



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los camiones en una empresa minera**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Industrial**

**AUTORES**

Castillo Flores, Miguel Angel ([orcid.org/0000-0002-7036-4235](https://orcid.org/0000-0002-7036-4235))

Flores Cordova, Vladimir ([orcid.org/0000-0003-3615-9809](https://orcid.org/0000-0003-3615-9809))

**ASESOR:**

Mg. Rodriguez Solorzano, Oscar Alonso ([orcid.org/0000-0001-8683-6551](https://orcid.org/0000-0001-8683-6551))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Apoyo a la reducción de brechas y carencias en la educación en todos sus niveles

CHIMBOTE - PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por ser el soporte incondicional para cumplir nuestras metas y objetivos. A nuestro docente Mg Oscar Alonso Rodríguez Solórzano por la paciencia y las buenas enseñanzas que nos ha demostrado en cada sesión. A nuestros hermanos que con sus experiencias y buenos consejos han ido alimentando las fuerzas para lograr excelentes ingenieros.

## **AGRADECIMIENTO**

A la universidad cesar vallejo por permitir hacer realidad nuestros sueños de ser ingenieros, así como también a los diferentes docentes que nos brindaron sus conocimientos para seguir adelante día a día al gerente de la empresa Komatsu sede Piura por darnos las facilidades para obtener información sobre los camiones mineros, al Mg de Oscar Alonzo Rodríguez Solorzano por ser el soporte principal para el desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, RODRIGUEZ SOLORZANO OSCAR ALONSO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS CAMIONES EN UNA EMPRESA MINERA", cuyos autores son FLORES CORDOVA VLADIMIR, CASTILLO FLORES MIGUEL ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 10 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
RODRIGUEZ SOLORZANO OSCAR ALONSO DNI: 45056725 ORCID: 0000-0001-8683-6551	Firmado electrónicamente por: OARODRIGUEZS el 10-12-2023 21:46:17

Código documento Trilce: TRI - 0691151

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CASTILLO FLORES MIGUEL ANGEL, FLORES CORDOVA VLADIMIR estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS CAMIONES EN UNA EMPRESA MINERA", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
FLORES CORDOVA VLADIMIR DNI: 73498088 ORCID: 0000-0003-3615-9809	Firmado electrónicamente por: FVLADIMIRCO el 23-03-2024 13:41:42
CASTILLO FLORES MIGUEL ANGEL DNI: 46905021 ORCID: 0000-0002-7036-4235	Firmado electrónicamente por: MCASTILLOFLO el 23-03-2024 15:10:53

Código documento Trilce: INV - 1538289

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	IV
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN .....	14
II. MARCO TEÓRICO .....	17
III. METODOLOGÍA .....	26
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	26
3.2 Variables y operacionalización .....	27
3.3 Población y muestra .....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5 Procedimientos .....	28
3.6 Métodos de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS.....	30
4.1 Diagnostico situacional del mantenimiento de los camiones mineros. ....	30
4.1.1 Determinación de la actividad actual del mantenimiento preventivo y correctivo realizado a los camiones mineros.....	30
4.1.2 Determinación de causas y efecto mediante el diagrama de Ishikawa. ....	33
4.1.3 Gráfico de Pareto para determinar las causas de baja disponibilidad en los camiones mineros. ....	36

4.1.4	Indicadores de disponibilidad actual de los camiones de enero a marzo del 2023.....	37
4.2	Diseño e implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para los camiones mineros. ....	42
4.2.1	Implantación del RCM para los camiones mineros .....	44
4.2.2	Formación de equipo de trabajo.....	45
4.2.3	Programación de reuniones con el equipo RCM en el área de la empresa minera.....	47
4.2.4	Recoger los datos brindados por el personal del equipo RCM y responder las interrogantes de la norma SAE JA1011. ....	48
4.2.5	Determinación de los alcances de la taxonomía de análisis del camión minero.....	49
4.2.6	Análisis de los modos de fallas AMEF en la flota de camiones 730E.53	
4.2.7	Plan de mantenimiento basado en RCM para la flota de camiones 730E. ....	60
4.2.8	Tareas de mantenimiento puntuales según RCM a los camiones mineros.....	65
4.2.9	Tareas de Limpieza puntuales para los camiones mineros...66	
4.2.10	Tareas de lubricación engrase de partes de partes mecánicas en fricción. ....	67
4.2.11	Formato de Check list implementado para el control de los sistemas del camión minero cada 1000 horas de operación. ....	68
4.2.12	Flujograma de ejecución del check list.	
4.3	Determinación de la disponibilidad de los camiones mineros posterior a la implementación del plan RCM. ....	73

**4.3.1 Flujograma de mantenimiento propuesto luego de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad en los camiones mineros.**

73

**4.3.2 Indicadores de disponibilidad de los camiones mineros posterior a la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en los meses de setiembre a noviembre del 2023.....75**

**4.3.3 Comparación de resultados pre-test y post-test.....80**

<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>84</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de correlación de las causas de baja disponibilidad de camiones mineros. ....	34
Tabla 2: Matriz de ponderación de las causas que generan la baja disponibilidad de camiones mineros. ....	35
Tabla 3: Disponibilidad de camiones en el mes de enero. ....	38
Tabla 4: Resumen de la disponibilidad del mes de enero. ....	38
Tabla 5: Disponibilidad de camiones en el mes de febrero. ....	39
Tabla 6: Resumen de la disponibilidad de mes de febrero.....	40
Tabla 7: Disponibilidad de camiones en el mes de marzo. ....	41
Tabla 8: Resumen de la disponibilidad del mes de marzo. ....	42
Tabla 9: Cronograma de actividades de la implementación RCM.....	43
Tabla 10: Temas tratados en la reunión con el equipo RCM.....	48
Tabla 11: Preguntas y respuestas de los camiones mineros a través de la norma RCM. ....	48
Tabla 12: Taxonomía de análisis del RCM de los camiones mineros. ....	50
Tabla 13: Desglose de los sistemas de un camión minero. ....	51
Tabla 14: Nivel de prioridad NPR. ....	53
Tabla 15: Criterio de valoración del nivel de prioridad de fallas. ....	54
Tabla 16: Data de información AMEF de los sistemas del camión minero.....	55
Tabla 17: Plan de mantenimiento según RCM para los subsistemas del camión. ....	60
Tabla 18: Tareas de mantenimiento del plan de mantenimiento RCM.....	65
Tabla 19: Actividades de limpieza de componentes del camión. ....	67
Tabla 20: Actividades de lubricación y engrase de componentes mecánicos del camión.....	67
Tabla 21: Registro check list de las actividades de mantenimiento realizadas al camión minero.....	68
Tabla 22: Disponibilidad después de la implantación del RCM mes de setiembre del 2023. ....	75
Tabla 23: Resumen de disponibilidad mes de setiembre 2023. ....	76
Tabla 24: Disponibilidad después de la implantación del RCM mes de octubre del 2023. ....	77
Tabla 25: Resumen de disponibilidad mes de octubre 2023. ....	77

Tabla 26: Disponibilidad después de la implantación del RCM mes de noviembre del 2023. ....	78
Tabla 27: Resumen de disponibilidad mes de noviembre 2023. ....	79
Tabla 28: Disponibilidad de camiones antes y después de la implementación del RCM. ....	80
Tabla 29: Matriz de Operacionalización variable independiente. ....	93
Tabla 30: Matriz de operacionalización de variable dependiente. ....	94
Tabla 31: Ficha de recolección de datos del camión minero 730-E mes de enero antes de implementar el RCM. ....	95
Tabla 32: Ficha de recolección de datos del camión minero mes de febrero antes de implementar el RCM. ....	96
Tabla 33: Ficha de recolección de datos del camión minero mes de marzo antes de implementar el RCM. ....	97
Tabla 34: Ficha de recolección de datos del mes de setiembre después de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad. ....	100
Tabla 35: Ficha de recolección de datos del mes de octubre después de implementar el RCM. ....	101
Tabla 36: Ficha de recolección de datos del mes de noviembre después de implementar el RCM. ....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma actual de mantenimiento preventivo y correctivo del camión 730-E.....	31
Figura 2: Diagrama de Ishikawa del mantenimiento de camiones mineros.....	33
Figura 3: Grafico de causas de baja disponibilidad. ....	36
Figura 4: Implantación RCM.....	44
Figura 5: Formación del equipo de trabajo.....	45
Figura 6: Flujograma de ejecución de check list para los sistemas del camión minero. ....	72
Figura 7: Flujograma de mantenimiento preventivo y correctivo de camiones mineros propuesto. ....	74
Figura 8: Indicadores de disponibilidad antes y después de la implementación RCM.....	80
Figura 9: Indicadores de MTBF antes y después de la implementación RCM. ....	81
Figura 10: Indicadores de MTTR antes y después de la implementación RCM. ....	82
Figura 11: Indicadores de confiabilidad antes y después de la implementación RCM.....	82
Figura 12: Charlas de beneficios del RCM.....	98
Figura 13: Reunión con el equipo RCM Para responder preguntas RCM.....	98
Figura 14 : Preguntas del RCM.....	99

## RESUMEN

Esta investigación que lleva por título Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de camiones mineros proporcionara un aporte al sector minero para establecer planes de mantenimiento centrado en confiabilidad, asimismo beneficiara a empresas del mismo rubro, y servirá como guía o herramienta para futuros investigadores que crean conveniente implementar estos procedimientos para camiones mineros.

la investigación tuvo por objetivo general implementar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de una flota de camiones en una empresa minera.

La metodología de esta investigación fue de tipo aplicada, y se desarrolló en base a la normativa (JA1011 RCM). La que permitió implementar un plan para los sistemas de los camiones, a través de una ficha de recolección de datos se logró la identificación de la disponibilidad de los camiones mineros, se creó un formato de taxonomía que sirvió para identificar cada sistema que posteriormente sirvió para la creación del AMEF, en donde se analizaron los componentes críticos y no críticos para implementar el plan a los componentes críticos y no críticos. Finalmente se realizó el cálculo para determinar la disponibilidad de los camiones después de la implementación.

El resultado de implementar el RCM se vio reflejado comparando los resultados iniciales antes de la implementación donde se evidencio la disponibilidad promedio de 80% en los tres primeros meses, y después de la implementación se evidencio un incremento del 6% en promedio en los meses de setiembre octubre y noviembre.

En conclusión, el RCM permitió a la flota de camiones aumentar su disponibilidad operativa a un 6%, aumentar el MTBF a 39 horas, reducir el MTTR a 2 horas, aumentar la confiabilidad al 8%. Este resultado fue beneficioso para la compañía.

Palabras clave: Mantenimiento, Disponibilidad, sistemas, Minería.

## **ABSTRACT**

This research, entitled Implementation of reliability-focused maintenance to improve the availability of mining trucks, will provide a contribution to the mining sector to establish reliability-focused maintenance plans, it will also benefit companies in the same field, and will serve as a guide or tool for future researchers who believe it is convenient to implement these procedures for mining trucks.

The general objective of the research was to implement a maintenance plan focused on reliability to improve the availability of a fleet of trucks in a mining company.

The methodology of this research was applied, and was developed based on the regulations (JA1011 RCM). This allowed the implementation of a plan for the truck systems, through a data collection sheet, the identification of the availability of the mining trucks was achieved, a taxonomy format was created that served to identify each system that later served for the creation of the FMEA, where the critical and non-critical components were analyzed to implement the plan to the critical and non-critical components. Finally, the calculation was made to determine the availability of the trucks after implementation.

The result of implementing the RCM was reflected by comparing the initial results before implementation, where the average availability was 80% in the first three months, and after the implementation there was an increase of 6% on average in the months of September, October and November.

In conclusion, the RCM enabled the truck fleet to increase its operational readiness to 6%, increase the MTBF to 39 hours, reduce the MTTR to 2 hours, increase reliability to 8%. This result was beneficial for the company.

Keywords: Maintenance, Availability, systems, Mining.

## I. INTRODUCCIÓN

Las tareas de mantenimiento de los equipos de gran minería han ido tomando un peso muy relevante en la industria, ya que son estos equipos los que están en contacto con los operadores y con el proceso operativo, donde el menor descuido en cuanto a mantenimientos u operación pueden originar grandes pérdidas económicas, por eso la importancia de tener equipos eficientes, operativos y funcionales para que las tareas se realicen sin peligros y riesgo alguno. lo refiere la Universidad del pacifico (UP).

Según una revista publicado por el instituto peruano de economía (IPE) El sector minero es uno de los más importantes productores; de cobre, plomo, zinc, estaño, plata y oro. En estos últimos años la minería ha llegado aportar aproximadamente el 13 % del PBI, en los últimos 6 meses del 2023 donde este representa más del 70 % de las exportaciones, sin dejar de mencionar los innumerables puestos de trabajo brindado a zonas aledañas y lejanas del proyecto, Estas actividades traen consigo temas centrales de debate en la política nacional y local que son una de las causas frecuentes de los conflictos sociales.

En el ámbito internacional el mantenimiento no se está tomando como una inversión, sino que es considerado como un gasto por ciertos gerentes y dueños de algunas empresas quienes desconocen la importancia de contar con planes de mantenimiento (ROMERO, 2019).

Por otro lado, en Perú el mantenimiento forma parte de una inversión dentro de las industrias ya que son actividades que permiten mantener los equipos operativos cumpliendo con sus funciones que hacen dentro de la productividad de la empresa, aumentar los niveles de confiabilidad, y reducir costos (MEZA, 2020).

Actualmente existen nuevas empresas mineras en crecimiento de las cuales solo 9% de las empresas tienen implementado un plan de mantenimiento basado en RCM, Esto se ve reflejado en sus indicadores de productividad ya que en algunos meses la producción bajo debido a actividades de mantenimiento o reparaciones que tardan en terminarse, este indicador además señala que se incrementaron más puestos de trabajo a un total de 233,359. En los primeros 6 meses del 2023, Logrando un crecimiento del 2.9% respecto al año anterior, la

minería es tan importante debido a su capacidad de generar gran cantidad de empleo (MINEM, 2023).

La investigación se llevó a cabo en una empresa del sector minero, ubicada en la ciudad de Piura su principal producto extraído es el fosfato, la empresa cuenta con un total de 490 trabajadores, y su producción en los últimos 6 meses del 2023 fue de un total de 1'311,013 TN procesadas, representando una cifra aceptable, también se registraron altos indicadores de fallas en los camiones de acarreo afectando en gran parte la disponibilidad. Estas cifras fueron de 59 reparaciones por mantenimiento preventivo, lo que conllevó a 1,390 horas para dicha actividad, un total de 77 reparaciones por mantenimiento correctivo lo que conllevó a 705 horas para esta actividad, reflejando la baja disponibilidad de los camiones mineros. En la actualidad solo se tiene en promedio 16 camiones disponibles, de 20 con los que se cuenta en la empresa, lo cual representa que la disponibilidad llegue a un 80%.

Se pueden identificar varias consecuencias derivadas de la disponibilidad limitada de camiones, entre ellas cabe señalar la disminución en la producción del mineral, no se cumplirían los objetivos de producción, Por otra parte, es posible que se deba alquilar camiones adicionales si no hay suficientes disponibles, lo que podría aumentar los costos operativos. Además, es posible que se tenga que utilizar otros equipos para transportar los minerales en lugar de los camiones mineros. Es por ello por lo que es importante trabajar en un mantenimiento centrado en confiabilidad para atacar los problemas de la empresa en relación con la baja disponibilidad de camiones mineros.

Es así como a continuación, se determina la siguiente formulación de problema:

¿Qué efecto tendrá la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en la disponibilidad de los camiones en la empresa minera?  
Problemas específicos: ¿Cuál es la situación actual del mantenimiento de los camiones de la empresa minera?, ¿Cuál es el diseño del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la empresa minera? ¿Cuál es la disponibilidad de los camiones mineros luego de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad?

También consideramos nuestra justificación basada en los antecedentes que afectan la baja disponibilidad de los camiones en una empresa minera, se evidenciaron paradas por mantenimiento correctivo y preventivo gastos innecesarios que tiene que generar la empresa para que pueda poner disponible cada camión, se encontró una baja disponibilidad representando en promedio un 80% de los 20 camiones con los que cuenta la empresa, con la metodología RCM se lograra identificar fallas, de tal manera que se aplicar estrategias para una eficiencia mejor, permitirá de igual manera obtener beneficios para la empresa en reducción de paradas y fallas y se evidenciaran altos índices de operación.

Así mismo, se han formulado el siguiente objetivo general: Determinar que el mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los camiones en una empresa minera. Contemplando como objetivos específicos: Realizar el diagnostico actual del mantenimiento de los camiones de la empresa minera. Diseñar e implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad para los camiones mineros. Determinar la disponibilidad de los camiones mineros luego de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad. así mismo nuestra hipótesis general planteada seria La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad mejorara significativamente la disponibilidad de los camiones mineros.



## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se representan investigaciones relacionadas a las variables estudiadas, tanto en el ámbito internacional como nacional.

A nivel internacional, según Farhanah, (2020) en su estudio realizado en indonesia realizo una investigación que tuvo como objetivo encontrar la tarea de mantenimiento propuesta para eliminar o minimizar la falla del motor. La investigación tuvo una metodología de tipo aplicada con un diseño experimental, contemplando como instrumento a la ficha de observación y cuestionario. La población y muestra estuvo constituida por el componente del motor del camión volquete. En los resultados se muestro que hay 17 fallas en el componente del motor que clasificó en 9 fallas como alta, 4 fallas como media y 4 fallos como baja. Finalmente, concluyo que las tareas de mantenimiento dependen del tipo de mantenimiento utilizado para el componente; mantenimiento preventivo y pruebas predictivas e inspección.

Sarigül, (2022) realizo una investigación en el país de Colombia que tuvo como objetivo caracterizar el comportamiento de confiabilidad y mantenibilidad de camiones operar en una mina de carbón a cielo abierto y ofrecer múltiples servicios de mantenimiento centrados en la confiabilidad Políticas para la flota. La metodología de investigación que empleo fue de tipo aplicada, contemplando como instrumento a la ficha de observación. La población fue los camiones de la mina y la muestra fueron 14 componentes de los camiones de acarreo. Los resultados de la simulación muestran que el quinto escenario Tener mantenimiento correctivo e inspección regular con un factor de restauración de 0,25, da el valor de disponibilidad más alto, que es del 67 por ciento. Concluyo que la confiabilidad de los camiones de acarreo es uno de los problemas más desafiantes en la industria minera debido a su dificultad para predecir el entorno de trabajo y las condiciones climáticas, periódicas los requisitos operativos y de producción, y el rendimiento de la máquina.

Skerlic, y otros, (2020) realizaron una investigación que tuvo como objetivo general determinar si la literatura científica en el campo del mantenimiento de camiones pesados es paralela a las tendencias actuales de desarrollo en mantenimiento. La investigación tuvo una metodología de tipo aplicada, contemplando como

instrumento a la guía de análisis documental. Referente a la población y muestra, esta asciende a 11. De 680 resultados, 507 fueron artículos, 215 documentos de actas, 8 revisiones, 2 resúmenes de reuniones y 2 capítulos de libros. Se realizó un análisis de los trabajos científicos que tratan exclusivamente del campo del mantenimiento de camiones pesados con el desarrollo de enfoques metodológicos modernos. Para concluir el desarrollo de las competencias del conductor no están alineadas con las tendencias actuales en mantenimiento que son características del campo de la fabricación.

Saputra, y otros, (2022) realizaron una investigación en Indonesia que tuvo como objetivo comprender el mantenimiento preventivo aplicado por los actores de la minería del carbón en Indonesia. La metodología estuvo basada en un estudio cuantitativo empírico y los datos se recolectaron mediante un cuestionario. Como población y muestra se consideró a 4.280 equipos, de los cuales 2.940 son volquetes, 464 excavadoras, 359 bulldozers, 257 niveladoras, 84 cargadoras de ruedas, 82 perforadoras, 79 motores primarios y 15 trituradoras. Los resultados fueron que, son el 76% del total de encuestados, el personal de mantenimiento en minería tiene la misma definición sobre el mantenimiento preventivo. Luego se mide la consistencia de la puntuación utilizando el alfa de Cronbach. Para el cuestionario, el coeficiente alfa de Cronbach es 0,856. Significa que la confiabilidad de la consistencia interna del cuestionario es buena. Concluyo que los miembros del personal de mantenimiento están de acuerdo en la calidad del servicio que deben brindar a los consumidores. A través de este estudio se descubrió que solo los mecánicos recibieron capacitación regular en mantenimiento preventivo, no el personal.

