI
28	Velocidad de calado de convertidor de par										1692	RPM
29	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío										0,0 ± 5	PSI
30	Presión del embrague de traba aplicada										340 ± 15	PSI
PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA DE DIRECCION Y FAN												
31	Presión de acumuladores de direccion										3300 ± 50	PSI
32	Ciclos de tiempo para el sistema de dirección a Altas RPM (IZQ a DER)										4 a 5	S
33	Ciclos de tiempo para el sistema de dirección a Altas RPM (DER a IZQ)										4 a 5	S
34	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de IZQ a DER (1 Rev. por seg.)										4 a 5	S
35	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de DER a IZQ (1 Rev. por seg.)										4 a 5	S

36	Presión de la válvula de solenoide (válvula de prioridad) y del múltiple (ventilador del eje trasero, enfriamiento de los frenos, motor de mando, lubricación y dirección)							2.650 ± 75	PSI
37	Presión de corte (válvula compensadora de presión)							3335 ± 50	PSI
38	Alinear rueda delantera (Divergencia correcta)							B = F – 48,2 mm (1,90 pulg)	√ X
39	Presión de carga del acumulador de la dirección							950 ± 50	PSI
40	Comprobar la direccion secundaria								√ X
41	Desgaste horizontal de los prisioneros de bola - barra de direc.							1,02 mm (0,040 pulg)	mm
42	Desgaste horizontal de las pistas de cojinete exteriores - barra de direc.							1,02 mm (0,040 pulg)	mm
PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA DE HIDRAULICO									
43	Tiempo de levante de tolva a velocidad alta en vacío							19 a 21	S
44	Tiempo de Bajada de tolva a velocidad alta en vacío							17 a 19	S
45	Presión de bajada de bomba del levante							500 ± 50	PSI
46	Presión de subida de bomba del levante							2950 ± 100	PSI
47	Presión de pilotaje de levante							550 ± 50	PSI

48	Inspección de juegos de Tolva y levante								√	X
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE LAS SUSPENSIONES										
49	Presiones de cilindro de suspensión delantero IZQUIERDO								464	PSI
50	Presiones de cilindro de suspensión delantero DERECHO								464	PSI
51	Presiones de cilindro de suspensión posterior IZQUIERDO								268	PSI
52	Presiones de cilindro de suspensión posterior DERECHO								268	PSI
53	Altura de suspensión delantera DERECHO								254 ± 13	mm
54	Altura de suspensión delantera IZQUIERDO								254 ± 13	mm
55	Altura de suspensión posterior DERECHO								203 ± 12.7	mm
56	Altura de suspensión posterior IZQUIERDO								203 ± 12.7	mm
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE FRENOS										
57	Prueba del Sistema de Control de Tracción (TCS)								√	X
58	Resistencia a la rodadura del freno de servicio								1400 RPM	√ X
59	Resistencia a la rodadura del freno de parqueo								1400 RPM	√ X

60	Resistencia a la rodadura del retardador manual								1400 RPM	√	X
61	Resistencia a la rodadura del freno secundario								1400 RPM	√	X
62	Presión de la valvula de alivio principal								3350 ± 50		PSI
63	Presión de activación del freno de servicio (Cut-in)								2100 ± 70		PSI
64	Presión de desactivación del freno de servicio (Cut-out)								3000 ± 70		PSI
65	Presión piloto del pedal del freno de servicio								720 ± 58		PSI
66	Presión (stand by) de la bomba								150 ± 150		PSI
67	Presión de acumulador de freno de servicio y secundario con llave en OFF								0 Psi sin perdida en 120"		PSI
68	Presión de acumulador de freno de servicio										PSI
69	Presión de acumulador de freno de parqueo										PSI
70	Presión de desconexión de freno de parqueo (Palanca retardador activado)								665 ± 116		PSI
71	Presion de freno de parqueo (Pedal de freno secundario aplicado)								0		PSI
72	Presion de freno de parqueo (Posicion control de transmisión en P)								0		PSI
73	Presión del motor de remolque								550 a 650		PSI