Choque, (2022) realizó una tesis en la ciudad de Trujillo Perú con el objetivo de evaluar cómo la implementación de un programa de mantenimiento de RCM mejora la disponibilidad de los carros mineros Veta Dorado. La metodología de la investigación fue de tipo tecnológico y nivel aplicada, se empleó la ficha de observación y la lista de comprobación. La muestra encierra toda la población, contemplando a 10 vehículos de acarreo. Resultados RCM identificó 113 modos de falla, de los cuales 64 fueron denominados críticos. Con la implementación del

plan de mantenimiento RCM, la disponibilidad de vehículos alcanzó el 96,22% y se ahorraron S/71,322.78 en gastos de mantenimiento. Concluyo que con la implementación del programa de mantenimiento RCM en la mina Veta Dorada ha mejorado la disponibilidad de vehículos, ya que se espera un aumento en la implementación en el primer y segundo año, respectivamente, en base al nivel de disponibilidad en el 2020 (80,39%) 15%, 83% y 14,71%.

Carrillo, y otros, (2021) en su investigación realizada en Riocha Colombia que tuvo como objetivo gestionar el mantenimiento en la confiabilidad operacional de camiones eléctricos HITACHI EH5000 de 320T para la compañía minera cielo abierto cerro, el diseño su investigación fue transversal ya que recolectaron datos en un solo momento, utilizaron como instrumento la ficha de recolección de datos y consideraron una población de 12 camiones los resultados que obtuvieron después que implementaron los procedimientos de mantenimiento fueron favorables ya que llegaron alcanzar 95% de disponibilidad y utilización y tiempo promedio entre fallas fueron de 64.47 horas el tiempo promedio para la reparación de un camión fue de 3 horas en cada falla presentada, con esto concluyo que la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad ayuda aumentar la disponibilidad de un sistema reducir los tiempos que se demoran en reparar las fallas para conseguir mayor vida útil de los elementos del sistema.

Julca, (2022) realizo una tesis en la ciudad de Lima con el objetivo de implementar un programa de mantenimiento preventivo basado en RCM para mejorar la disponibilidad de las flotas de camiones. La investigación estuvo basada en una metodología de tipo aplicada con un diseño experimental, empleando como instrumento a la ficha de observación. La población y muestra estuvo conformada por 6 remolcadoras, 10 camiones (marca Hino gh-1723), 8 camiones (marca Kia k2700) y 2 camionetas. Los resultados fueron que, en el grupo flota, el número promedio de fallas fue de 14,5, ordenadas según el gráfico de Pareto, resultando en un promedio de 4 fallas relacionadas, correspondientes al 81,47% del total de horas de inactividad, siendo las fallas más importantes el sistema de transmisión, motor y sistema de frenado. Concluye que la aplicación de RCM es posible porque la disponibilidad operativa de las flotas de

camiones aumentó en un promedio de 3.61% en 2021 en comparación con 2020, y cabe señalar que la disponibilidad continuó mejorando hasta julio de 2022.

Puente, (2021) realizó una investigación en la empresa Barrick ubicada en el norte del Perú que tuvo como objetivo desarrollar una nueva estrategia y/o plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de 85.5% al 91% en los camiones eléctricos 730E y minimizar la duración de las paradas no planificadas y los costos de mantenimiento asociados. La metodología que estuvo empleada en la investigación fue aplicada con un diseño experimental, empleando como instrumento a la ficha de observación. La población y muestra estuvo constituida por 22 camiones mineros Komatsu. Los resultados derivaron que, en primer lugar, el nivel de carga de la flota de camiones fluctúa en el rango: 4.2252 y 9.9563. En segundo lugar, los cambios en el número de camiones tienen poco efecto sobre esta variable, como lo demuestra el estrecho rango de cambios de -2,7219 a 7,5788 valores. En tercer lugar, cada uno de nuestros autos cuesta el mismo rango, que va de -1,8692 a 7. 2589. Se concluyó que con la inversión de \$27.010 se logró un valor presente neto de \$813.663,67 y una tasa interna de retorno del 331% en 12 meses, demostrando la factibilidad de la propuesta.

Andrade, y otros, (2020) en su estudio realizado en la ciudad de Lima realizaron una investigación que tuvo como objetivo de mejorar la disponibilidad de una línea de chancado primario utilizando un modelo de gestión de mantenimiento adecuado a la medida de una empresa minera. La metodología empleada en su investigación fue de tipo aplicada, empleando como instrumento a la ficha de observación y análisis documental. La población y muestra consto de 5 unidades vehiculares (200-CR-001, 200-CV-001, 200-CV-002, 200-CV-003 y 200-FE-001) Los resultados muestran que la causa del 86.9 % en 2019 condujo a una pérdida total de ventas de \$ 26 millones, lo que no correspondió a la buena asociación con la producción de cobre. Llegó a la conclusión que mejorar la gestión del subsistema Land Avenue será una guía para otras tecnologías de desarrollo activo en la empresa para garantizar la confiabilidad del equipo, la disponibilidad y el mantenimiento.

Palacios, (2020) realizó una investigación en la ciudad de Lambayeque que tuvo como objetivo general determinar el impacto del mantenimiento CMR en un camión

volquete Mercedes Benz ACRTOS 3344K para mejorar la disponibilidad mecánica para el proyecto Shahuindo. La metodología de la investigación fue aplicada donde aplicaron el método RCM, ficha de observación y ficha de análisis documental. La población y muestra estuvo constituida por 5 camiones volquete Mercedes Benz Actros 3344K. Los resultados después de los métodos de mantenimiento para el embarazo y el uso, se seleccionaron los resultados del 90.93 %. La accesibilidad fue mayor que el propósito de la investigación propuesta originalmente y la disponibilidad mecánica se optimizó en un 12,99 %. Concluyo que el uso de RCM puede ayudar a determinar los errores clave y enriquecer la investigación más importante en Volquetes Mercedes-Benz Truck ACTROS 3344K. Para conseguir una mayor vida útil en todos los elementos del sistema.

Para brindar sustento teórico a la investigación, se realizó una búsqueda de información de libros referentes a las variables de estudio, se detalla a continuación:

Galoso, (2020) afirma en su tesis realizado en la universidad privada del norte señalan que, a lo largo de la historia, el mantenimiento ha pasado por diferentes etapas o generaciones. El mantenimiento puede ser definido como un conjunto de actividades que se llevan a cabo en un componente, equipo o sistema con el objetivo de garantizar que continúe desempeñando las funciones para las que ha sido diseñado, en el contexto operacional en el que se encuentra.

Pérez, (2021) describe lo siguiente, La existencia de algo puede no ser notada cuando todo marcha bien, y si surgen problemas, es posible que se niegue que ese algo estuviera presente. Incluso, en ocasiones, se argumenta que no se necesita algo cuando se trata de gastar dinero en ello. Sin embargo, cuando algo realmente no existe, todo el mundo coincide en que debería existir.

Según Pérez, (2021) existen tres tipos de mantenimiento: el correctivo, preventivo y predictivo. El mantenimiento correctivo se concentra en la reparación de los equipos después de una falla, lo que conlleva incertidumbre y dificultades en la planificación. Por otro lado, el mantenimiento preventivo se enfoca en reducir la probabilidad de averías, aumentar la vida útil de los equipos y mejorar la calidad de la producción. Por último, el mantenimiento predictivo se activa al detectar desviaciones en el comportamiento normal de un equipo, como ruidos o vibraciones, con el objetivo de prevenir averías inesperadas.

Marco, y otros, (2022) identificaron tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo. El mantenimiento correctivo se realiza después de que se produce una avería y su planificación es difícil debido a la incertidumbre de su aparición. Por otro lado, el mantenimiento preventivo busca reducir la probabilidad de averías, prolongar la vida útil de los equipos y mejorar la calidad de la producción. Finalmente, el mantenimiento predictivo se implementa cuando se detecta alguna desviación del comportamiento normal del equipo con el objetivo de prevenir averías imprevistas.

Para Villar, y otros, (2021) nos afirman lo siguiente, Durante la Segunda Guerra Mundial, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) fue creado en el sector de la aviación para solucionar el problema de los accidentes aéreos originados por fallas internas del motor del avión. En aquel tiempo, se producían aproximadamente dos accidentes al día, pero con la implementación de revisiones periódicas, se logró disminuir la cantidad de accidentes a uno cada dos semanas. Sin embargo, estas revisiones solo se realizaban cuando se presentaba una falla en el motor.

Para Arteaga , y otros, (2021) la metodología del del mantenimiento y confiabilidad es de dar garantía al activo y que cumpla su función para lo cual fue implementado en un proceso productivo esto quiere decir que el RCM se basa en dar la máxima confiabilidad de un proceso productivo comprendiendo la confiabilidad como la certeza de que un activo no falle.

Igualmente, Gonzales, y otros, (2022) nos afirman lo siguiente, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) es una solución efectiva para superar las limitaciones de una empresa en particular. Esta metodología se caracteriza por ser un análisis sistemático, objetivo y documentado que se puede aplicar a cualquier tipo de instalación industrial. El MCC es muy útil para desarrollar o mejorar un plan de mantenimiento preventivo eficiente, lo que contribuye a mejorar la confiabilidad de las instalaciones, aumentando así la rentabilidad de los procesos y el valor de los activos fijos.

Según Babazadeh, y otros, (2019) señalaron los objetivos y estrategias de mantenimiento en diversas industrias, como la manufacturera, transporte, energía y servicios. Se enfatiza la importancia de establecer metas claras en el

mantenimiento, como la disminución de costos, mejora de confiabilidad y seguridad del personal. También se discuten las estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para lograr estos objetivos.

Para Cinar, y otros, (2022) se refieren al MTTR como el tiempo promedio requerido para reparar un componente o sistema después de una falla, y contempla diferentes factores que influyen en el proceso de reparación, incluyendo el tiempo necesario para detectar la falla, diagnosticar el problema, esperar por las piezas de repuesto y realizar la reparación efectiva. La relevancia de considerar todos estos tiempos al calcular el MTTR es resaltada, junto con la necesidad de implementar una estrategia de mantenimiento predictivo inteligente en sistemas de manufactura

$$MTTR = \frac{TTM}{N^{\circ} PMC}$$

MTTR: Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo

TTM: Tiempo Total de mantenimiento correctivo

NPMC Número de Paradas por mantenimiento correctivo

Martinez, y otros, (2021) lo definen de la siguiente manera a media del lapso entre dos averías sucesivas en un sistema o componente dentro de un intervalo de tiempo específico. el MTBF representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías consecutivas en un equipo y es una medida fundamental para evaluar la confiabilidad de este. Esta medida se aplica extensamente en la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo de los equipos en la industria

$$MTBF = \frac{\text{horas Operativas}}{NPMC}$$

MTBF: tiempo medio entre fallos

Ho: Horas operativas

NPMC: número de paradas por mantenimiento correctivo

Por otro lado, referente a disponibilidad Gutiérrez, y otros, (2020) se refieren al porcentaje obtenido al dividir la diferencia entre el tiempo disponible (medido en horas calendario) y el tiempo utilizado en las intervenciones de mantenimiento (tanto preventivo como correctivo) entre el tiempo disponible de cada ítem. Por lo general, el tiempo empleado en mantenimiento se debe principalmente a la presencia de fallas mayores, que requieren cambios de repuestos o ajustes en la

maquinaria, entre otras actividades. Es importante para una empresa tener un adecuado plan de mantenimiento preventivo y correctivo para minimizar estos tiempos de interrupción en la producción, y así, aumentar la disponibilidad de los equipos.

Para Zamora, y otros, (2022) relacionan al funcionamiento y disponibilidad en un plazo definido. Esta característica es fundamental en el mantenimiento, ya que indica el porcentaje de tiempo en el cual un equipo se mantuvo capaz de producir, más allá de que haya sido usado o no. Por tanto, la disponibilidad es un aspecto crucial para garantizar la productividad de una empresa, logrando reducir los tiempos de detención de los equipos y así aumentar su capacidad productiva.

Así mismo, según Rigol, y otros, (2021) señalaron que la fórmula para determinar la disponibilidad es:

$$Disponibilidad = \times 100 \frac{(horas\ reales\ de\ operacion)}{horas\ planificadas\ de\ operacion}$$

Disponibilidad según Jahuria, (2021) se refiere a la capacidad de un camión para mantener su operatividad y capacidad de producción durante un tiempo específico, independientemente de si está siendo utilizado o no. Esta característica se puede aplicar tanto a la disponibilidad de la flota de camiones en general, como a la capacidad de los vehículos individuales para mantener su operatividad en situaciones específicas, como en diferentes condiciones operativas. La evaluación de la disponibilidad de estado estable puede ser crucial en la logística de transporte, ya que permite garantizar el funcionamiento continuo de la flota y minimizar interrupciones en la producción.

Cancion, (2021) Define a la confiabilidad como la probabilidad de que un sistema activo o componente trabaje adecuadamente durante un periodo de tiempo bajo condiciones operacionales. Meza, (2018) también describe a la confiabilidad como la probabilidad de que un equipo opere satisfactoriamente durante un tiempo determinado sin presentar fallas



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

R: confiabilidad

MTBF: tiempo medio entre fallos

MTTR: tiempo medio de mantenimiento correctivo

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

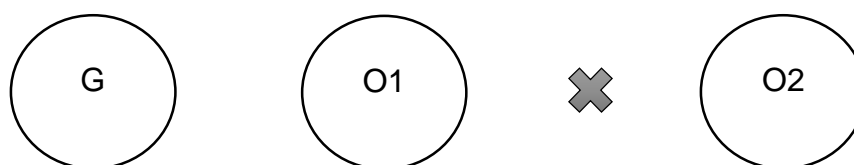
##### Tipo de investigación

El diseño de la investigación se evalúa y determina según sea el enfoque este estudio es de enfoque cuantitativo; así mismo, mediante su criterio se confirma resultados confiables y factibles a la vez; de tal forma bajo esta descripción, se sintetiza que esta investigación es de tipo Aplicada, ya que, lo que se pretende es identificar el problema a tratar y dar solución, la cual permite mejorar la disponibilidad de los camiones mineros en una empresa minera.

##### Diseño de investigación

Esta investigación recae en un diseño tipo Experimental, ya que, se estudia a un grupo definido, y no hay manipulación de las variables de estudio, así mismo, se da un enfoque de acercamiento de la realidad problemática en función al objeto de estudio, que donde se observa un solo caso en dos momentos (Pre-Prueba - Post Prueba). Tal forma, determina con el hecho se puede expresar, en contexto la existencia de un GRUPO EXPERIMENTAL en el cual se realiza una Pre-Prueba, para luego aplicar un ESTÍMULO en la Variable Independiente, para la obtención de resultados los cuales serán validados con la Post Prueba en función a la (MEJORA) que se tendría.

ESQUEMA:



DONDE

G= grupo

X= mantenimiento centrado en confiabilidad

O1: disponibilidad antes de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad pre estímulo

O2: disponibilidad luego de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad post estímulo.

### **3.2 Variables y operacionalización**

#### **Mantenimiento centrado en confiabilidad**

La metodología RCM o mantenimiento centrado en confiabilidad es una técnica que se emplea para lograr definir todos los pasos de mantenimiento adecuados y asegurar su correcto funcionamiento para el cual fue programado (MARCA, 2019).

#### **Disponibilidad**

La disponibilidad se considera a la medida que el equipo esté disponible para poder realizar operaciones específicas es toda probabilidad que un equipo funcione. Con todos sus parámetros estandarizados por el fabricante en cualquier momento que sea requerido (HUAYTA, 2020).

### **3.3 Población y muestra**

#### **Población**

La población para esta investigación lo conforman los 20 camiones de una empresa minera.

#### **Criterio de inclusión**

Solo camiones de acarreo de tierra con capacidad de carga 180 toneladas.

#### **Criterios de exclusión**

No se está considerando otros camiones ni máquinas que no sean para acarreo de tierra como cisternas de agua, cargadores frontales, motoniveladoras, compactadoras, grúas.

#### **Muestra**

Se está aplicando un muestreo no probabilístico y por conveniencia. La muestra viene ser igual a la población de estudio conformada por 20 camiones.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica**

En cuanto a la recopilación de información, utilizamos como técnica el análisis documental de bases de datos Excel, SAP, y base de datos registrado en tiempo

real de operación de los camiones para lograr obtener información de las variables a estudiar.

### **Instrumento**

Como instrumento tenemos la ficha de recolección de datos donde se estudiarán las variables mantenimiento centrado en confiabilidad y disponibilidad en un total de 20 camiones.

### **3.5 Procedimientos**

Para el inicio del estudio se programó una cita con el representante de la compañía minera para hacerle llegar alcances y beneficios que obtendrá al lograr aplicar la metodología RCM en los camiones mineros, con la cual se obtiene resultados beneficiosos en cuanto al incremento de horas de producción luego de haber resuelto la realidad problemática también se presentara la solicitud para la facilidad de obtener información de los camiones mineros para que al final se procede a evaluar la implementación y los resultados obtenidos.

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Para el análisis de datos se utilizamos la herramienta Excel y SAP para obtener datos relacionados con nuestras variables de estudio del total de camiones a estudiar modelo y serie, tomando registro del total de paradas, horas de producción, horas de operación reales al mes, horas planificadas de operación se calculara el (MTBF) para esto se registró el número de paradas por mantenimiento correctivo, duración del mantenimiento correctivo, se calculó el (MTTR) también se estudió las disponibilidades y confiabilidad totales.

### **3.7 Aspectos éticos**

En esta investigación se consideró la Normativa ISO y para el citado de cada párrafo investigado en marco teórico antecedentes y realidad problemática se consideró el autor como también el año cual fue su aporte se consideró los aspectos éticos del investigador honestidad, integridad se consideró resolución del consejo universitario N° 0589-2022 el tipo de instrumento que utilizo y su conclusión, se tomó consideración las normativas que la universidad cesar vallejo y guía que nuestro instructor nos facilitó y referente a los datos que se recolectaron a través

de las técnicas e instrumentos utilizados se manejó por interno con el permiso de la empresa minera.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 Diagnostico situacional del mantenimiento de los camiones mineros.**

#### **4.1.1 Determinación de la actividad actual del mantenimiento preventivo y correctivo realizado a los camiones mineros.**

En primer lugar, se procedió a mostrar el procedimiento actual del mantenimiento preventivo y correctivo realizado a los camiones mineros detallando las actividades del mantenimiento en un flujograma (figura 1).

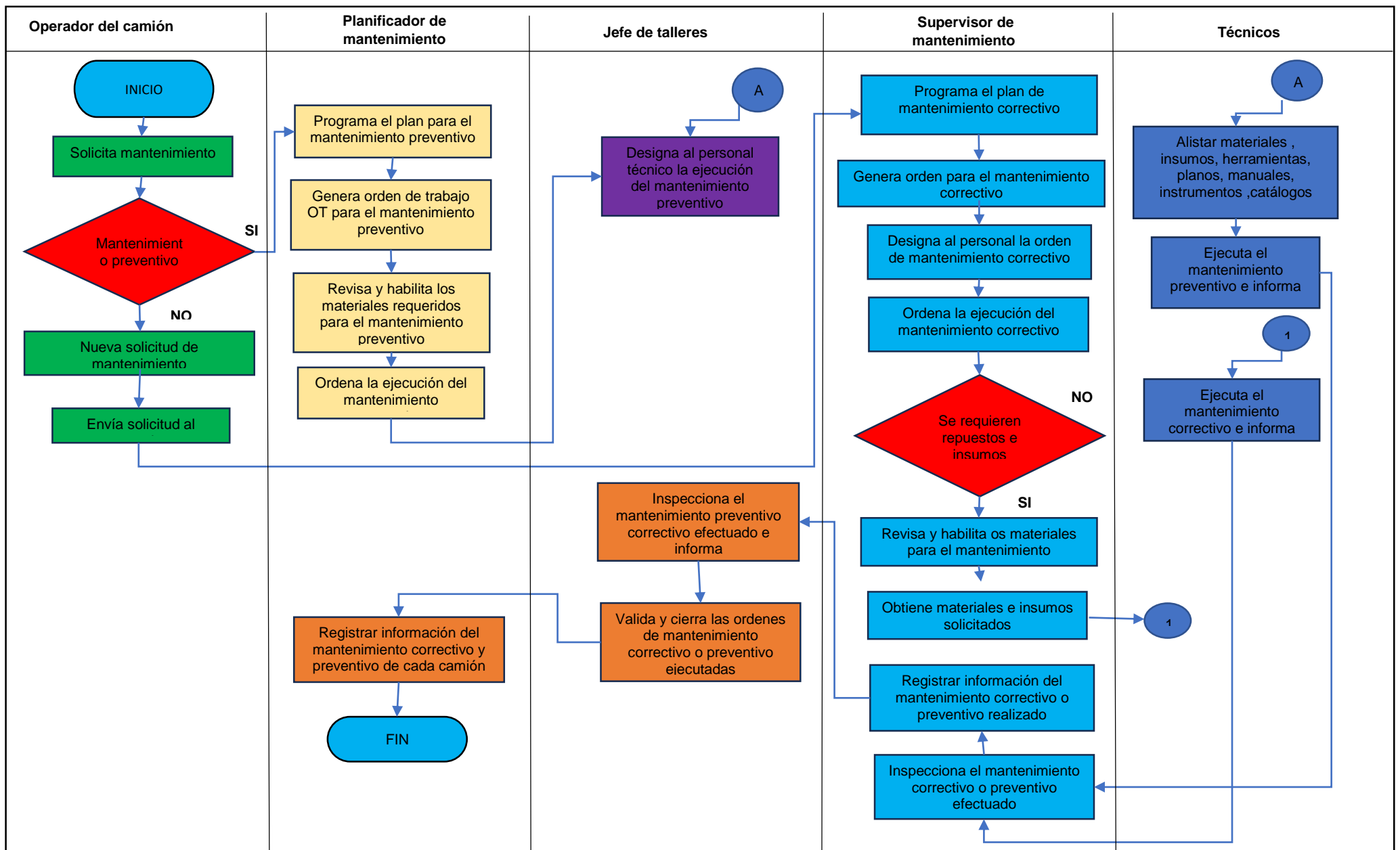


Figura 1: Flujograma actual de mantenimiento preventivo y correctivo del camión 730-E.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura número 1 se muestra el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo en la actualidad, inicia por el operador del camión, y termina con el registro de información por el planificador de mantenimiento.



#### 4.1.2 Determinación de causas y efecto mediante el diagrama de Ishikawa.

En base a la información recopilada se realizó un diagrama de ishikawa para determinar las causas que originan la baja disponibilidad en los camiones mineros mediante la siguiente figura.

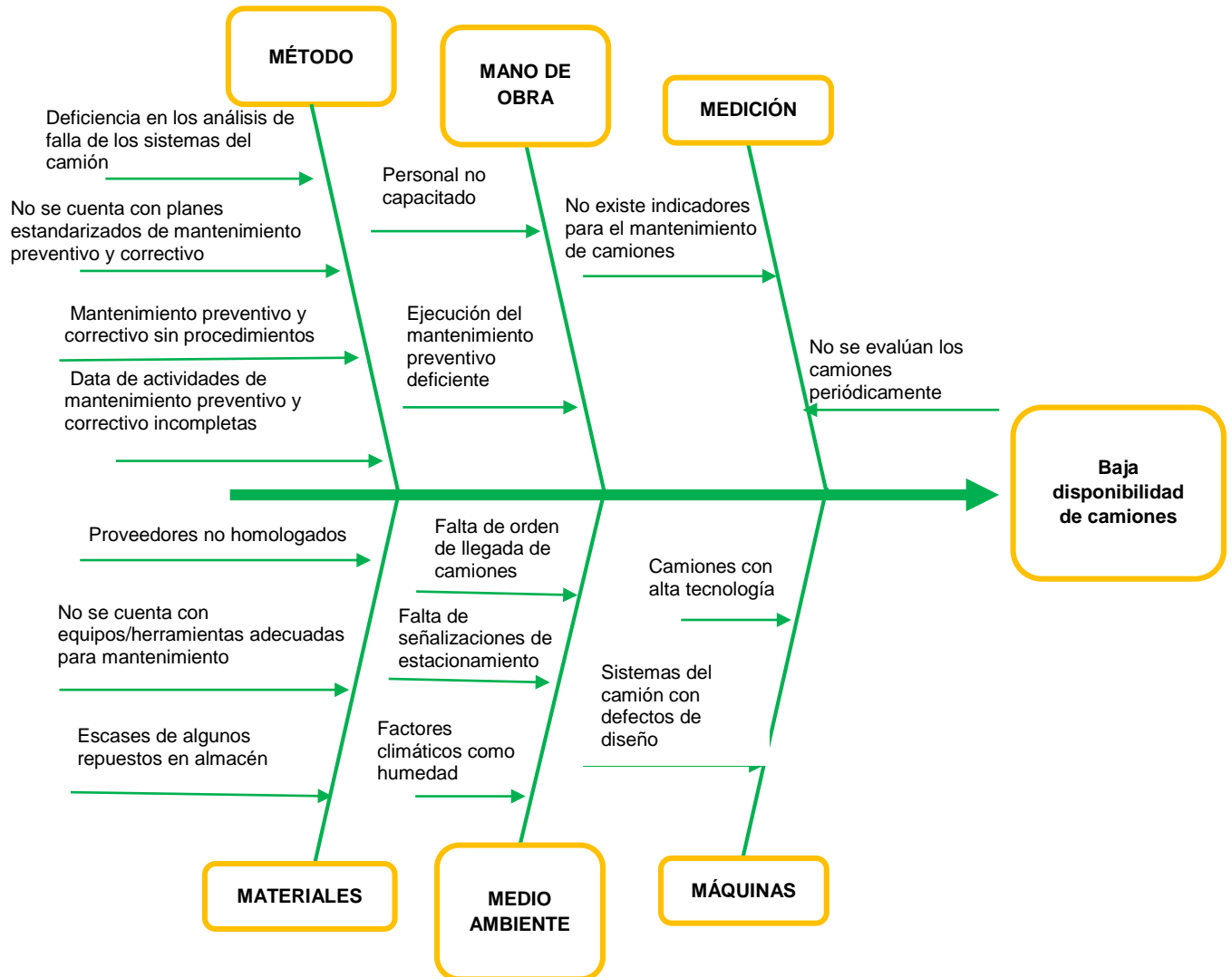


Figura 2: Diagrama de Ishikawa del mantenimiento de camiones mineros.

Fuente: Elaboración propia

Se identificó la causa principal y posteriormente se identificaron 16 sub-causas que afectan la baja disponibilidad de camiones mineros. Posteriormente se procedió a realizar la matriz de correlación para detectar las causas principales.

Tabla 1: Matriz de correlación de las causas de baja disponibilidad de camiones mineros.

Causas que originan una baja Disponibilidad			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	Correlación
1	Deficiencia en los análisis de falla de los sistemas del camión	C1		4	4	4	4	3	4	4	3	2	4	1	2	3	4	4	50
2	No se cuenta con planes estandarizados de mantenimiento y preventivo correctivo	C2	4		2	2	3	4	4	2	2	3	2	4	3	3	4	3	45
3	Data de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo incompletas	C3	4	2		4	4	1	2	3	3	1	3	2	2	2	4	3	40
4	Mantenimiento preventivo y correctivo sin procedimientos	C4	4	3	4		3	1	4	2	1	0	3	4	3	1	3	1	37
5	Ejecución del mantenimiento preventivo deficiente	C5	3	3	0	0		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	9
6	No existe indicadores para el mantenimiento de camiones	C6	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	7
7	No se evalúan los camiones periódicamente	C7	0	0	0	0	0	2		0	1	0	0	0	0	0	2	1	6
8	No se cuenta con equipos/herramientas adecuadas para mantenimiento	C8	0	0	0	0	0	1	0		1	1	1	0	0	0	1	0	5
9	Escases de algunos repuestos en almacén	C9	0	0	0	0	0	0	1	0		1	0	1	1	0	1	0	5
10	Falta de señalizaciones de estacionamiento	C10	1	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	0	1	4
11	Personal no capacitado	C11	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1		0	0	0	0	0	4
12	Proveedores no homologados	C12	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0		0	0	0	0	4
13	Factores climáticos como humedad	C13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		1	0	1	4
14	Falta de orden de llegada de camiones	C14	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	1	4
15	Sistemas del camión con defectos de diseño	C15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		1	4
16	Camiones con alta tecnología	C16	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0		4

Fuente: Elaboración propia

Luego de obtener las causas que afectan en la baja disponibilidad se registraron 16 causas en la que asignaron valores en cada relación del 1 al 4 describiendo al 1 como menor grado y 4 mayor grado el valor 0 se asignó para describir inexistencia de relación.

Tabla 2: Matriz de ponderación de las causas que generan la baja disponibilidad de camiones mineros.

Causas que originan una baja disponibilidad de camiones mineros	Número de veces ocurridas	Frecuencia acumulada	Porcentaje de ocurrencias	Porcentaje de frecuencias acumuladas
Deficiencia en los análisis de falla de los sistemas del camión	50	50	22	22
No se cuenta con planes estandarizados de mantenimiento correctivo	45	95	19	41
Data de actividades de mantenimiento correctivo incompletas	40	135	17	58
Mantenimiento correctivo sin procedimientos	37	172	16	74
Ejecución del mantenimiento preventivo deficiente	9	181	4	78
No existe indicadores para el mantenimiento de camiones	7	188	3	81
No se evalúan los camiones periódicamente	6	194	3	84
No se cuenta con equipos/herramientas adecuadas para mantenimiento	5	199	2	86
Escases de algunos repuestos en almacén	5	204	2	88
Falta de señalizaciones de estacionamiento	4	208	2	90
Personal no capacitado	4	212	2	91
Proveedores no homologados	4	216	2	93
Factores climáticos como humedad	4	220	2	95
Falta de orden de llegada de camiones	4	224	2	97
Sistemas del camión con defectos de diseño	4	228	2	98
Camiones con alta tecnología	4	232	2	100
<b>TOTAL, DE OCURRENCIAS</b>	<b>232</b>			

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo como resultado la causa 1 con un porcentaje de ocurrencias del 22%, seguido por la causa 2 con un porcentaje del 19% y la causa 3 con un porcentaje del 17% finalmente se obtuvo como ultima causa 4 con un 16% siendo las causas que generan baja disponibilidad de camiones minero

### 4.1.3 Gráfico de Pareto para determinar las causas de baja disponibilidad en los camiones mineros.

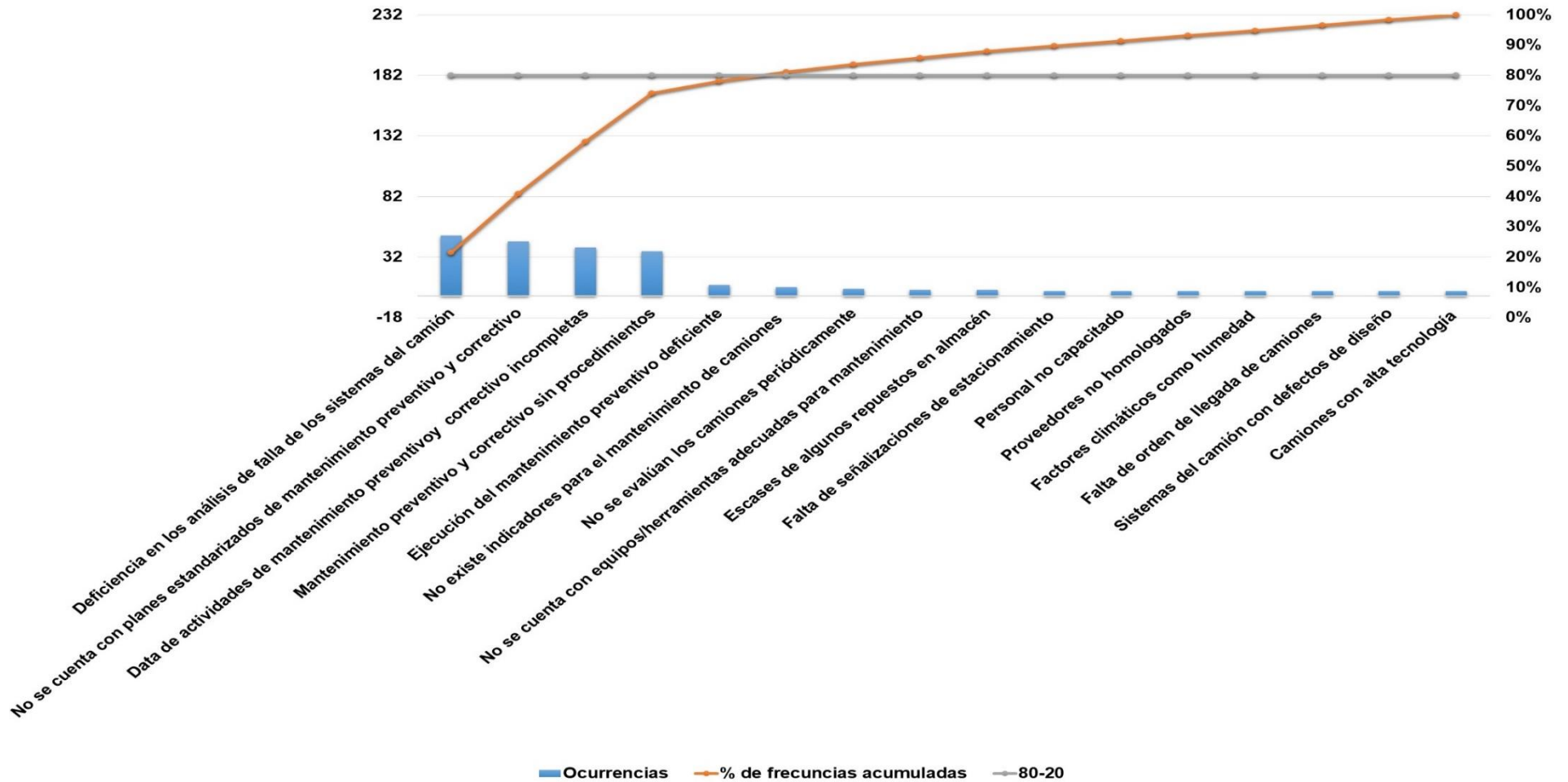


Figura 3: Grafico de causas de baja disponibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se determina las causas a través de la tabla 80-20 los problemas que generan baja disponibilidad en los camiones mineros: son deficiencia en los análisis de falla de los sistemas del camión, no se cuenta con planes estandarizados de mantenimiento preventivo y correctivo, falta de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo incompletas, mantenimiento preventivo y correctivo sin procedimientos. Ello quiere decir que se buscara dar soluciones con la finalidad de tener mejoras significativas.

Por otro lado, referente a la data recopilada, sobre la disponibilidad de camiones, se determina que:

#### **4.1.4 Indicadores de disponibilidad actual de los camiones de enero a marzo del 2023.**

Con la información recopilada para el periodo de enero del año 2023 se ha trabajado el cálculo de disponibilidad actual que se realizó con los datos que se muestran en la ficha de recolección de datos de la tabla 31 del anexo 2.

Tabla 3: Disponibilidad de camiones en el mes de enero.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)
1	HT01	730E	30	2	78	94
2	HT02	730E	26	8	70	77
3	HT03	730E	78	2	94	97
4	HT04	730E	46	3	73	95
5	HT05	730E	144	4	94	97
6	HT06	730E	84	5	85	95
7	HT07	730E	108	20	81	85
8	HT08	730E	92	4	83	96
9	HT09	730E	61	3	62	96
10	HT10	730E	44	3	62	94
11	HT11	730E	41	5	77	89
12	HT12	730E	66	4	74	95
13	HT13	730E	53	4	83	93
14	HT14	730E	49	4	79	93
15	HT15	730E	71	2	83	97
16	HT16	730E	47	3	82	94
17	HT17	730E	33	4	78	90
18	HT18	730E	139	3	83	98
19	HT19	730E	35	4	82	91
20	HT20	730E	156	3	91	98

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos en la tabla número 3 se obtuvieron de la ficha de recolección de datos con la finalidad de dar a conocer la disponibilidad actual en la que operan cada camión minero.

Tabla 4: Resumen de la disponibilidad del mes de enero.

<b>Disponibilidad promedio (%)</b>	<b>80</b>
<b>MTTR (hrs)</b>	<b>4</b>
<b>MTBF (hrs)</b>	<b>58</b>
<b>Confiabilidad promedio (%)</b>	<b>94</b>

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado final en el mes de enero un promedio total de disponibilidad de camiones mineros de 80% no considerando ser beneficioso para la empresa minera. Ya que se presentaron fallas en periodos cortos de 58 horas y los tiempos para reparar las fallas fueron de 4 horas, asimismo la confiabilidad llego al 94%.

Con la información recopilada para el periodo de febrero del año 2023 se ha trabajado el cálculo de disponibilidad que se realizó con los datos que se muestran en la ficha de recolección de datos de la tabla 32 del anexo 2.

Tabla 5: Disponibilidad de camiones en el mes de febrero.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)
1	HT01	730E	27	2	78	94
2	HT02	730E	24	7	69	77
3	HT03	730E	75	2	81	97
4	HT04	730E	42	2	79	95
5	HT05	730E	144	4	79	97
6	HT06	730E	81	5	79	95
7	HT07	730E	110	20	79	85
8	HT08	730E	93	4	79	96
9	HT09	730E	61	3	78	96
10	HT10	730E	45	3	78	94
11	HT11	730E	30	4	75	87
12	HT12	730E	66	4	75	95
13	HT13	730E	53	4	78	93
14	HT14	730E	32	2	79	93
15	HT15	730E	71	2	83	97
16	HT16	730E	47	3	82	94
17	HT17	730E	30	4	78	89
18	HT18	730E	139	3	83	98
19	HT19	730E	28	4	82	89
20	HT20	730E	156	3	91	98

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en la tabla número 5 se obtuvieron de la ficha de recolección de datos con la finalidad de dar a conocer la disponibilidad actual en la que operan cada camión minero.

Tabla 6: Resumen de la disponibilidad de mes de febrero.

Disponibilidad promedio (%)	79
MTTR (hrs)	4
MTBF (hrs)	54
Confiabilidad promedio (%)	94

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado final en el mes de enero un promedio total de disponibilidad de camiones mineros de 79% no considerando ser beneficioso para la empresa minera. Ya que se presentaron fallas en periodos cortos de 54 horas y los tiempos para reparar las fallas fueron de 4 horas asimismo la confiabilidad llego al 94%.



Con la información recopilada para el periodo de marzo del año 2023 se ha trabajado el cálculo de disponibilidad que se realizó con los datos que se muestran en la ficha de recolección de datos de la tabla 33 del anexo 2.

Tabla 7: Disponibilidad de camiones en el mes de marzo.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)
1	HT01	730E	23	1	78	94
2	HT02	730E	22	6	70	78
3	HT03	730E	45	2	94	96
4	HT04	730E	41	3	73	94
5	HT05	730E	30	1	94	96
6	HT06	730E	79	5	85	94
7	HT07	730E	68	20	81	78
8	HT08	730E	80	4	83	96
9	HT09	730E	79	3	62	97
10	HT10	730E	44	3	62	94
11	HT11	730E	41	5	77	89
12	HT12	730E	66	4	74	95
13	HT13	730E	53	4	83	93
14	HT14	730E	49	4	79	93
15	HT15	730E	71	2	83	97
16	HT16	730E	47	3	82	94
17	HT17	730E	33	4	78	90
18	HT18	730E	139	3	83	98
19	HT19	730E	46	5	82	91
20	HT20	730E	156	3	91	98

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos en la tabla número 7 se obtuvieron de la ficha de recolección de datos con la finalidad de dar a conocer la disponibilidad actual en la que operan cada camión minero.