74	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack delantero)								438 a 612	PSI
75	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack posterior)								609 a 725	PSI
76	Presión de frenos con palanca de retardador aplicado (Slack delantero)								409 a 641	PSI
77	Presión de frenos con palanca de retardador aplicado (Slack posterior)								551 a 783	PSI
78	Presión de enfriamiento de frenos								65 ± 20	PSI
79	Presión residual de frenos delanteros (IZQ y DER)								3.6 - 21.7	PSI
80	Presión residual de frenos posteriores (IZQ y DER)								3.6 - 21.7	PSI
81	Desgaste de freno delantero IZQUIERDO								Tomar med. "HB"	mm
82	Desgaste de freno delantero DERECHO								Tomar med. "HB"	mm
83	Desgaste de freno posterior IZQUIERDO								Tomar med. "HB"	mm
84	Desgaste de freno posterior DERECHO								Tomar med. "HB"	mm
85	Purgado de frenos delanteros (IZQ y DER)									√ X
86	Purgado de frenos posteriores (IZQ y DER)									√ X

100	Revisar Tablero Advicer									√	X
101	Apagar motor con interruptor de emergencia									√	X
102	Revisar eventos activos									√	X
103	Revisar Configuración del TPMS									√	X
104	Descargar información del ET, PSRPT									√	X

Fuente: Elaboración propia

Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 2000 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR	
1	Revisar el Gantt							√	X
2	Preparación de equipos de evaluación							√	X
3	Preparación de material auxiliar para pruebas							√	X
4	Preparación de material auxiliar para PM							√	X
5	Trasladar el equipo a la zona de pruebas frente al taller de PM.							√	X

6	Aislamiento de energía para equipo en prueba								√	X
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE MOTOR										
7	Velocidad del ventilador							850	RPM	
8	Presión de lubricación de motor en baja							36-87	PSI	
9	Velocidad de motor en baja							700 ± 10	RPM	
10	Presión de lubricación de motor en alta							72.7-105.9	PSI	
11	Velocidad de motor en alta							1965 ± 20	RPM	
12	Voltaje del sistema							>24	VOLT	
13	Presión de gases de Carter							14.4	"H2O	
14	Presión de refuerzo de motor (LH)							16 a 22	PSI	
15	Presión de refuerzo de motor (RH)							16 a 22	PSI	
16	Velocidad de motor en calado (stall)							1600 ± 10	RPM	
17	Tiempo de reacción de calado							20 a 50	S	
18	Presión de combustible en baja							65-135	PSI	

19	Presión de combustible en alta							65-135	PSI
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE TRANSMISION Y CONVERTIDOR									
20	Presión de alivio principal Baja en vacío							385 a 425	PSI
21	Presión de alivio principal Alta en vacío							420 a 460	PSI
22	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío							3 a 7	PSI
23	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío							17 a 26	PSI
24	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío								PSI
25	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío							100 ± 15	PSI
26	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío							20 ± 10	PSI
27	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío							75 ± 15	PSI
28	Velocidad de calado de convertidor de par							1692	RPM
29	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío							0,0 ± 5	PSI
30	Presión del embrague de traba aplicada							340 ± 15	PSI

PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA DE DIRECCION Y FAN

31	Presión de acumuladores de dirección							3300 ± 50	PSI
32	Ciclos de tiempo para el sistema de dirección a Altas RPM (IZQ a DER)							4 a 5	S
33	Ciclos de tiempo para el sistema de dirección a Altas RPM (DER a IZQ)							4 a 5	S
34	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de IZQ a DER (1 Rev. por seg.)							4 a 5	S
35	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de DER a IZQ (1 Rev. por seg.)							4 a 5	S
36	Presión de la válvula de solenoide (válvula de prioridad) y del múltiple (ventilador del eje trasero, enfriamiento de los frenos, motor de mando, lubricación y dirección)							2.650 ± 75	PSI
37	Presión de corte (válvula compensadora de presión)							3335 ± 50	PSI
38	Alinear rueda delantera (Divergencia correcta)							B = F – 48,2 mm (1,90 pulg)	√ X
39	Presión de carga del acumulador de la dirección							950 ± 50	PSI
40	Comprobar la direccion secundaria								√ X
41	Desgaste horizontal de los prisioneros de bola - barra de dirección							1,02 mm (0,040 pulg)	mm
42	Desgaste horizontal de las pistas de cojinete exteriores - barra de direc.							1,02 mm (0,040 pulg)	mm

PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA DE HIDRAULICO

43	Tiempo de levante de tolva a velocidad alta en vacío							19 a 21	S
44	Tiempo de Bajada de tolva a velocidad alta en vacío							17 a 19	S
45	Presión de bajada de bomba del levante							500 ± 50	PSI
46	Presión de subida de bomba del levante							2950 ± 100	PSI
47	Presión de pilotaje de levante							550 ± 50	PSI
48	Inspección de juegos de Tolva y levante								√ X

PRUEBAS Y EVALUACIONES DE LAS SUSPENSIONES

49	Presiones de cilindro de suspensión delantero IZQUIERDO							464	PSI
50	Presiones de cilindro de suspensión delantero DERECHO							464	PSI
51	Presiones de cilindro de suspensión posterior IZQUIERDO							268	PSI
52	Presiones de cilindro de suspensión posterior DERECHO							268	PSI
53	Altura de suspensión delantera DERECHO							254 ± 13	mm

54	Altura de suspensión delantera IZQUIERDO								254 ± 13	mm
55	Altura de suspensión posterior DERECHO								203 ± 12.7	mm
56	Altura de suspensión posterior IZQUIERDO								203 ± 12.7	mm
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE FRENOS										
57	Prueba del Sistema de Control de Tracción (TCS)									√ X
58	Resistencia a la rodadura del freno de servicio								1400 RPM	√ X
59	Resistencia a la rodadura del freno de parqueo								1400 RPM	√ X
60	Resistencia a la rodadura del retardador manual								1400 RPM	√ X
61	Resistencia a la rodadura del freno secundario								1400 RPM	√ X
62	Presión de la valvula de alivio principal								3350 ± 50	PSI
63	Presión de activación del freno de servicio (Cut-in)								2100 ± 70	PSI
64	Presión de desactivación del freno de servicio (Cut-out)								3000 ± 70	PSI
65	Presión piloto del pedal del freno de servicio								720 ± 58	PSI
66	Presión (stand by) de la bomba								150 ± 150	PSI

67	Presión de acumulador de freno de servicio y secundario con llave en OFF							0 Psi sin perdida en 120"	PSI
68	Presión de acumulador de freno de servicio								PSI
69	Presión de acumulador de freno de parqueo								PSI
70	Presión de desconexión de freno de parqueo (Palanca retardador activado)							665 ± 116	PSI
71	Presion de freno de parqueo (Pedal de freno secundario aplicado)							0	PSI
72	Presion de freno de parqueo (Posicion control de transmisión en P)							0	PSI
73	Presión del motor de remolque							550 a 650	PSI
74	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack delantero)							438 a 612	PSI
75	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack posterior)							609 a 725	PSI
76	Presión de frenos con palanca de retardador aplicado (Slack delantero)							409 a 641	PSI
77	Presión de frenos con palanca de retardador aplicado (Slack posterior)							551 a 783	PSI
78	Presión de enfriamiento de frenos							65 ± 20	PSI
79	Presión residual de frenos delanteros (IZQ y DER)							3.6 - 21.7	PSI
80	Presión residual de frenos posteriores (IZQ y DER)							3.6 - 21.7	PSI