Tabla 8: Resumen de la disponibilidad del mes de marzo.

Disponibilidad promedio (%)	80
MTTR (hrs)	4
MTBF (hrs)	53
Confiabilidad promedio (%)	94

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo como resultado final en el mes de enero un promedio total de disponibilidad de camiones mineros de 80% no considerando ser beneficioso para la empresa minera. Ya que se presentaron fallas en periodos cortos de 53 horas y los tiempos para reparar las fallas fueron de 4 horas, asimismo la confiabilidad llego al 94%.

#### **4.2 Diseño e implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para los camiones mineros.**

Para la ejecución de este plan se consideraron indicadores actuales de mantenimiento, se elaboró un plan de mantenimiento donde se establezcan todas las actividades que corresponden, este plan se elaboró fundamentándose según la norma SAE JA1011.

Para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad se creó un cronograma de actividades que se detallan a continuación en la tabla número 9.

Tabla 9: Cronograma de actividades de la implementación RCM.

Implementación de RCM en camiones mineros 730E	Agosto				Set-02				Oct-03				Nov-04				Dic-05			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Formación del equipo de trabajo</b>	■	■																		
Establecer equipos con el personal relacionado para trabajos de RCM	■	■																		
Seleccionar al personal apropiado para conformar equipos de RCM	■	■	■																	
Programar reuniones con el equipo de RCM en talleres de la empresa minera	■	■	■																	
Recoger los datos brindados por el personal del equipo RCM y responder las interrogantes de la norma SAE JA1011		■	■	■																
<b>Precisar los alcances de la taxonomía de análisis del camión</b>					■	■	■	■	■											
Identificación de los sistemas del camión					■	■														
Identificación de los subsistemas del camión					■	■														
Descripción de los componentes de los subsistemas						■	■													
Distribuir en sistemas, subsistemas y elemento del camión minero.								■	■											
<b>Análisis de los modos de fallas AMEF en la flota de camiones 730E</b>									■	■	■	■	■	■	■	■				
Determinar los efectos de las fallas de los sistemas									■	■										
Identificar los modos de falla de los sistemas del camión										■	■									
Determinar las fallas de los sistemas													■	■						
Definir funciones de los sistemas del camión														■	■	■				
<b>Realizar el nuevo plan de mantenimiento centrado en RCM para la flota de camiones.</b>														■	■	■				
Definir tareas dentro del proceso de mantenimiento para el tipo de falla según el componente del camión.														■	■	■				
Describir las actividades propuestas														■	■	■	■	■	■	
Detallar con que frecuencias se realizan las actividades de mantenimiento para cada pieza del camión minero.														■	■	■	■	■	■	
Estimar el tiempo de cada actividad a realizar														■	■	■	■	■	■	
Desarrollar registro de chek list de actividades de mantenimiento														■	■	■	■	■	■	

Fuente: Elaboracion propia.

El cronograma nos muestra las fechas de inicio a fin de la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad con la finalidad que los planes programados por semana y mes se lleguen a cumplir no retrasando el proceso de implementación.

#### 4.2.1 Implantación del RCM para los camiones mineros

Atraves del siguiente diagrama de bloques se da a conocer a detalle el proceso de implantación del plan RCM que se realizara en los camiones mineros.

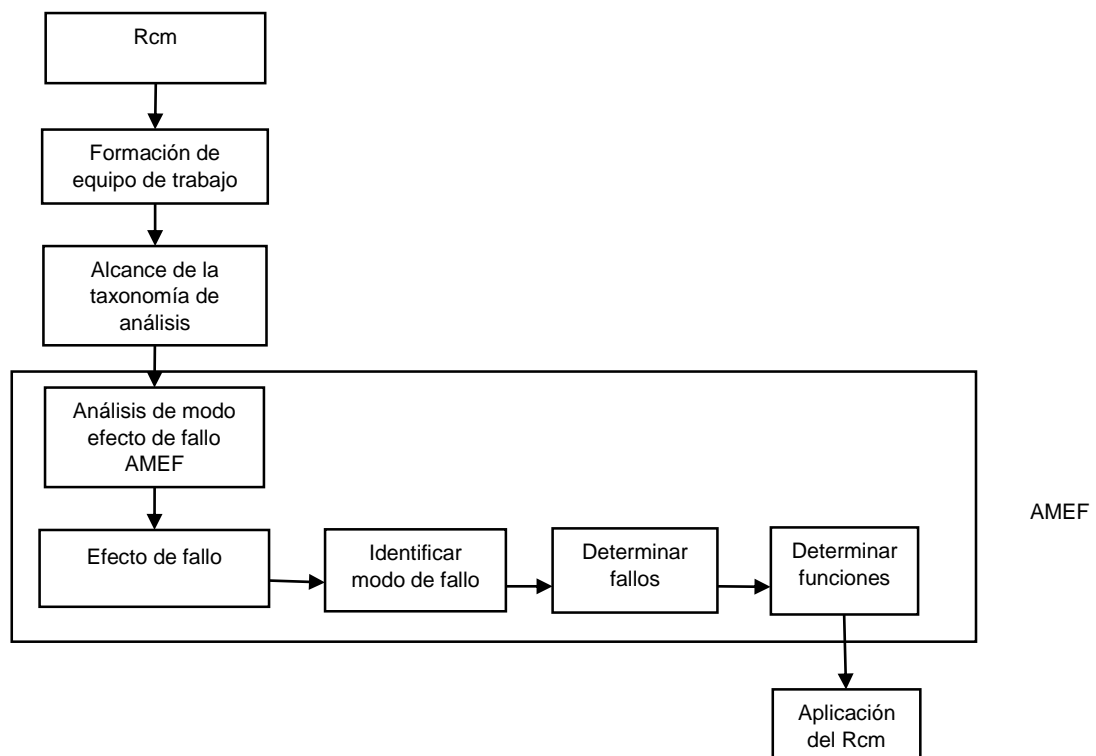


Figura 4: Implantación RCM.

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente diagrama de bloques se elaboró para identificar el proceso de implementación del rcm en los camiones mineros iniciando con la formación de equipo de trabajo, asimismo el cuadro que encierra las 5 etapas son las las más consideradas para realizar el AMEF y determinar el nivel de prioridad de un componente, y al termino aplicando el plan a los sistemas del camión minero.

#### 4.2.2 Formación de equipo de trabajo.

La formación del equipo de trabajo se conforma según el diagrama de la figura número 4.

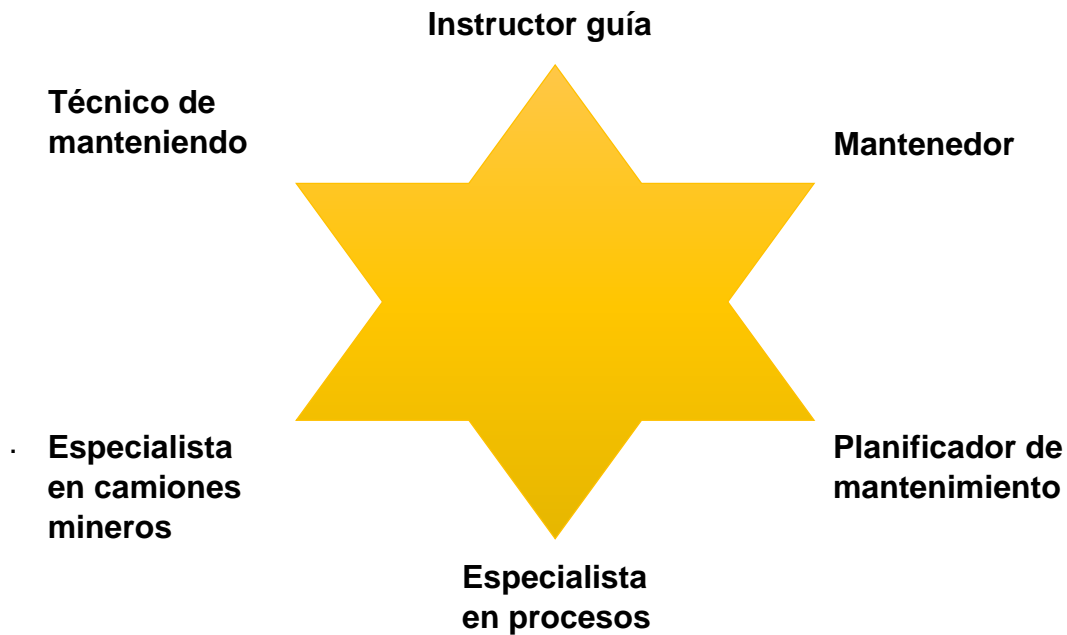


Figura 5: Formación del equipo de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Funciones de los miembros del equipo de trabajo para la implementación RCM de camiones en una empresa minera.

##### a) **Técnico de mantenimiento:**

Es la persona encargada de ejecutar los planes establecidos por el área de mantenimiento, realizar informes de las actividades ejecutadas supervisar el buen funcionamiento de cada sistema que conforma el camión y tiene que estar en coordinación con todos los involucrados del equipo RCM.

##### b) **Instructor guía:**

Es el especialista que dirigirá la lógica del RCM además llevar el análisis por buen camino, también debe encargarse de que el RCM sea entendible y ejecutado por los integrantes, de igual forma debe realizar el seguimiento de los avances para culminar en el tiempo programado.

**Funciones:**

- Ser el líder del equipo de trabajo que determine los modos de fallo y las consecuencias, así como la programación de actividades de mantenimiento.
- Ser el soporte para definir el nivel que se debe realizar en los modos de fallo y efectos
- Asegurarse que las reuniones sean orientadas profesionalmente.
- Tener la seguridad de un acuerdo con el equipo de trabajo

**c) Mantenedor:**

Lo conforman los técnicos supervisores involucrados a los mantenimientos diarios de los camiones.

**Funciones:**

- Coordinar los planes y secuencias de las actividades basado en el estado de la flota de camiones, revisar continuamente el estado de las herramientas y equipos que se usan.
- Sugerir acciones que sean de beneficio para los camiones, planes como contratación de personal descargos o medidas disciplinarias.
- Realizar investigaciones de daños o accidentes.
- Implementar procedimientos de mantenimiento y reparación en campo.

**d) Planificador de mantenimiento:**

Encargado de llevar el registro de los planes de mantenimiento según horas de trabajo de los camiones, además el planificador cuenta con un registro de información de paradas de camiones, demoras e indicadores.

**Funciones:**

- Realiza las coordinaciones logísticas inventario de materiales solicitados por técnicos y operadores
- Gestionar las fechas para los mantenimientos.
- Analiza la información resaltante de equipos. Crear informes de los mantenimientos.
- Realizar otras actividades encomendadas por el supervisor inmediato dentro del área.

**e) Supervisor de procesos:**

Facilita información de los procesos de las áreas involucradas con el mantenimiento, identificar mejoras para cumplir el objetivo de confiabilidad y disponibilidad.

**Funciones:**

- Ser líder multifuncional de la metodología RCM para mejores oportunidades.
- Soportar a la organización comercial
- Coordinar con el área administrativa para optimizar procesos

**i) Especialista de camiones mineros:**

Es la persona que se encarga de facilitar todos los datos técnicos de fábrica para alguna evaluación en especial del camión minero, con esto se realiza el análisis de fallos de manera más eficiente, paso esencial para realizar la implementación del RCM.

**Funciones:**

- Supervisar y ejecutar tareas en campo sugeridas por fábrica.
- Enviar reportes técnicos, realizar análisis de fallas y solucionar problemas y fallos de material con ayuda de soporte técnico.
- Hacer cumplimiento de lo establecido por la empresa minera.

**4.2.3 Programación de reuniones con el equipo RCM en el área de la empresa minera.**

Luego de describir las funciones de cada integrante del equipo se procede a dar el alcance en las reuniones que se llevan a cabo.

Tabla 10: Temas tratados en la reunión con el equipo RCM.

Temas tratados en la reunión	Agosto 2023		
	semana 2	semana 3	semana 4
Importancia del RCM en los camiones mineros			
Beneficios que se obtendrán luego de la implementación			
Explicación de que se trata la implementación			
Responder las preguntas de la Norma SAE JA1011			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 10 se dieron los alcances del RCM al equipo designado las reuniones se realizaron con éxito y los involucrados lograron entender la importancia del RCM y en cuanto beneficiaría los camiones en la operación.

#### 4.2.4 Recoger los datos brindados por el personal del equipo RCM y responder las interrogantes de la norma SAE JA1011.

La norma JA1011 establece 7 preguntas las cuales se deben responder durante desarrollo del plan RCM, la finalidad de responder estas preguntas es entender en términos generales a que equipo estamos aplicando el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad.

Tabla 11: Preguntas y respuestas de los camiones mineros a través de la norma RCM.

N°	Descripción de la pregunta	Respuestas
1	¿Cuál es la función de los camiones en la empresa minera?	Trasladar tierra a una distancia determinada.
2	¿De qué manera puede fallar al cumplir su función?	En operaciones largas sin programaciones de inspecciones.
3	¿Cuál es la causa de la falla?	malas prácticas de operación, no se realizan inspecciones rutinarias, escasez de mantenimientos preventivos.



4	¿Qué sucede cuando se presenta la falla?	Se produce el paro del camión y por lo tanto no se logra trasladar la materia prima.
5	¿De qué manera afecta la falla?	Reduciendo la producción.
6	¿Qué puede hacerse para prevenir o reducir la falla?	Aplicando procedimientos de mantenimiento RCM
7	Que debe hacerse si no se encuentra una tarea adecuada	En repetidas veces se sigue operando el camión a pesar de que las fallas siguen presentándose, arriesgándose a producir daños más graves en diferentes componentes como sucede en diferentes ocasiones cuando se rompen partes o accesorios del camión. Recomendación: paralizar el camión y reportar la gravedad de la falla.

Fuente: Anexo 3. Figura 13.

Una vez respondida las preguntas establecidas por la norma JA1011, se tiene conocimiento respecto al funcionamiento del camión en qué ambiente opera que causa que el camión falle, y mediante las respuestas entendemos cada interrogante planteada.

#### **4.2.5 Determinación de los alcances de la taxonomía de análisis del camión minero.**

##### **a) Identificación de los sistemas a los que se aplica el RCM**

la empresa minera cuenta con un total de 20 camiones de acarreo todos los camiones tienen los mismos sistemas. Que frecuentemente presentan las mismas fallas en el transcurso de su operación.

La metodología RCM se enfoca en todos los equipos con componentes similares. Así se logra un RCM universal.

- Sistema de actuación del motor

- Sistema hidráulico
- Sistema de transmisión
- Sistema eléctrico
- Chasis y carrocería

Luego de seleccionar los sistemas se procede a desglosar sus componentes.

## b) Taxonomía de análisis

Una vez conocido los sistemas a los cuales se va a aplicar el plan se describe el alcance de la taxonomía RCM el cual consiste en realizar la clasificación e identificación de cada sistema para que se proceda a identificar sus componentes del camión minero.

La norma ISO 14224 acoge a las maquinarias en una estructura jerárquica que se desglosa de mayor a menor detalle.

Tabla 12: Taxonomía de análisis del RCM de los camiones mineros.

Clases	Sistema
Sistema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motor</li> <li>2. Traslación</li> <li>3. Hidráulico</li> <li>4. Eléctrico</li> <li>5. Chasis tolva</li> </ol>
Subsistema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Admisión</li> <li>2. Transmisión</li> <li>3. Actuadores</li> <li>4. Generación</li> </ol>
Componente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Turbocompresor</li> <li>2. Embrague</li> <li>3. Cilindro</li> <li>4. Alternador, arrancador</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia.

Después se procede con la identificación de los sistemas a los cuales se va a aplicar el plan, se procede a describir a detalle cada sistema, subsistema y componentes del camión minero.

Tabla 13: Desglose de los sistemas de un camión minero.

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Componente</b>
Motor	Enfriamiento	Radiador Bomba de agua Ventilador Líneas de enfriamiento termostatos
	combustible	Bomba de combustible Inyectores Tanque de combustible Filtros Ecm de combustible
	Escape	Múltiple de escape Silenciadores Turbos Enfriador de agua
	Admisión	Enfriador de aire Turbocompresores Filtros de aire
	lubricación	Bomba de aceite Enfriador de aceite
Eléctrico	Propulsión eléctrica	Control de propulsión Software de propulsión Inversores Rectificadores Arnés eléctrico de potencia
Mandos finales	Aros, neumáticos	Neumáticos
	Eje delantero y cubo	Eje propulsor
Suspensión	suspensión	Delantera, posterior Pistones de suspensión

Sistema hidráulico	Dirección	Bomba de dirección Sensor de dirección Acumulador de aceite Líneas de dirección Barras de dirección Pines, bocinas, rodajes de dirección
	Circuito hidráulico	Válvula de dirección Cilindro de dirección Tanque hidráulico Líneas hidráulicas Bomba hidráulica
	Circuito de levante	Válvula de levante Cilindro de levante
Cabina	Cabina del operador	Estructuras Cinturón de seguridad Controles Asiento del operador
	Aire acondicionado	Compresor A/C Líneas de calefacción Unidad de aire acondicionado
Lubricación automática	Sistema de lubricación	Sistema automatizado Líneas de lubricación Reserva de grasa
Estructura	Guardas, estructuras	Escaleras, barandas Plataformas chasis
	tolva	Tolva Pines pivot Seguro de traba

Frenado	Frenos delanteros	Discos de freno pastillas líneas de freno
	Frenos traseros	Discos de freno Pastillas de fricción Líneas de frenado Freno de parqueo
	Circuito de freno hidráulico	Válvula de control Válvula de freno Líneas Acumulador de freno

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió realizar el desglose de 9 sistemas del camión minero, dentro de los cuales se encontraron 20 subsistemas, asimismo se identificaron 69 componentes a los cuales se les aplicara el RCM.

#### 4.2.6 Análisis de los modos de fallas AMEF en la flota de camiones 730E.

Luego de haber clasificado los sistemas del camión se ha desarrollado el AMEF (análisis de modo efecto de fallo) para los sistemas que tiene el camión, esto por superar una antigüedad aproximada de 15,000 horas de operación, la cual sugiere que hay un riesgo que se incrementen las fallas en los demás sistemas.

En el formato AMEF se completa con el número de prioridad del riesgo NPR, para así identificar las partes más críticas a los que se debe atender con prioridad.

$$NPR = G \times O \times D$$

Tabla 14: Nivel de prioridad NPR.

<b>NPR &gt; 180 crítico</b>
<b>180 &gt; NPR &gt; 120 semi crítico</b>
<b>NPR &lt; 120 no crítico</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Criterio de valoración del nivel de prioridad de fallas.

<b>Gravedad</b>	
Definición de los criterios	valoración
Falla inapreciable	1
Escaza Falla mínima	2 a 3
Baja falla inminente	4 a 5
Media, fallo	6 a 7
Alto, falla critica	8 a 9
Elevado, problemas de seguridad y medio ambiente	10
<b>Ocurrencia</b>	
Definición de criterios	valoración
1 falla cada 5000 horas	1
1 falla cada 5000 a 6000 horas	2 a 3
1 falla cada 1500 a 5000 horas	4 a 5
1 falla cada 250 a 500 horas	8 a 9
1 falla cada 250 horas	10
<b>Detección</b>	
Certera	1
Intermedia	2 a 3
Moderada	4 a 5
frecuente	6 a 7
Elevada	8 a 9
Muy elevada	10

Fuente: Elaboración propia.

La tabla de valoración se estableció para determinar el nivel de prioridad de un componente, asimismo se establecieron 6 valores por cada criterio que ayudaron evaluar a cada componente con ayuda de AMEF.

Tabla 16: Data de información AMEF de los sistemas del camión minero.