81	Desgaste de freno delantero IZQUIERDO							Tomar med. "HB"	mm
82	Desgaste de freno delantero DERECHO							Tomar med. "HB"	mm
83	Desgaste de freno posterior IZQUIERDO							Tomar med. "HB"	mm
84	Desgaste de freno posterior DERECHO							Tomar med. "HB"	mm
85	Purgado de frenos delanteros (IZQ y DER)								√ X
86	Purgado de frenos posteriores (IZQ y DER)								√ X
PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA ELECTRICO									
87	Funcionamiento Aire Acondicionado y Calefacción								√ X
88	Revisar Claxon								√ X
89	Revisar Luces direccionales								√ X
90	Revisar Luces Neblineros								√ X
91	Revisar Luces principales								√ X
92	Revisar Luces de Frenos								√ X
93	Revisar Luces del ARC								√ X

94	Revisar Luces de retroceso									√	X
95	Revisar Alarma de retroceso									√	X
96	Revisar Luces de motor									√	X
97	Revisar Luces de escalera									√	X
98	Revisar focos del Payload									√	X
99	Revisar Luces de interruptores de cabina									√	X
100	Revisar Tablero Advicer									√	X
101	Apagar motor con interruptor de emergencia									√	X
102	Revisar eventos activos									√	X
103	Revisar Configuración del TPMS									√	X
104	Descargar información del ET, PSRPT									√	X

Fuente: Elaboración propia

Ficha de mantenimiento preventivo del Camión Minero cada 4000 horas

ACTIVIDAD		L	T1	T2	T3	I1	I2	VALOR	
1	Revisar el Gantt							√	X
2	Preparación de equipos de evaluación							√	X
3	Preparación de material auxiliar para pruebas							√	X
4	Preparación de material auxiliar para PM							√	X
5	Trasladar el equipo a la zona de pruebas frente al taller de PM.							√	X
6	Aislamiento de energía para equipo en prueba							√	X
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE MOTOR									
7	Velocidad del ventilador							850	RPM
8	Presión de lubricación de motor en baja							36-87	PSI
9	Velocidad de motor en baja							700 ± 10	RPM
10	Presión de lubricación de motor en alta							72.7-105.9	PSI
11	Velocidad de motor en alta							1965 ± 20	RPM

12	Voltaje del sistema								>24	VOLT
13	Presión de gases de Carter								14.4	"H2O
14	Presión de refuerzo de motor (LH)								16 a 22	PSI
15	Presión de refuerzo de motor (RH)								16 a 22	PSI
16	Velocidad de motor en calado (stall)								1600 ± 10	RPM
17	Tiempo de reacción de calado								20 a 50	S
18	Presión de combustible en baja								65-135	PSI
19	Presión de combustible en alta								65-135	PSI
20										
PRUEBAS Y EVALUACIONES DE TRANSMISION Y CONVERTIDOR										
21	Presión de alivio principal Baja en vacío								385 a 425	PSI
22	Presión de alivio principal Alta en vacío								420 a 460	PSI
23	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Baja en vacío								3 a 7	PSI
24	Presión de aceite lubricante de la transmisión en Alta en vacío								17 a 26	PSI

25	Presiones del embrague de la transmisión a velocidad Baja en vacío									PSI
26	Presión de alivio entrada del convertidor en Alta en vacío								100 ± 15	PSI
27	Presión de alivio salida del convertidor en Baja en vacío								20 ± 10	PSI
28	Presión de alivio salida del convertidor en Alta en vacío								75 ± 15	PSI
29	Velocidad de calado de convertidor de par								1692	RPM
30	Presión máxima del embrague de traba Neutral/Mando de Convertidor/Alta en vacío								0,0 ± 5	PSI
31	Presión del embrague de traba aplicada								340 ± 15	PSI

PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA DE DIRECCION Y FAN

32	Presión de acumuladores de dirección								3300 ± 50	PSI
33	Ciclos de tiempo para el sistema de dirección a Altas RPM (IZQ a DER)								4 a 5	S
34	Ciclos de tiempo para el sistema de dirección a Altas RPM (DER a IZQ)								4 a 5	S
35	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de IZQ a DER (1 Rev. por seg.)								4 a 5	S
36	Giro del volante de tope a tope en altas RPM de DER a IZQ (1 Rev. por seg.)								4 a 5	S
37	Presión de la válvula de solenoide (válvula de prioridad) y del múltiple (ventilador del eje trasero,								2.650 ± 75	PSI

PRUEBAS Y EVALUACIONES DE LAS SUSPENSIONES

50	Presiones de cilindro de suspensión delantero IZQUIERDO							464	PSI
51	Presiones de cilindro de suspensión delantero DERECHO							464	PSI
52	Presiones de cilindro de suspensión posterior IZQUIERDO							268	PSI
53	Presiones de cilindro de suspensión posterior DERECHO							268	PSI
54	Altura de suspensión delantera DERECHO							254 ± 13	mm
55	Altura de suspensión delantera IZQUIERDO							254 ± 13	mm
56	Altura de suspensión posterior DERECHO							203 ± 12.7	mm
57	Altura de suspensión posterior IZQUIERDO							203 ± 12.7	mm

PRUEBAS Y EVALUACIONES DE FRENOS

58	Prueba del Sistema de Control de Tracción (TCS)								√	X
59	Resistencia a la rodadura del freno de servicio							1400 RPM	√	X
60	Resistencia a la rodadura del freno de parqueo							1400 RPM	√	X
61	Resistencia a la rodadura del retardador manual							1400 RPM	√	X

62	Resistencia a la rodadura del freno secundario								1400 RPM	√	X
63	Presión de la valvula de alivio principal								3350 ± 50	PSI	
64	Presión de activación del freno de servicio (Cut-in)								2100 ± 70	PSI	
65	Presión de desactivación del freno de servicio (Cut-out)								3000 ± 70	PSI	
66	Presión piloto del pedal del freno de servicio								720 ± 58	PSI	
67	Presión (stand by) de la bomba								150 ± 150	PSI	
68	Presión de acumulador de freno de servicio y secundario con llave en OFF								0 Psi sin perdida en 120"	PSI	
69	Presión de acumulador de freno de servicio									PSI	
70	Presión de acumulador de freno de parqueo									PSI	
71	Presión de desconexión de freno de parqueo (Palanca retardador activado)								665 ± 116	PSI	
72	Presion de freno de parqueo (Pedal de freno secundario aplicado)								0	PSI	
73	Presion de freno de parqueo (Posicion control de transmisión en P)								0	PSI	
74	Presión del motor de remolque								550 a 650	PSI	
75	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack delantero)								438 a 612	PSI	

76	Presión de frenos con pedal de freno de servicio aplicado (Slack posterior)								609 a 725	PSI
77	Presión de frenos con palanca de retardador aplicado (Slack delantero)								409 a 641	PSI
78	Presión de frenos con palanca de retardador aplicado (Slack posterior)								551 a 783	PSI
79	Presión de enfriamiento de frenos								65 ± 20	PSI
80	Presión residual de frenos delanteros (IZQ y DER)								3.6 - 21.7	PSI
81	Presión residual de frenos posteriores (IZQ y DER)								3.6 - 21.7	PSI
82	Desgaste de freno delantero IZQUIERDO								Tomar med. "HB"	mm
83	Desgaste de freno delantero DERECHO								Tomar med. "HB"	mm
84	Desgaste de freno posterior IZQUIERDO								Tomar med. "HB"	mm
85	Desgaste de freno posterior DERECHO								Tomar med. "HB"	mm
86	Purgado de frenos delanteros (IZQ y DER)									√ X
87	Purgado de frenos posteriores (IZQ y DER)									√ X