Sistema	Subsistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	g	o	d	Nivel de prioridad npr
Motor	Enfriamiento	radiador	realizar el intercambio de calor refrigerar al motor	no disipa el calor	impacto de material	si falla el radiador se paraliza el motor por recalentamiento y rajaduras internas	1	4	2	8
		bomba de agua	recircular el agua para el enfriamiento	pierde presión	fugas por el sello mecánico	se pierde refrigerante y el enfriamiento es menor	1	5	2	10
		Ventilador	generar aire para transferirlo al radiador para disipar el calor	flujo de aire insuficiente	alabes rotos	recalienta el motor, se para el motor	2	2	1	4
		Líneas de enfriamiento	conducir el fluido refrigerante hacia los enfriadores	perdida de refrigerante	picaduras de las tuberías o mangueras	el motor recalienta y se paraliza	2	2	1	4
		termostatos	mantener la temperatura ideal del motor	el termostato no regula	se queda pegado abierto o cerrado	sobrecalentamiento o el motor trabaja frío	2	3	4	24
	Combustible	Bomba de combustible	enviar combustible a los inyectores	caudal insuficiente de combustible	fugas de combustible	pierde potencia se paraliza el motor	2	3	1	6
		Inyectores	dosificar combustible a los cilindros	exceso de combustible en el cilindro	fugas por las toberas	resortes rotos asientos de toberas cavitadas	2	3	2	12
		Tanque de combustible	almacenar combustible para la operación	almacenamiento inadecuado	fugas extensas	combustible se derrama al suelo	10	3	4	120
		Filtros	retener las impurezas	exceso de partículas en los filtros	filtros rotos internamente	perdida de potencia bajo rendimiento del motor	2	2	1	4
		Ecm de combustible	indicar el tiempo de inyección a los cilindros	exceso de códigos de falla	cables a tierra afectan su programación	se alertan códigos y se paraliza el motor	1	2	3	6
	Escape	Múltiple de escape	conducir los gases de la combustión al exterior	fugas de gases de escape	pernos sueltos, empaques quemados	el motor pierde potencia se minimiza la operación	8	2	5	80
		Silenciadores	reducir el ruido de la combustión del motor	exceso de ruido	silenciador roto ajuste incorrectos	la operación sigue, pero afecta el ambiente	3	3	4	36
		Turbos	ayudar a comprimir el aire al interior de las unidades	el motor calienta	alabes de turbos rotos	se paraliza l motor	4	5	3	60

		Enfriador de agua	disipar el calor del motor	no disipa el calor	obstrucción de enfriador	se Elva la temperatura y se paraliza el motor	2	3	2	12
	Admisión	Enfriador de aire	enfriar el aire caliente que ingresa el motor	no enfría aire	roturas internas	el motor pierde potencia se minimiza la operación	8	5	1	40
		Turbocompresores	ayudar a comprimir el aire al interior de las unidades	el motor calienta	alabes de turbos rotos	se paraliza l motor	2	2	1	4
		Filtros de aire	retener las impurezas de aire del exterior	escases de aire en el cilindro	filtros obstruidos	se reduce la operación del motor	2	5	3	30
		lubricación	Bomba de aceite	generar la presión necesaria para lubricar las partes del motor	baja presión de aceite	desgaste de piñones, obstrucciones válvula de alivio	se paraliza el motor	4	3	2
	Enfriador de aceite		enfriar el aceite caliente que ingresa el motor	no enfría el aceite	roturas internas	el motor pierde potencia se minimiza la operación	1	2	4	8
Eléctrico	Propulsión eléctrica	Sistema de control de propulsión	controlar eficazmente la propulsión caja y mandos finales	se pierde tracción	deficiencia de control	se reduce la fuerza de tracción	3	4	2	24
		Software de propulsión	programar las funciones de las actuadoras de propulsión	escases de control de propulsión	Circuito abierto sensores deteriorados	se retrasa la operación	7	8	7	392
		Inversores	diodos inversores que pasan corriente DC AC	no rectifican correctamente la tensión	circuito abierto	perdida de función de la propulsión	5	5	7	175
		Rectificadores	elementos rectificadores de corriente AC a DC	pierde la capacidad de rectificación	circuito abierto	se pierde el voltaje en la tracción	7	5	5	175
		Cableado eléctrico de potencia	conducir las señales del ECM a los actuadores	cortes de corriente	Circuito abierto, contaminación por corriente parasita	se paraliza la tracción	5	7	6	210
		Control del gabinete	proteger los componentes que controlan el camión	perdida de protección mecánica	falla de aislamiento	componentes eléctricos dañados	5	5	5	125

Mandos finales	Aros, neumáticos	Neumáticos	brindar tracción para la dirección de frenado apoyo en golpes por amortiguación	pérdida de capacidad de tracción	cortes y desgaste en la banda de rodamiento	perdida en el control de la tracción	2	2	1	4
		eje propulsor			fatiga		8	2	2	32



	Eje delantero y cubo		soportar el peso bruto del camión transmitir fuerza	perdida de fuerza		pérdida de control de tracción				
Suspensión	Suspensión	Delantera, posterior	controlar la estabilidad del camión	escases de estabilidad	falla por sellos	fugas de aceite o nitrógeno	3	4	5	60
		Pistones de suspensión	absorber los impactos de la superficie	golpes por estabilidad	fallas por rotura o cavitación	fugas de aceite o nitrógeno	6	5	4	120
Sistema hidráulico	Dirección	Bomba de dirección	abastecer aceite al circuito de dirección	se pierde el caudal de aceite	se rompen los pistones de la bomba	perdida de presión en a dirección	3	4	3	36
		Sensor de dirección					5	5	6	150
		Acumuladores	acumular energía hidráulica para evitar fluctuaciones	no se acumula energía	fugas por válvulas de retención	frenado brusco	6	4	4	96
		Líneas de dirección	direccionar aceite	no se mantiene la presión en el sistema	fugas por orines	pérdida de capacidad de dirección	1	7	6	42
		Barra de dirección	poner en dirección el giro de los neumáticos	falta de Angulo de giro	ajustes inadecuados	el camión se desliza a un lado	6	2	1	12
		Pines bocinas rodajes de dirección	sujetar cilindro	se impide el movimiento relativo	falla en sellos	aberturas de bocinas	4	6	7	168
	Circuito hidráulico	Válvula de dirección	direccionar el flujo de aceite de dirección	se generan acumulación de aire	válvula agarrotada	la capacidad de la dirección se reduce	4	2	6	48
		Cilindro de dirección	transmite la potencia hidráulica a la barra direccional	no se transmite potencia	rotura de sellos	se traba la dirección	6	3	5	90
		Tanque hidráulico	recolección de aceite para el circuito	no se garantiza la hermeticidad de aceite	exceso de desgaste en el respiradero	se contamina el sistema hidráulico	2	5	6	60
		Líneas hidráulicas	conducir el aceite ql sistema	no se mantiene la presión de trabajo	fugas por orines	se pierde la capacidad de respuesta	4	6	4	96
		Bomba hidráulica	proporcionar aceite hidráulico	no se impulsa aceite según la cantidad que se requiere	desgaste por contaminación	se pierde la eficiencia del sistema hidráulico	3	4	3	36
	Circuito de levante	Válvula de levante	transmitir aceite a los cilindros de levante	no se transmite el caudal que se requiere	fugas	levante lento	5	2	4	40
		Cilindro de levante	generar la fuerza hidráulica para levantar la tolva	no se transmite la fuerza	rotura de sellos	se traban los cilindros	3	2	2	12
Cabina	Cabina del operador	Estructuras	protege al operador de materiales	no provee protección	rajaduras dobladuras	perdida de seguridad	7	5	2	70

		Cinturón de seguridad	asegurar al operador	no provee fijación	desgaste de correa y seguro	perdida de seguridad ante accidente	4	4	3	48
		Controles								
		Asiento del operador	brinda el confort al operador	no absorbe el impacto	se desgasta el aislamiento	enfermedades ocupacionales	3	4	5	60
	Aire acondicionado	Compresor de aire	comprimir aire para la evacuación del calor	se pierde la compresión	desgaste de cámaras herméticas	se pierde confort	3	3	4	36
		Líneas de refrigerante	conducir aire hacia la unidad de aire	se pierde refrigerante	fugas por abrazaderas	se pierde confort	5	5	3	75
Unidad de aire acondicionado		controlar la dirección de flujo de aire	flujo bajo	fallas eléctricas	confort bajo en la cabina	4	7	2	56	
Lubricación automática	Sistema de lubricación	Sistema automatizado	lubricar partes mecánicas del camión	no se mantiene la lubricación	fallas en la programación	fallas de sensores	5	7	8	280
		Líneas de lubricación	conducir la grasa a los pines y bocinas	no se traslada la grasa	rotura de líneas	se pierde la lubricación en pines	2	4	5	40
		Reserva de grasa	almacenar la grasa en recipientes	perdida de hermeticidad	agrietamiento	se contamina la grasa	5	5	4	100
Estructuras	Guardas estructurales	Escaleras barandas	asegurar el tránsito a la cabina	no se provee acceso	fractura de soldaduras	se pierde seguridad para el acceso al camión	5	2	7	70
		Plataformas	visualizar componentes de manera segura	no se provee acceso seguro	fracturas en plataformas	golpes caídos durante el mantenimiento	4	5	1	20
		chasis	soportar el peso del camión	no se brinda la rigidez	roturas de soldaduras	grietas, fallas catastróficas	3	3	4	36
	tolva	Tolva	soportar la carga del camión	no soporta la carga correctamente	roturas en base de tolva	riesgo de accidentes	4	4	3	48
		Pines de pivot	punto de apoyo para el giro entre chasis y tolva	No gira el pivot	Agarrotamiento de pin	atascamiento sobreesfuerzo	3	3	2	18
		Seguro de traba	bloquea el descenso de la tolva	no bloquea la tolva	rotura de cable	perdida de seguridad en el mantenimiento	2	2	5	20
Frenado	Frenos delanteros	Discos de freno	superficie donde se aprietan los calíper de frenado	no disipa calor adecuadamente	desgaste	se reduce la capacidad de frenado	2	4	7	56
		pastillas								
		líneas de freno	conducir aceite hacia los pistones de frenado	no se aplican presión de frenado	cristalización de pastillas	calentamiento	1	4	6	24
	Frenos traseros	Discos de freno	superficie donde se aprietan los Cali per de frenado	no disipa calor adecuadamente	desgaste	se reduce la capacidad de frenado	4	5	5	100
		Pastillas de fricción	Ajustar los discos para frenar	Frenado deficiente	Cristalización desgaste	Se reduce la capacidad de frenado	2	4	7	56
		Líneas de frenado	conducir aceite hacia los pistones de frenado	no se aplican presión de frenado	cristalización de pastillas	calentamiento	2	5	8	80
		Freno de parqueo	es un dispositivo para mantener estático el camión	no detiene el camión	desgaste de discos	pérdida de capacidad de detención	3	5	1	15

		Válvula de control	recibir aceite de bomba y acumuladores	no se envían aceite a los frenos	se agarrotan los eventos	incapacidad de frenar	3	2	1	6
	Circuito hidráulico de freno	Válvula de freno	recibir señales de operador	no envía señales de operación	se atasca el pedal de freno	incapacidad de frenar	3	4	1	12
		Líneas	conducir la presión de aceite a la válvula de control	no envía presión de aceite	atascamiento de pedal	incapacidad de frenado	3	5	3	45
		acumulador	mantener la presión de trabajo	la presión es por debajo de lo especificado	fuga en el acumulador	incapacidad de frenar	2	3	1	6

Fuente: Elaboración propia

El NPR sirvió para determinar a qué sistema se aplicará un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad es decir un sistema y componentes que presenten fallas frecuentes y que disminuyan la disponibilidad del camión y con el AMEF logramos diseñar un nuevo plan para cada componente del camión.

Los resultados que se verifican en la tabla del AMEF sirven para determinar que el RCM es recomendable aplicarlo a todos los sistemas del camión ya que así lograremos disminuir el número de fallas en los sistemas y lograremos mayor disponibilidad del camión. Desde el punto de vista técnico una falla que se presenta en un sistema es ocasionados por fallas de otros sistemas ajenos.

Se detectaron 5 componentes críticos según el nivel de prioridad los cuales pertenecen al sistema eléctrico, se procedió a realizar el plan para el sistema eléctrico asimismo para todos los sistemas descritos en la tabla de del AMEF.

#### 4.2.7 Plan de mantenimiento basado en RCM para la flota de camiones 730E.

Tabla 17: Plan de mantenimiento según RCM para los subsistemas del camión.

Subsistema	Componente	A condición	Renovación	Reemplazo cíclico	Tarea propuesta	Frecuencia de la tarea por sistema	Duración	Realizar con
Enfriamiento	radiador	X			inspecciones diarias en el proceso de mantenimiento preventivo	diario	5 min	operador
	bomba de agua	X			inspecciones frecuentes en el proceso de mantenimiento preventivo	diario	5 min	operador
	Ventilador	X			inspecciones visuales en el proceso de mantenimiento preventivo	250 h	15 min	operador
	Líneas de enfriamiento			X	Reajustes y cambio de abrazaderas mangueras	5000h	1 h	operador
	termostatos			X	reemplazar antes del cumplimiento de horas	5000h	4 h	técnico mecánico
Combustible	Bomba de combustible	X			descarga información del ECM para verificar su estado, inspeccionar visualmente	1000 h	2 h	técnico electrónico
	Inyectores			X	diagnosticar en el software su estado cambiar si es necesario	4000 h	3 h	técnico electrónico
	Tanque de combustible	X			inspeccionar diario visualmente, fugas golpes, tapas de llenado	diario	20 min	operador
	Filtros			X	reemplazar según las condiciones del ambiente	500 h	1 h	operador
	Ecm	X			verificar externamente golpes cables, conectores descargar data de operación con software	5000 h	1 h	técnico electrónico
Escape	Múltiple de escape			X	revisar ajustes en pernos y abrazaderas, añillos de alta temperatura	5000 h	5 h	técnico mecánico

					revisar fugas por sellos.			
	Silenciadores			X	revisar rajaduras, sellos pernos abrazaderas	1000 h	2 h	Técnico mecánico
	Turbos	X			Revisar turbinas visualmente, revisar desgastes en ejes de turbina, verificar fugas de aceite por empaques y orines	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Enfriador de agua			X	verificar fugas por mangueras o canaletas rotas, realizar prueba de estanquidad	3000 h	2 h	operador
Admisión	Enfriador de aire			X	Inspeccionar. reemplazar si se presentan fugas internas por los paneles	500 h	3 h	técnico mecánico
	Turbocompresores			X	reajustar cambiar empaques reemplazar pernos de alta temperatura, las tareas deben realizarse según el descargo del evaluador	5000 h	4 h	técnico mecánico
	Filtros de aire			X	reemplazar según la exposición ambiental	250 h	30 min	operador
Lubricación	Bomba de aceite			X	reemplazar si se detectan fallas por baja presión en piñones internos	5000 h	4 h	técnico mecánico
	Enfriador de aceite	X			inspeccionar diario, reemplazar si se encuentra obstruido o si la temperatura incrementa	5000 h	3 h	técnico mecánico
Propulsión eléctrica	Sistema de control de propulsión	X			verificar tablero y circuito. Realizar limpieza con componentes dieléctricos, evaluar el estado de los componentes si es necesario reemplazar	2000 h	2 h	técnico electrónico
	Software de propulsión	X			verificar con laptop para comprobar el buen funcionamiento, del ECM cambiar ECM si se contamina con corriente	10000 h	3 h	técnico electrónico

					parasita o presentan códigos desconocidos			
	Inversores				inspeccionar, visualmente limpieza con limpia contacto eléctrico	250 h	30 min	operador
	Rectificadores	<b>X</b>			inspeccionar, visualmente medir con multímetro cortes a tierra limpieza de conectores y cablerías	250 h	1 h	Técnico electrónico
	Cableado eléctrico de potencia				inspeccionar cortes a tierra limpieza. Verificar aislamiento.	250 h	10 min	operador
	Control del gabinete				inspeccionar	500 h	10 min	operador
Aros, neumáticos	Neumáticos	<b>X</b>			inspeccionar diariamente cortes en las bandas, presione aire, 70 psi golpes de aros	diario	30 min	operador
Eje delantero y cubo	eje propulsor	<b>X</b>			Engrasar cambiar si se evidencia dobladura	500 h	10 min	técnico mecánico
suspensión	Delantera, posterior			<b>X</b>	verificar amortiguadores, fugas de nitrógeno fugas de aceite, pernos sueltos.	500 h	30 min	operador
	Pistones de suspensión	<b>X</b>			verificar fatigas golpes	250 h	10 min	técnico mecánico
Dirección	Bomba de dirección	<b>X</b>			evaluación, prueba Pm inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Sensor de dirección	<b>X</b>			Inspección limpieza	250 h	30 min	técnico electrónico
	Acumuladores	<b>X</b>			precargar nitrógeno en cada Pm	2000 h	2 h	técnico hidráulico
	Líneas de dirección	<b>X</b>			evaluar, probar	2000 h	2 h	técnico hidráulico
	Barra de dirección	<b>X</b>			regulación, inspección de rotulas y terminales, revisión de rodajes	2500 h	30 min	técnico mecánico

	Pines bocinas rodajes de dirección	X		X	regulación, inspección de rotulas y terminales, revisión de rodajes, cambio si se encuentra en el estado	500 h	4 h	técnico mecánico
Circuito hidráulico	Válvula de dirección			X	evaluación y pruebas de presión	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Cilindro de dirección			X	evaluación y pruebas de fugas de presión	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Tanque hidráulico	X			inspección visual	diario	10 min	técnico mecánico
	Líneas hidráulicas			X	inspección visual	diario	10 min	técnico mecánico
	Bomba hidráulica			X	inspección visual	2000 h	1 h	técnico mecánico
Circuito de levante	Válvula de levante			X	inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Cilindro de levante	X			inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
Cabina del operador	Estructuras	X			inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Cinturón de seguridad			X	inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Controles			X	inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
	Asiento del operador	X			inspección visual	2000 h	2 h	técnico mecánico
Aire acondicionado	Compresor de aire	X			limpieza y pintura	1000 h	10 min	operador
	Líneas de refrigerante	X			limpieza pintura	1000 h	10 min	operador
	Unidad de aire acondicionado	X			pintura limpieza	1000 h	10 min	operador
Sistema de lubricación	Sistema automatizado	X			pintura limpieza	1000 h	10 min	operador
	Líneas de lubricación	X			pintura limpieza	1000 h	10 min	operador
	Reserva de grasa	X			cambiar sellos	1000 h	2 h	técnico mecánico
Componentes estructurales	Escaleras barandas	X						
	Plataformas	X		X	pintura limpieza	500 h	30 min	operador
	chasis				pintura limpieza	500 h	30 min	operador
tolva	Tolva	X			pintura limpieza, soldar si se presentan rajaduras	4000 h	30 min	soldador
	Pines de pivot	X			inspeccionar sistema de engrase automático, medir juego de cojinete axial y radial.	1000 h	2 h	técnico mecánico
	Seguro de traba	X			inspección visual	diario	15 min	técnico mecánico
Frenos delanteros	Discos de freno	X			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico

	pastillas	<b>X</b>			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico
	líneas de freno	<b>X</b>			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico
Frenos traseros	Discos de freno	<b>X</b>			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico
	Pastillas de fricción	<b>X</b>			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico
	Líneas de frenado	<b>X</b>			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico
	Freno de parqueo	<b>X</b>			inspeccionar estado, si es necesario cambiar	diario	15 min	técnico mecánico
Circuito hidráulico de freno	Válvula de control	<b>X</b>			revisar resortes	diario	15 min	técnico mecánico
	Válvula de freno	<b>X</b>			revisar válvula interna	diario	15 min	técnico mecánico
	Líneas	<b>X</b>			inspección	diario	15 min	operador
	acumulador	<b>X</b>			inspección	diario	15 min	operador

Fuente: Elaboración propia.

La tabla numero 15 nos muestra la clasificación de los sistemas del camión asimismo se describe la actividad a realizar por cada sistema, la frecuencia en la que se debe realizar, y el tiempo que demora cada actividad, y por último se menciona el encargado de realizar la actividad, con este plan se logra obtener en un estado disponible cada sistema del camión, se lograra tener mayor control y se conocerán a fondo cada sistema.



#### 4.2.8 Tareas de mantenimiento puntuales según RCM a los camiones mineros.

En las tareas de mantenimiento se realizan cada 1000 horas de operación son consideradas actividades de tipo especializada denominada mantenimiento puntual. Ya que de esta manera los componentes tendrán larga vida, las estas actividades realizadas requieren la creación de una orden de trabajo OT, ya que son considerados en el plan de mantenimiento correctivo y preventivo.

Tabla 18: Tareas de mantenimiento del plan de mantenimiento RCM.

Pasos	Estado para la creación de una OT	Actividad	Tipo de mantenimiento
Realizar evaluación de estado de abrazaderas de los turbos y ductos de admisión de aire	No ajustan, oxidadas	Cambiar	Correctivo
Verificar ductos de aceite, mangueras que conducen refrigerante	Golpes, fisuras, fugas	Cambiar	correctivo
Inspeccionar visualmente turbinas del turbocompresor	rotura de turbina, fugas de aceite por eje	Reparar	Preventivo
Medir nivel de todos los fluidos tales como refrigerante, aceite del motor, aceite de transmisión, aceite hidráulico, aceite de ruedas delanteras y traseras	Bajo nivel, pérdida de aceite por algún tapón o reten	Agregar nivel requerido	Preventivo
Verificar estado de turcas y pernos de alta temperatura del múltiple de escape	Sueltas, rotos, estiradas	Cambiar	Correctivo
Comprobar el funcionamiento de los frenos delanteros y traseros	Frenado largo, frenado corto, freno bloqueado	Ajustar	Preventivo
Inspeccionar fugas por conectores niples y mangueras hidráulicas	Fugas, mangueras rotas, niples deteriorados	Cambiar	Preventivo
Verificar todo el sistema de iluminación del camión este en correcto funcionamiento	Conexiones dañadas, iluminación quemada	Revisar, reparar, cambiar	Correctivo
Verificar estado de los componentes del sistema de refrigeración del motor, mangueras, abrazaderas, intercambiadores de calor, radiador, termostatos	deformación del radiador, mangueras rotas, ventilador no funciona, tapas de radiador tapada	Reparar y cambiar	correctivo

Verificar el desgaste de los neumáticos preferiblemente con una barra indicadora de desgaste	Desgaste, grietas	Cambiar	Preventivo
Calibrar espesor de desgaste de la tolva	Desgaste, grietas, dobladuras	Reparar	Preventivo
Medir la carga de la batería no debe estar por debajo de los 12 v y medir densidad de electrolito no debe estar por debajo de 1,18 kg/m <sup>3</sup>	Nivel de electrolito	Cambiar	Preventivo
Medir niveles de aceite del eje trasero	Nivel bajo de aceite	Rellenar	Correctivo
Inspeccionar controles de cambios de aceite en cuanto a fecha y tipo de aceite	No se están realizando los cambios con el aceite indicado por el fabricante	Informar	Preventivo
Comprobar desgastes, presencia de grasa aceite en correas de poleas	Desgastes, ruido	Cambiar	Preventivo
Verificar estado de las pastillas de freno delantero.	Espesor es menor a 5 mm	Cambiar	Preventivo
Verificar que no haya fugas por empaques abrazaderas de aceite de transmisión	Revisar, cambiar, reparar	Cambiar	Correctivo
Palpar cada rotula eje del cardan y deslizante, comprobar si tiene juego	Juego con ruido	Revisar, reparar cambiar	Correctivo
Inspeccionar si existe fugas por los sellos juntas tóricas de los pistones de levante de tolva	En mal estado	Cambiar	Correctivo
Verificar si el aceite que se echa a la transmisión es el recomendado	Aceite inadecuado	Informar	Preventivo
Verificar suspensión frontal	Golpes, fugas	Cambiar	Preventivo
Verificar suspensión posterior	Golpes, fugas	Cambiar	Preventivo
Verificar cilindros de dirección	Golpes, fugas	Cambiar	Preventivo
Verificar cilindros de levante	Golpes, fugas	Cambiar	Preventivo

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.9 Tareas de Limpieza puntuales para los camiones mineros.

Las actividades de limpieza se realizan con la finalidad de verificar los componentes que se encuentran tapados de tierra evaluar su estado comprobar su funcionamiento verificar si presentan fugas o requiere un cambio y realizar un mantenimiento eficiente, estas actividades no requieren la creación de una orden de trabajo OT, ya que no son considerados en el plan de mantenimiento correctivo y preventivo.

Tabla 19: actividades de limpieza de componentes del camión.

Pasos	Estado para la creación de una OT	Actividad	Tipo de mantenimiento
Realizar limpieza externamente con aire y agua a presión teniendo en cuenta si se generan daños	Partes del camión contaminados de fluidos químicos como aceite grasa combustible	desengrasar	preventivo
Limpiar puntos que contienen tierra (hojas, cucharón, bastidores, carrillera)	Componentes eléctricos, sistemas hidráulicos, filtros de aire tapados	Cambiar, limpiar	preventivo
Desarmar guardas periféricas rejillas para permitir un correcto lavado	Rejillas rajadas, dobladas	Reparar, soldar, pintar cambiar	correctivo
Limpiar bases de filtros de aire los tubos en el turbo tubos accesibles de admisión de aire y de escape quitar grasa mugue	Tubos doblados, rotos, deteriorados	Cambiar, reparar	correctivo
Verificar si el radiador enfriador está obstruido, limpiar con agua a presión	Enfriadores picados, rotos, deteriorados	cambiar	preventivo

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.10 Tareas de lubricación engrase de partes de partes mecánicas en fricción.

Esta actividad se realiza con la finalidad de darle durabilidad a todos los componentes en fricción como ejes rotulas pitones eje cardan, estas actividades son frecuentes y requiere inspección antes de operar el camión

Tabla 20: Actividades de lubricación y engrase de componentes mecánicos del camión.

Pasos	Estado para la creación de una OT	Actividad	Tipo de mantenimiento
Utilizando una pistola de lubricación engrasar pines de pivot de tolva cojinetes rotulas, articulaciones de dirección por los puntos de engrase hasta que salga por la graseras	Puntos de engrase deteriorados, mangueras de grasa en mal estado, guardapolvos rotos.	cambio	preventivo
Lubricar crucetas del eje cardan, ejes delanteros promedio de las graseras	Crucetas desgastadas polines y rodajes rotos	reparación	correctivo

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.11 Formato de Check list implementado para el control de los sistemas del camión minero cada 1000 horas de operación.

A través del siguiente formato se estableció un procedimiento de actividades que se realizarán con los operadores, y apoyo de los técnicos con la finalidad de tener un control del estado de funcionamiento de los sistemas del camión las actividades que se realizarán se harán cada 1000 horas de funcionamiento del camión y este formato será firmado por los supervisores con la finalidad de que se cumplan los monitoreos establecidos.

Tabla 21: registro check list de las actividades de mantenimiento realizadas al camión minero.

MODELO DEL CAMIÓN			
HORÓMETRO DEL CAMIÓN			
FECHA			
ACTIVIDAD EJECUTADA	SI	NO	Comentarios observaciones
<b>DESCARGA DE DATA</b>			
Descargar data del ECM para evaluación			
Descargar data CENSE			
<b>MOTOR DIESEL</b>			
Revisar horómetro del motor			
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>			
Mida la presión de la dirección en la válvula de retorno (2950 psi).			
Mida la presión de la dirección izquierda en el conjunto de distribución (2500 psi).			
Mida la presión de dirección derecha en el conjunto de distribución (2500 psi).			
Mida la presión de liberación del elevador de la tolva en el filtro elevador (2500 +/- 100 psi)			
[Desconectar interruptor de tolva].			
Mida presión de alivio de descenso de tolva (1500 psi) en filtro de levante.			
Medir inspeccionar estado de válvula solenoide de sangrado al cortar chapa.			
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE 24V</b>			
Verificar el funcionamiento de alarma AID en la cabina del operador y comprobar el funcionamiento de luces indicadoras (pulsar por 2 segundos el swich de alarma) pulsando el botón de testeo.			
Medir corriente en la salida del alternador para comprobar carga voltaje debe encontrarse en 24.5 v o 27.5 v.			
Comprobar estado de perilla del Máster swich. Al cortar el máster swich se desconectará la chapa de contacto de cabina.			

<b>ACTIVIDADES CON EQUIPO DESERGIADO</b>			
Realizar limpieza en componentes del alternador (sopleteo y limpieza solvente dieléctrico).			
Verificar y limpiar accesorios eléctricos (usar respiradores).			
Verificar estado de contactores de potencia y retardo.			
Realizar limpieza de la cabina de control.			
Realizar limpieza de carcasa de aire y armazón de tracción.			
<b>TOMA DE MUESTRAS</b>			
Realizar muestreo de aceite del motor Diesel.			
Realizar muestreo de aceite de rueda delantera izquierda.			
Realizar muestreo de aceite de rueda delantera derecha.			
Realizar muestreo de aceite del sistema hidráulico.			
Realizar muestreo de aceite del motor tracción izquierdo.			
Realizar muestreo de aceite del motor de tracción derecho.			
<b>PROBAR SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>			
verificar presiones de funcionamiento del sistema lubricación del motor.			
Verificar presión de funcionamiento de la caja de propulsión.			
<b>MOTOR DIESEL</b>			
Revisar estado de filtro de refrigerante (si es necesario reemplazar).			
Realizar limpieza de caja de filtros de aire.			
Verificar el estado de los paneles del radiador, daños, golpes, fugas de refrigerante.			
Realizar el cambio de filtros de aceite del motor.			
Cambiar aceite del motor grado de aceite 15w40.			
Comprobar nivel de aceite del motor.			
Inspeccionar respiradores del Carter (limpiar si es necesario).			
Medir el nivel de refrigerante del motor.			
Medir y limpiar conectores de sensores de refrigerante.			
Revisar mangueras de lubricación en el cabezal de filtros de aceite.			
Inspeccionar y limpiar sensor de presión de refrigerante del motor.			
Inspeccionar y limpiar sensor de temperatura de aceite del motor.			
Verificar estado de termocuplas de temperatura.			
Inspeccionar fugas de aceite y/o refrigerante.			
Inspeccionar tensión de fajas del ventilador.			
Revisar amortiguadores de ductos de admisión.			
Verificar abrazaderas ductos de admisión.			
Verificar abrazaderas de múltiple de escape.			

Verificar fugas en el sistema de admisión y escape.			
Verificar estado de las mangueras del sistema de refrigeración.			
Verificar fugas de refrigerante por testigo de bomba de refrigerante.			
Verificar mangueras de refrigeración del motor Fugas, Seltas, fugas externas.			
Verificar estado de mangueras del radiador (manguera de alivio) fugas roturas sueltas.			
<b>VERIFICAR ESTRUCTURA</b>			
Inspeccionar a detalle las escaleras de emergencia en forma vertical (ver nipples acoples mangueras, cañerías ).			
Verificar estado de escalera de acceso principal (ver pernos sueltos o rotos).			
Verificar estado de las barandas.			
<b>RADIADOR</b>			
Verificar funda del radiador.			
Verificar amortiguadores de goma.			
Verificar templadores.			
Verificar tinas superior e inferior.			
<b>SUSPENSIÓN DELANTERA IZQUIERDA + RUEDA</b>			
Verificar nivel de aceite rueda delantera izquierda			
Inspeccionar fugas por los frenos se servicio			
Revisar ajuste de los pernos de tapa superior de suspensión delantera			
Verificar estado de los cables y conectores de los sensores de suspensión			
<b>SUSPENSIÓN DELANTERA DERECHA + RUEDA</b>			
Verificar nivel de aceite rueda delantera izquierda			
Inspeccionar fugas por los frenos se servicio			
Revisar ajuste de los pernos de tapa superior de suspensión delantera			
Verificar estado de los cables y conectores de los sensores de suspensión			
<b>VERIFICAR SISTEMA DE DIRECCIÓN</b>			
Verificar si el ajuste de las tuercas retenedoras de pasadores de las articulaciones ajuste máximo 342 ft.lb			
Verificar el ajuste de las tuercas de seguro de la barra de dirección ajuste máximo 342 ft.lb			
Inspeccionar juego radial en las rotulas de dirección barra de dirección cilindros de dirección.			
<b>ACTIVIDADES EN TOLVA</b>			
Realizar limpieza y revisar interruptor de tolva			
Verificar el estado de soldadura de la tolva			
Inspeccionar visualmente estado de las almohadillas de tolva no debe encontrarse desalineada, debe estar bien fijado y el apoyo de la tolva debe ser uniformemente			

<b>SUSPENSIÓN POSTERIOR</b>			
Verificar estado de rotulas de suspensión roturas o fisuras			
Revisar estado de protectores de suspensiones			
Revisar estado de cablería y sensor de presión de suspensión			
<b>MOTORES DE TRACCIÓN</b>			
Verificar tapón magnético lado izquierdo			
Verificar tapón magnético lado derecho			
Ajustar tapón magnético a 70 lb.ft			
Revisar fugas de aceite			
<hr style="width: 25%; margin: 0 auto;"/> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 80%; margin: 0 auto;"> <div style="text-align: center;"> <hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> <p>SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO</p> </div> <div style="text-align: center;"> <hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> <p>EJECUTOR</p> </div> </div>			

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.12 Flujograma de ejecución del check list.

Después de finalizar las tareas de mantenimiento preventivo cada 1000 horas al camión minero los técnicos realizan el monitoreo, y con la ayuda del check list informan el estado de cada sistema, realizan observaciones y si son críticas se validan por el supervisor y se envía digitalmente al subgerente de mantenimiento para el registro en la plataforma de monitoreo.

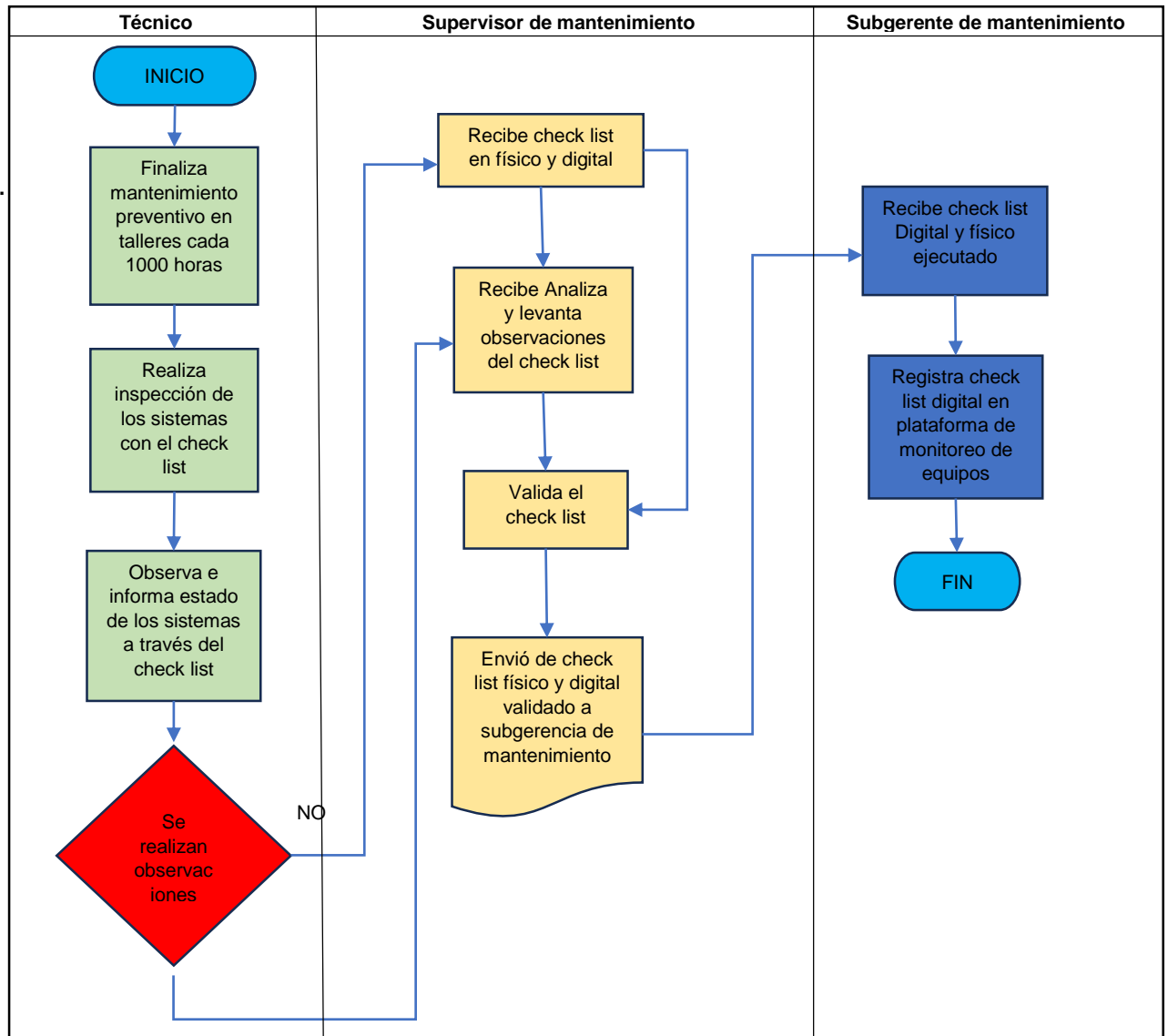


Figura 6: Flujograma de ejecución de check list para los sistemas del camión minero.

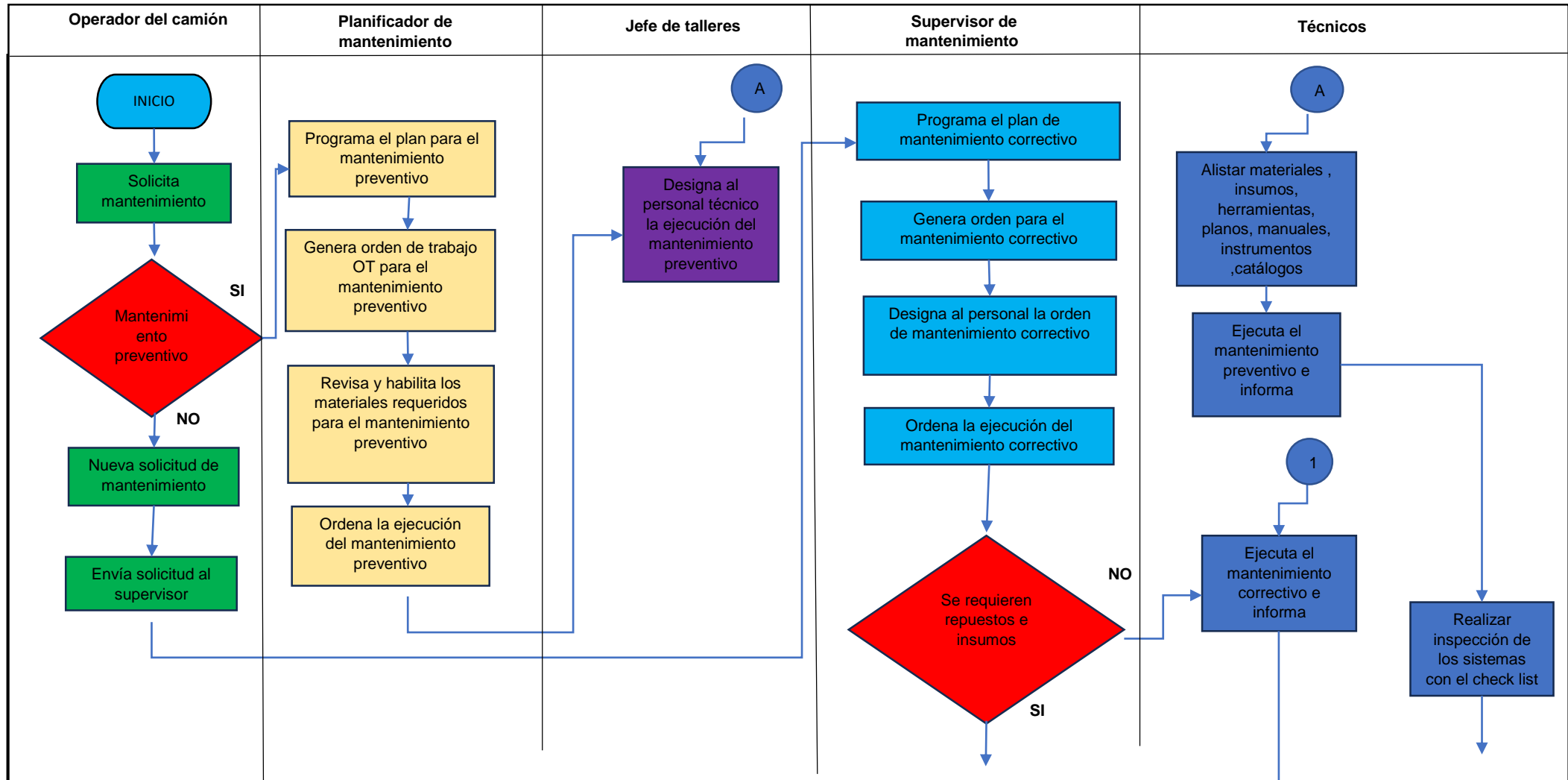
Fuente: Elaboración propia.