PRUEBAS Y EVALUACIONES DEL SISTEMA ELECTRICO

102	Apagar motor con interruptor de emergencia									√	X
103	Revisar eventos activos									√	X
104	Revisar Configuración del TPMS									√	X
105	Descargar información del ET, PSRPT									√	X

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Formato de evaluación y monitoreo de los sistemas

SEMANGRU		TASK RECORD 793F REPORTE DE INSPECCIÓN					Formato Documento ID: FOR-MM-20 Versión: 01 Fecha: 05/11/2017	
EQUIPO: _____		INSPECTOR 1: _____			FIRMA: _____			
FECHA: _____		INSPECTOR 2: _____			FIRMA: _____			
HOROMETRO: _____		SUPERVICOR: _____			FIRMA: _____			
Item	Tipo de Falla	Ubicación de la Falla	Nivel	Responsable	Corregido (X)	OT	Accion a Tomar	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Página 1

Tabla Evaluacion de fugas de aceite		Condicion de Tarea a Realizar			Tipo de Falla	
OK	No tiene fuga apreciable	Grado	Urgente	No Urgente	Fuga	
Nivel 1	Fuga de aceite es mínimo	Importante	N3 Ejecutar la Tarea	N2 Backlog	Desgaste	
Nivel 2	Fuga de aceite es regular	No Importante	N1 Backlog	OK Backlog Seguimiento	Rotura	
Nivel 3	Fuga de aceite es excesivo				Soltura	
					Faltante	

Anexo 11. Proforma de equipos y herramientas



Lima, 18 de mayo de 2022

PROFORMA

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO S/.	IMPORTE S/.
1	Equipo de diagnóstico: Alineación de luces, Alineación de dirección, Análisis de Sistemas, Balanceadores de Ruedas, Desmontadora de Ruedas, Scanner Automotriz, Probador de Inyectores, Multimetro Automotriz - BOSCH	200000	200000
1	Herramientas Industriales: SATKIT Juego DE 26 Piezas Herramientas 3/4" CARRACA para Camión Y Tractor Incluye 20 Vasos DE 21MM A 65MM; Juego extra grande de llaves combinadas 26 pzas 6-32 mm de WIESEMANN 1893 Con cabeza fija y un ángulo de 15° para facilitar el trabajo Set de llaves combinadas con soporte I 80270; Facom NS.1600F Llave de Impacto, Negro; ; KKmoon Juego de Extractores de Tornillos para Perno Roto, 3-22mm (6 piezas); TEENO taladro sin cable 21V+2 baterías de iones de litio+41 accesorios + guantes profesionales; RIDGID 31025 Llave de tubo recta para servicio pesado de 18 pulgadas, Llave de fontanería de 18 pulgadas; STANLEY 1-83-068 – Tornillo de banco de carga pesada Maxsteel 150mm.	80000	80000
1	Equipo de fuerza: Mophorn Gato de Botella 20 T Gato Hidráulico de Coche Rojo Gato Hidráulico Carretilla para Reparación de Camiones Autos; ; Silverline MS23 – Extractores de poleas, 3 pzas (75, 100 y 150 mm) [Clase de eficiencia energética A]	90000	90000
1	Equipo Mecánico de Taller: 30T Prensa hidráulica taller Fuerza presión Prensa Husillo Estampar Prensa Taller Trabajos Robusta	95000	95000
1	Equipo de elevación: Palanca manual del motor Palanca del polipasto de cadena Polea Aparejo Polipasto Elevación del cabrestante con gancho Acero de aleación resistente (3 Ton/3 m altura de elevación)	75000	75000
1	Compresora: COMPRESOR DE AIRE CON CORREA 200L 3HP; 3 Ton/3000k	50000	50000
TOTAL (S/.)			590000

Son: Quinientos noventa mil soles
 Precio incluye IGV
 El precio dura 15 días calendarios