### 4.3 Determinación de la disponibilidad de los camiones mineros posterior a la implementación del plan RCM.

#### 4.3.1 Flujoograma de mantenimiento propuesto luego de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad en los camiones mineros.

Luego de la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad se creó un diagrama de flujo en donde se describen los procedimientos para la ejecución de un mantenimiento de camiones mineros en la actualidad.



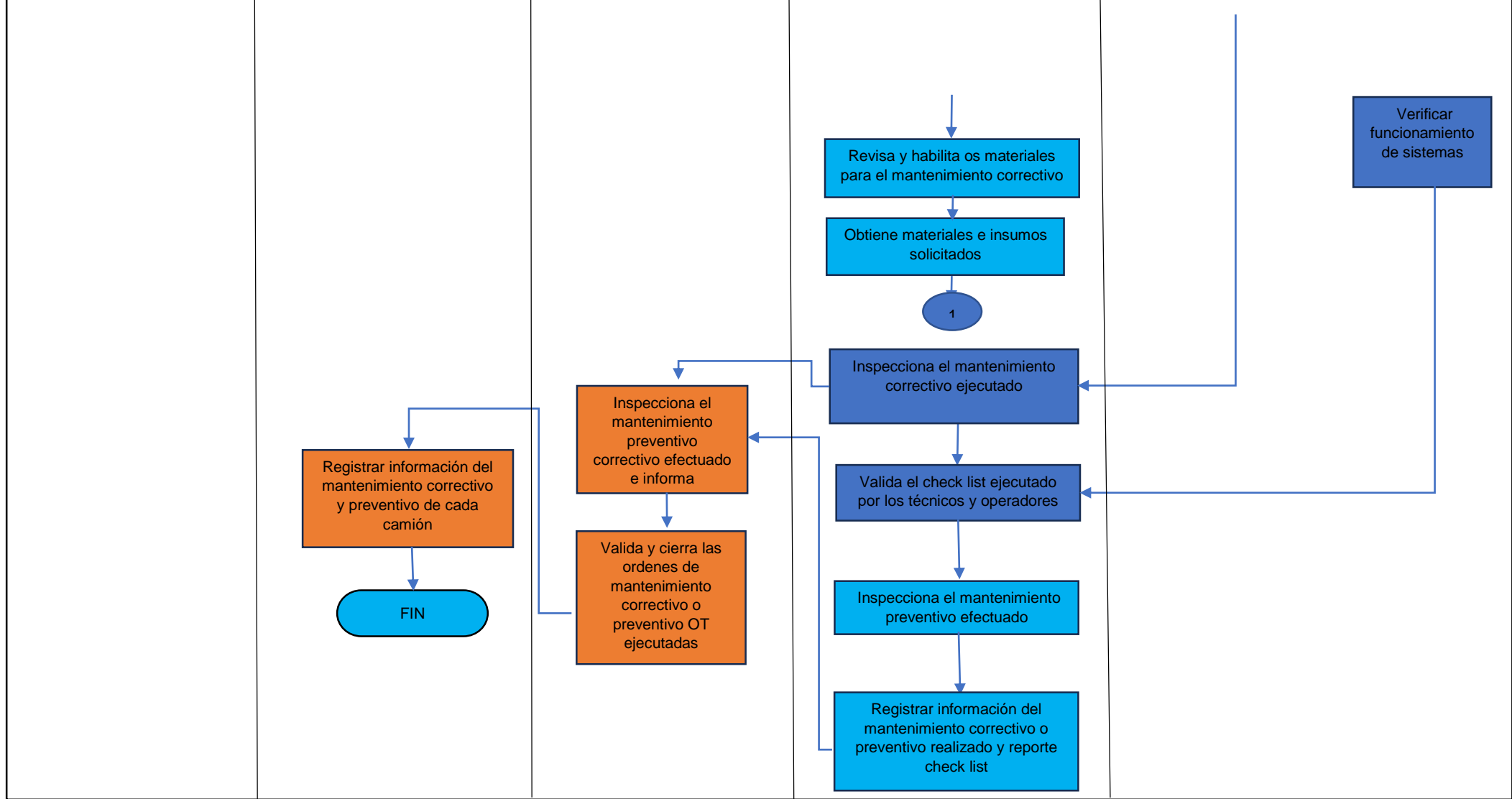


Figura 7: Flujograma de mantenimiento preventivo y correctivo de camiones mineros propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el procedimiento del mantenimiento preventivo y correctivo empezando por la planificación en donde se agregaron actividades que mejoraran el procedimiento para que al final se logren resultados beneficiosos en cuanto al registro de actividades realizadas y la obtención de un registro de mantenimiento entendible.

#### 4.3.2 Indicadores de disponibilidad de los camiones mineros posterior a la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en los meses de setiembre a noviembre del 2023.

Con la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad logramos obtener nuevos resultados en cuanto a la disponibilidad de los camiones en el mes de setiembre del año 2023 donde lo indicamos en la siguiente tabla.

Tabla 22: Disponibilidad después de la implantación del RCM mes de setiembre del 2023.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)
1	HT01	730E	60	2	83	97
2	HT02	730E	63	6	83	91
3	HT03	730E	103	2	90	98
4	HT04	730E	100	3	83	98
5	HT05	730E	115	2	94	98
6	HT06	730E	118	2	85	98
7	HT07	730E	86	1	83	99
8	HT08	730E	79	1	83	99
9	HT09	730E	86	1	69	99
10	HT10	730E	92	2	69	98
11	HT11	730E	110	2	83	98
12	HT12	730E	92	2	83	98
13	HT13	730E	116	2	90	98
14	HT14	730E	100	2	90	98
15	HT15	730E	95	2	90	98
16	HT16	730E	95	2	90	98
17	HT17	730E	106	2	83	98
18	HT18	730E	100	2	83	99
19	HT19	730E	111	2	83	99
20	HT20	730E	124	1	91	99

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos a indicar la disponibilidad de cada camión en el mes de setiembre del 2023 después de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad los resultados indicados en la tabla numero 22 indican un incremento de disponibilidad en cada camión en ese mes.

Tabla 23: resumen de disponibilidad mes de setiembre 2023.

<b>Disponibilidad promedio (%)</b>	<b>85</b>
<b>MTTR (hrs)</b>	<b>2</b>
<b>MTBF (hrs)</b>	<b>100</b>
<b>Confiabilidad promedio (%)</b>	<b>98</b>

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo como resultado final en el mes de setiembre se obtuvo un incremento del 5% respecto al mes de enero considerando ser beneficioso para la empresa minera. Ya que las fallas presentadas fueron en periodos largos de 100 horas y los tiempos para reparar cada falla fueron 2 horas asimismo la confiabilidad llego al 98%.

Tabla 24: Disponibilidad después de la implantación del RCM mes de octubre del 2023.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	MTBF	MTTR	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)
1	HT01	730E	55	2	90	97
2	HT02	730E	79	2	90	98
3	HT03	730E	89	2	90	98
4	HT04	730E	86	2	83	98
5	HT05	730E	96	3	94	97
6	HT06	730E	116	2	85	98
7	HT07	730E	100	2	83	98
8	HT08	730E	79	1	90	98
9	HT09	730E	86	1	83	98
10	HT10	730E	69	1	83	99
11	HT11	730E	92	1	83	99
12	HT12	730E	92	1	83	99
13	HT13	730E	120	2	90	99
14	HT14	730E	100	1	90	99
15	HT15	730E	82	1	90	99
16	HT16	730E	95	1	90	99
17	HT17	730E	106	1	90	99
18	HT18	730E	100	1	83	99
19	HT19	730E	111	1	83	99
20	HT20	730E	156	2	91	99

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos a indicar la disponibilidad de cada camión en el mes de octubre del 2023 después de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad los resultados indicados en la tabla numero 24 indican un incremento de disponibilidad en cada camión en ese mes.

Tabla 25: Resumen de disponibilidad mes de octubre 2023.

<b>Disponibilidad promedio (%)</b>	<b>87</b>
<b>MTTR (hrs)</b>	<b>2</b>
<b>MTBF (hrs)</b>	<b>100</b>
<b>Confiabilidad promedio (%)</b>	<b>98</b>

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo como resultado final en el mes de octubre un incremento del 8% respecto al mes de febrero considerando ser beneficioso para la empresa minera. Ya que las fallas presentadas fueron en periodos largos de 100 horas y los tiempos para reparar cada falla fueron 2 horas por lo que se obtuvo una confiabilidad de camiones mineros de 98%.

Tabla 26: Disponibilidad después de la implantación del RCM mes de noviembre del 2023.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
1	HT01	730E	42	1	83	97
2	HT02	730E	46	1	83	98
3	HT03	730E	69	2	90	98
4	HT04	730E	75	2	90	98
5	HT05	730E	64	2	90	97
6	HT06	730E	97	2	83	98
7	HT07	730E	120	2	90	98
8	HT08	730E	110	2	83	98
9	HT09	730E	100	2	90	98
10	HT10	730E	69	1	90	99
11	HT11	730E	55	1	83	99
12	HT12	730E	79	1	83	99
13	HT13	730E	67	1	90	99
14	HT14	730E	67	1	90	99
15	HT15	730E	95	1	83	99
16	HT16	730E	63	1	82	99
17	HT17	730E	67	1	83	99
18	HT18	730E	200	2	83	99
19	HT19	730E	79	1	83	99
20	HT20	730E	207	2	91	99

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos a indicar la disponibilidad de cada camión en el mes de noviembre del 2023 después de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad los resultados indicados en la tabla numero 26 indican un incremento de disponibilidad en cada camión en ese mes.

Tabla 27: Resumen de disponibilidad mes de noviembre 2023.

Disponibilidad promedio (%)	86
MTRR (hrs)	1
MTBF (hrs)	82
Confiabilidad (%)	98

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo como resultado final en el mes de noviembre del año 2023 se obtuvo un incremento del 6% respecto al mes de marzo considerando ser beneficioso para la empresa minera. Ya que las fallas presentadas fueron en periodos largos de 82 horas y los tiempos para reparar cada falla fueron 2 horas, asimismo la confiabilidad llego al 98%.

### 4.3.3 Comparación de resultados pre-test y post-test.

Se procedió a realizar la demostración de los indicadores antes de la implementación, y después de la implementación, datos calculados con las fórmulas planteadas en nuestra matriz de operacionalización de variables demostrándolo en la siguiente tabla.

Tabla 28: Disponibilidad de camiones antes y después de la implementación del RCM.

	Disponibilidad (%)	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Confiabilidad (%)
Enero a marzo del 2023	80	55	4	94
Setiembre a noviembre del 2023	86	94	2	98

Fuente: Elaboración propia.

Luego de finalizar la implementación RCM en los camiones mineros se procedió hacer la comparación de resultados antes de la implementación y después de la implementación, en donde se logró obtener los siguientes resultados mostrados en los siguientes diagramas de barras.

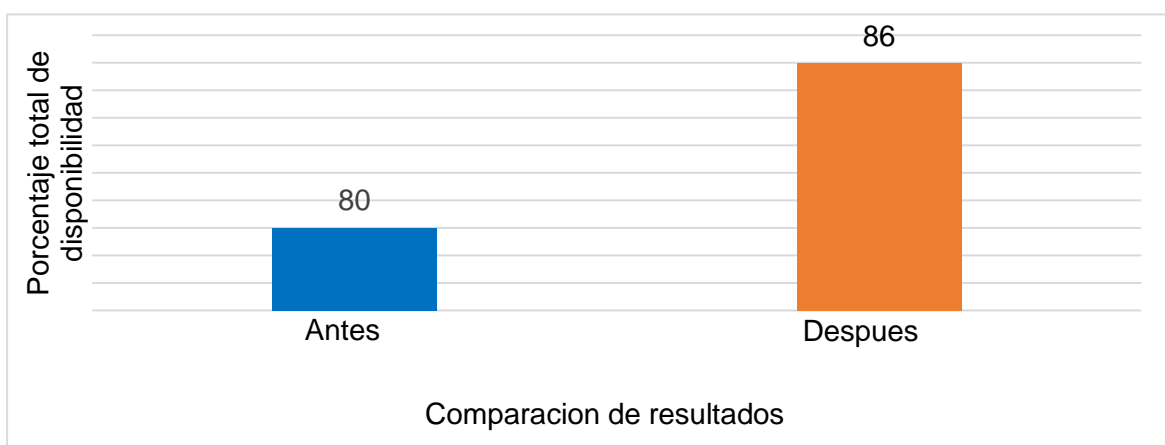


Figura 8: Indicadores de disponibilidad antes y después de la implementación RCM.

Fuente: Elaboración propia.



En los meses de enero a marzo del año 2023 se calculó la disponibilidad promedio dándonos como resultado 80 %, posteriormente se procedió a realizar el cálculo después de la implementación en los meses de setiembre a noviembre donde se obtuvo un incremento del 6%.

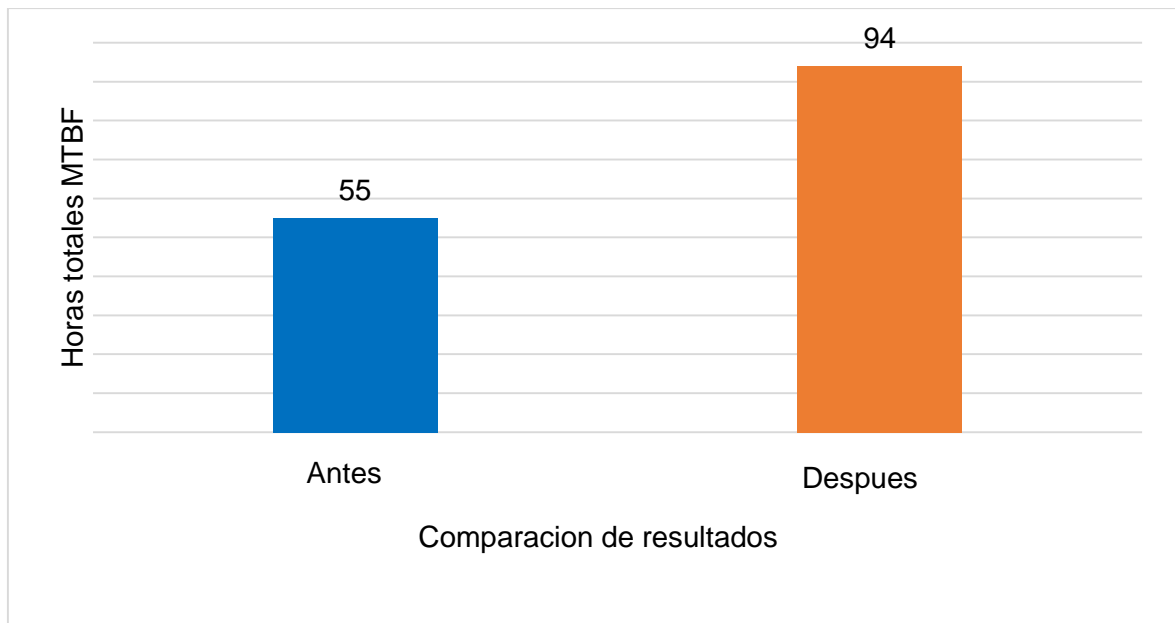


Figura 9: Indicadores de MTBF antes y después de la implementación RCM.

Fuente: Elaboración propia.

Para los periodos de enero a marzo del año 2023 se procedió a realizar los cálculos del MTBF tiempo medio en presentarse una falla, donde se detectó que en promedio una falla ocurre cada 55 horas, posteriormente se realizó el cálculo en los meses de setiembre a noviembre después de la implementación donde se obtuvo un promedio de 94 horas en presentarse una falla en los sistemas del camión minero.

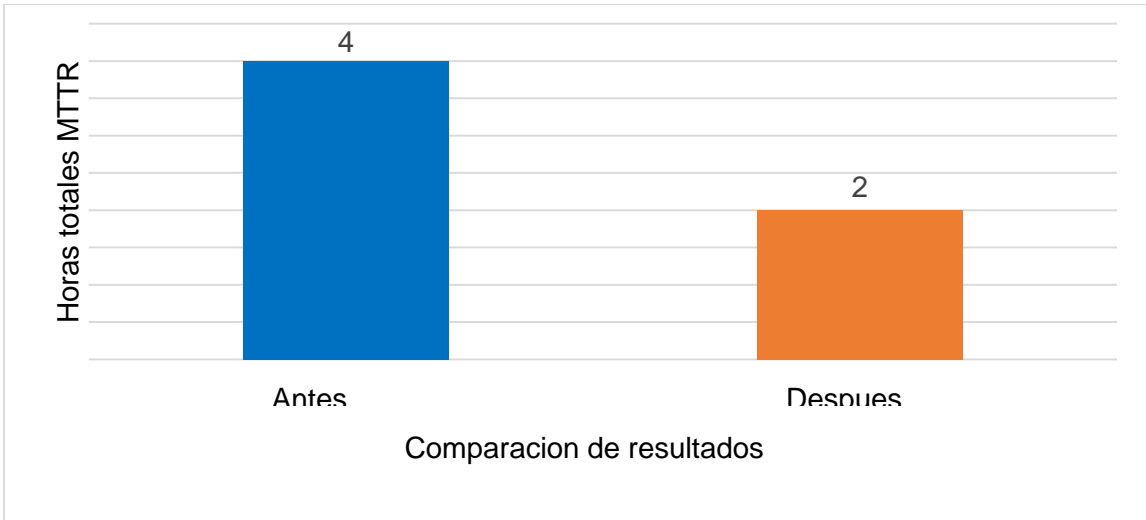


Figura 10: Indicadores de MTTR antes y después de la implementación RCM.

Fuente: Elaboración propia.

Para los periodos de enero a marzo del año 2023 se realizó el cálculo para determinar el tiempo que se demoran en solucionar una falla, en donde se obtuvo un promedio de 4 horas tiempo que se demoran en reparar una falla asimismo se procedió a realizar el cálculo después de la implementación en los meses de setiembre a noviembre, donde se redujo en promedio 2 horas.

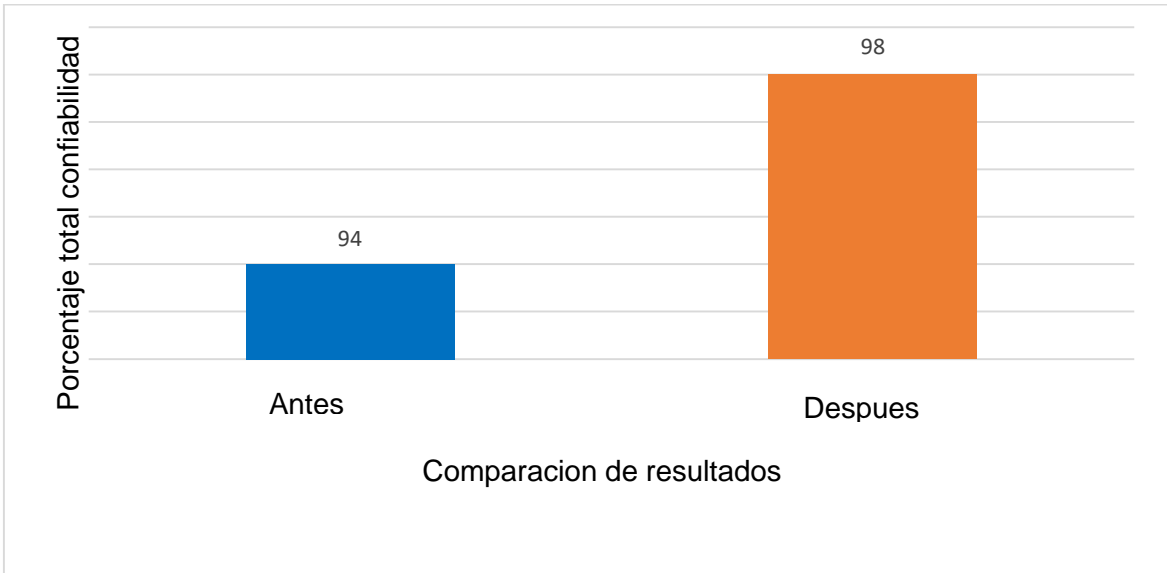


Figura 11: Indicadores de confiabilidad antes y después de la implementación RCM.

Fuente: Elaboración propia

Para los periodos de enero a marzo del 2023 se realizó el cálculo para determinar la confiabilidad en donde se alcanzó un promedio de 94%, asimismo se procedió a realizar el cálculo después de la implementación donde se alcanzó en promedio 98% de setiembre a noviembre del año 2023.

## V. DISCUSIÓN

Para el proyecto de investigación en donde se implementó el mantenimiento centrado en confiabilidad en los camiones de una empresa minera 2023. Se realizó inicialmente el diagnóstico del área de mantenimiento, y se calculó la disponibilidad que se tenía, las dimensiones que se aplicaron para la variable independiente fueron tiempo medio de mantenimiento correctivo, tiempo medio entre fallos, confiabilidad, y para la variable dependiente disponibilidad total

Se planteó como primer objetivo específico realizar el diagnóstico actual de mantenimiento de los camiones de una empresa minera, esto en base a los aportes de Choque (2022), quien señaló que a través de un diagnóstico se logra determinar la situación actual de mantenimiento de camiones mineros para identificar y proponer un plan para cada sistema del camión, en la presente investigación se diagnosticó la situación actual de mantenimiento de camiones de una empresa minera a través de un diagrama de flujo en donde se indicó los secuencia para la ejecución de un mantenimiento preventivo y correctivo actual, se encontró con el diagrama de ishikawa 16 causas las cuales se clasificaron en las 6M, (maquinaria, medición, método, mano de obra materiales, medio ambiente), posteriormente se realizó la matriz de correlación, y la tabla de frecuencias, y con el diagrama de Pareto se identificaron 4 motivos que representa el 20% son (Deficiencia en los análisis de falla de los sistemas del camión, no se cuenta con planes estandarizados de mantenimiento y preventivo correctivo, data de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo incompletas, mantenimiento preventivo y correctivo sin procedimientos), ocasionando el 80% en la baja disponibilidad de los camiones mineros, luego se procedió a calcular disponibilidad promedio en los periodos de enero a marzo del año 2023 la cual llegó al 80%, se calculó el MTBF (tiempo medio entre fallos) donde se obtuvo un promedio de 55 horas, así mismo el MTTR (tiempo medio en reparar una avería) se calculó en un promedio de 4 horas, la confiabilidad llegó al 94%, y también se identificó con la ficha de recolección de datos 631 fallas críticas y no críticas durante los procesos de operación de los camiones, los resultados de la presente investigación coinciden con lo obtenido por palacios (2020), quien realizó un diagnóstico del mantenimiento de camiones marca Mercedes Benz (3344K) en la ciudad de

Lambayeque y encontró con el diagrama de ishikawa 21 causas que afectan la disponibilidad de los camiones, además calculo la disponibilidad en los periodos de mayo, junio, julio del 2019, la cual llego en promedio al 77,93%, a pesar de que exista diferencias de las dimensiones y aportes teóricos igual se encontró relación ya que en ambos estudios se calcularon la disponibilidad en periodos de 3 meses, y los tipos de investigación coinciden en el diseño cuantitativo, los antecedentes y coincidencias con la presente investigación encuentran relación ya que se realizó un muestreo no probabilístico donde la muestra fue igual a la población de estudio,

Para el segundo objetivo se propuso diseñar e implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad para los camiones mineros en base a los aportes de Puente (2021) quien sostiene que a través de un diseño de mantenimiento centrado en confiabilidad se logra establecer actividades específicamente para cada sistema y componente con las que cuenta un equipo o camión, las cuales ayudaran mejorar la disponibilidad, asimismo para la elaboración del plan mantenimiento centrado en confiabilidad se estableció un cronograma de actividades que se realizó en un periodo de 5 meses inicio en agosto del 2023 y termino en diciembre del 2023, se formó un equipo de trabajo, en las primeras semanas de agosto se dieron los alcances de la taxonomía en el mes de setiembre, se realizó el análisis de modo de fallo en los meses de octubre a diciembre en donde se identificaron las fallas, los modos de falla ,se determinó como falla un sistema o componente, y se definió las funciones de los componentes, se formaron reuniones con el equipo de trabajo en en el mes agosto y setiembre con la finalidad dar a conocer el tema y responder preguntas planteadas, se hizo el desglose de 9 sistemas principales con el que cuenta el camión para identificar los modos de fallo, frecuencia de fallo, su funcionamiento y cuanto llega afectar en la operación, asimismo se consideró en la tabla de nivel de prioridad 69 componentes de los 9 sistemas principales con las que cuenta el camión, también se creó un formato check list y se creó un flujograma del procedimiento para la ejecución que se realizara cada 1000 horas de funcionamiento del camión se establecieron tareas de mantenimiento puntuales, tareas de limpieza puntuales, tareas de engrase puntuales. se implementó un flujograma actual para el mantenimiento preventivo y correctivo de los camiones mineros, estos resultados se diferencian con la investigación de Canción (2022)

quien implementó un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad en una planta de tratamiento de agua purificada, realizó el AMEF, además señaló que el plan solo fue para 10 componentes críticos del proceso de comprimido, a diferencia de la presente investigación solo diseñó el plan RCM mas no propuso otras actividades. Con esto se evidencia que diseñando un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad se establecerán actividades específicamente para cada sistema o componente para mejorar la disponibilidad tal y como lo señala puente (2021).

Como tercer objetivo se propuso determinar la disponibilidad de los camiones mineros luego de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad esto en base a los aportes de Palacios (2020) quien nos comenta que a través del mantenimiento centrado en confiabilidad se logra tener monitoreado los sistemas de un camión minero así como otros equipos mecánicos, además se logran establecer planes de mantenimientos preventivo, correctivo sin afectar la operación, también nos afirma que en base a estos planes de mantenimiento se logra incrementar la disponibilidad de un componente o sistema con el que cuentan los equipos, considerando esto en esta investigación, se determinó la disponibilidad después de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad de los camiones de una empresa minera, donde se tuvo como resultados en el pre-test se tenía un promedio 80% de disponibilidad en los periodos de enero a marzo, y en el post-test en los periodos de setiembre a noviembre la disponibilidad llegó hasta el 86% en el cual se tuvo un incremento del 6% después de la implementación, y como resultado del número de fallas presentadas en ciertos periodos de tiempo de operación en el pre-test el (tiempo medio que se presenta una falla MTBF) fue de 55 horas en promedio, después de la implementación post-test el MTBF llegó a 94 horas donde se tuvo un incremento de 39 horas, posterior a ello se calculó el (MTTR tiempo medio para reparar una avería) donde en el pre-test se obtuvo un promedio de 4 horas, posterior a la implementación esta redujo a 2 horas, la confiabilidad en el pre-test llegó al 94%, y en el post-test alcanzó el 98% donde se obtuvo un incremento del 4% también se identificó con la ficha de recolección de datos el número de fallas críticas y no críticas en el pre-test 631 fallas luego disminuyó a 400 la diferencia fue de 200 fallas, estos resultados se diferencian con lo obtenido por Carrillo y Ojeda

(2021) quienes después de implementar el mantenimiento centrado confiabilidad en una empresa minera calcularon la disponibilidad de camiones marca HITACHI en el año 2021 alcanzando el 95%, también calcularon el TPEF tiempo promedio entre fallas fue 64.47 horas y la confiabilidad alcanzo el 36.5%, estos resultados se diferencian ya que en ambas investigaciones no se utilizaron las mismas dimensiones además utilizaron como técnica la observación y el diseño fue transversal.

## VI. CONCLUSIONES

1. La disponibilidad de los camiones mineros alcanzo en promedio 86% luego de que se implementó el mantenimiento centrado en confiabilidad en la empresa minera.
2. Se realizó el diagnostico actual del mantenimiento en una empresa minera, a través de un diagrama de flujo se describió los procedimientos que inicialmente tenía la empresa para los mantenimientos de camiones, utilizando el diagrama de ishikawa se detectaron 16 causas de las cuales 4 tenían más relación con la baja disponibilidad, también se calculó la disponibilidad promedio de los camiones mineros de enero a marzo de 2023 y alcanzo un promedio del 80%, se obtuvo un MTBF de 55 horas, MTTR de 4 horas, y la confiabilidad llego hasta 94%, asimismo se encontraron 631 fallas críticas y no críticas.
3. Se diseñó e implemento un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad iniciando por la formación de equipo de trabajo, además se realizaron charlas a operadores sobre beneficio del RCM en la semana 2 y 3 del mes de agosto del año 2023, también se respondieron preguntas del RCM en la semana 3 y 4 de agosto, asimismo se realizó la identificación de los sistemas y componentes del camión, y con el AMEF se logró identificar 5 componentes críticos para posteriormente establecer planes de mantenimiento basado en RCM para los sistemas críticos y no críticos, se establecieron nuevas actividades puntuales de mantenimiento preventivo y correctivo, se realizó un chek list de actividades para ayudar a monitorear los sistemas de los camiones y prevenir fallas, todas estas actividades mencionadas contribuyeron en mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de los camiones mineros.
4. Se determinó la disponibilidad después de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad, donde se calculó la disponibilidad en los periodos de setiembre y noviembre del año 2023 la cual incremento un 6%, el MTBF alcanzó las 94 horas, se redujo el MTTR a 2 horas, la confiabilidad llego hasta 98%, asimismo el número de fallas críticas y no críticas se redujo a 400.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la empresa implemente el sistema Minestar Healt que permite aumentar la vida útil de los camiones mineros y optimizar su rendimiento, además analiza condiciones que eventualmente podrían afectar la operación.

Se recomienda al área de ingeniería implemente un software de monitoreo y control para evaluar parámetros esenciales y obtener información en tiempo real, transmitir datos de indicadores de fallas a distancia.

Se recomienda a la empresa implemente un software de gestión de mantenimiento para manejar el flujo de indicadores de fallas, donde se pueda centrar información recolectada en tiempo real.

Se recomienda a la empresa invierta en tecnología para convertir camiones mecánicos a autónomos a través de dos sistemas FrontRunner que gestiona el funcionamiento y la orientación de la máquina, y Dispatch que gestiona la flota, ubicación y la disponibilidad de los sistemas.

## REFERENCIAS

- ANDRADE, Raul y RAMOS, Miguel. 2020.** *Propuesta de la metodología RCM en la gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de la Línea de Chancado Primario en una empresa minera.* universidad alas peruanas. Lima : s.n., 2020.
- ARTEAGA, Bazurto. 2021.** *mplementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la plaza Calderón.* 2021.
- ARTEAGA, Luis y CHATA, Gorozabel. 2021.** Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la plaza Calderón. *Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la plaza Calderón.* 2021, Vol. 10, 1, págs. 202-216.
- BABAZADEH, Leila y BAHARAM, Sadeghpour. 2019.** An overview of maintenance objectives and maintenance strategies in different industries. 2019.
- CANCION, Alain. 2021.** *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de producción de comprimidos de un laboratorio farmacéutico.* Huancayo : s.n., 2021.
- CARRILLO, Luis y OJEDA, alfonso. 2021.** *Gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad operacional en camiones eléctricos Hitachi EH 5000 de 320T para la compañía minera a cielo abierto Cerrejón.* riocha : s.n., 2021.
- CHOQUE, Illacupita. 2022.** *Implementación de un plan de mantenimiento RCM para mejorar la disponibilidad de vehículos de acarreo en la Minera Veta Dorada SAC, 2021.* universidad nacional jorge basadre. tacna : s.n., 2022.
- CINAR, Eyup, KALAY, Cena y SARICICEK, Inci. 2022.** A Predictive Maintenance System Design and Implementation for Intelligent Manufacturing. 2022, Vol. 10, 1006.
- FARHANAH, Dina. 2020.** *Maintenance task determination of engine dump truck component using reliability centered maintenance (RCM) and Fuzzy-Fmea method.* Universitas Islam Indonesia. Indonesia : Universitas Islam Indonesia, 2020. págs. 1-84.
- GALLEGOS, césar. 2020.** *Estudio de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad aplicado a grupos electrógenos prime.* ecuador : s.n., 2020.
- GALLOSO, Zamir. 2020.** *Gestión de mantenimiento y disponibilidad de maquinarias y equipos en el sector minero, 2015 - 2020. Una revisión sistemática.* Cajamarca, Universidad Privada del Norte. 2020. págs. 1-32, Trabajo de investigación para optar al grado de: Bachiller en Ingeniería Industrial.
- GONZALES, Quintanal, LLANES, Alfonso y PADRON, Arianna. 2022.** Mantenimiento centrado en confiabilidad: Aplicación en la empresa de producciones varias de Ciego de Ávila. *Mantenimiento centrado en confiabilidad:*

*Aplicación en la empresa de producciones varias de Ciego de Ávila. 2022, Vol. 11, 2.*

**HUAYTA, Luis. 2020.** *Plan de mantenimiento preventivo apoyado en el RCM para mejorar el rendimiento de disponibilidad mecánica maquinaria pesada excavadora CAT 336 – Compañía Minera Raura S. A. 2019.* huancayo : s.n., 2020.

**JAHURIA, Luis. 2021.** *metodo de gestion de mantenimiento para evaluar la disponibilidad en la flota de volquetes volvo fmx.* moquegua : s.n., 2021.

**JULCA, Erwin. 2022.** *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad de la flota de camiones de la empresa CILSA.* Lima, Universidad Tecnológica del Perú. Lima : s.n., 2022. págs. 1-291, Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.

**MARCA, Alfredo. 2019.** *Diseño de un plan de mantenimiento para el molino Comesa 8'x10' usando la metodología RCM.* Arequipa : s.n., 2019.

**MARCO, Julio, RODRIGO, Beatriz y PEREZ, Eduardo. 2022.** *Fundamentos de Gestión Empresarial.* s.l. : Editorial Sanz y Torres, S.L, 2022. ISBN 108418316500.

**MARTINES, Fransisco y PLANAGUMA, Albert. 2021.** *Innovando desde la Gestión del mantenimiento. El Remantenimiento. Caso práctico Central Hidroeléctrica. Innovando desde la Gestión del Mantenimiento. Mantenimiento. Estudio de caso: Central Hidroeléctrica.* 2021, Vol. 42, 2.

**MEZA, Luis. 2020.** *Plan de mantenimiento preventivo apoyado en el RCM para mejorar el rendimiento de disponibilidad mecánica maquinaria pesada excavadora CAT 336 – Compañía Minera Raura S. A. 2019.* Huancayo : s.n., 2020.

**MINEM. 2023.** BOLETÍN ESTADÍSTICO MINERO. [En línea] 3 de agosto de 2023.

**PALACIOS, Darwin. 2020.** *Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica del camión volquete Mercedes Benz Actros 3344K en el proyecto Shahuindo.* lambayeque : s.n., 2020. págs. 1-137.

**PEREZ, Eduardo. 2021.** *Dirección de empresa.* 2021. pág. 450.

**Perez, Felix. 2021.** *CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.* Ediciones USTA. s.l. : Universidad Santo Tomás, 2021. págs. 105-107. ISBN: 978-958-8477-92-3.

**PUENTE, Fernando. 2021.** *Propuesta de un modelo de plan de mantenimiento que permite mejorar la disponibilidad física en los camiones eléctricos Komatsu 730E, basado en metodología TPM-RCM.* Lima : UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, 2021. págs. 1-286, Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial.

**RIGOL, Ruben, y otros. 2021.** *Pronóstico del recorrido mensual de una flota de camiones North Benz. Pronóstico del recorrido mensual de una flota de camiones North Benz.* 2021, Vol. 24, 1.

**ROMERO, Yuber. 2019.** *Elaboración de programa de mantenimiento para incremento de disponibilidad de equipos de flota en una empresa comunal.* Arequipa : s.n., 2019.

**SAPUTRA, Bhetta, SARI, Dian y KHADIJAH, Muthia. 2022.** Preventive Maintenance of Mining Heavy Equipment in an Indonesian Coal Mining Contracting Company. 2022.

**SARIGÙL, Mert. 2022.** *Desarrollo de políticas de mantenimiento basadas en confiabilidad para camiones de acarreo en una mina de superficie.* s.l. : Universidad Técnica del Medio Este, 2022. Master of Science, Mining Engineering.

**SKERLIC, Sebastian y SOKOLOVSKIJ, Edgar. 2020.** Analysis of heavy truck maintenance issues. 2020.

**VILLAR, Ledo, y otros. 2021.** Analysis of a maintenance strategy to be implemented in electric transmission companies. *Análisis de una estrategia de mantenimiento a implementar en empresas de transmisión eléctrica.* 2021.

**ZAMORA, Janeth, y otros. 2022.** Determinación de la disponibilidad de un sistema de refrigeración industrial para la industria atunera. *Determining the availability of an industrial refrigeration system for the tunny industry.* 2022, Vol. 25, 2.

## ANEXOS

### Anexo 1: Operacionalización de variables

Tabla 29: Matriz de Operacionalización variable independiente.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE					
	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala
<b>Variable independiente</b> Mantenimiento centrado en la confiabilidad	Para (ARTEAGA, 2021) la filosofía RCM, se basa en garantizar que el activo cumpla las funciones asignadas para las cuales ha sido introducido en un proceso productivo.	La metodología RCM, se mide mediante las dimensiones tiempo medio de mantenimiento correctivo y tiempo medio entre fallos y confiabilidad usando como instrumento la ficha de recolección de datos	Tiempo medio de mantenimiento correctivo	$MTTR = \frac{TTM}{N^{\circ} PMC}$ Leyenda: MTTR: Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo TTM: Tiempo Total de mantenimiento correctivo NPMC Número de Paradas por mantenimiento correctivo	Razón
			Tiempo medio entre fallos	$MTBF = \frac{\text{horas Operativas}}{NPMC}$ Leyenda: MTBF: tiempo medio entre fallos Ho: Horas operativas NPMC: número de paradas por mantenimiento correctivo	Razón
			Confiabilidad	$R = \frac{MTBF * 100}{MTBF + MTTR}$ R: confiabilidad MTBF: tiempo medio entre fallos MTTR: tiempo medio de mantenimiento correctivo	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Matriz de operacionalización de variable dependiente.

<p><b>Variable dependiente</b> Disponibilidad</p>	<p>(GALLEGOS, 2020) establece que los objetivos de calidad en el mantenimiento de maquinarias y equipos industriales, y se enfatiza en la relación de estos objetivos con la rentabilidad de la empresa como parte de los beneficios económicos.</p>	<p>La disponibilidad de los camiones se mide en porcentajes de la disponibilidad total.</p>	<p>Disponibilidad total</p>	<p><math display="block">\%DT = \frac{HO}{HPO}</math></p> <p>%DT= % Disponibilidad total HO=Horas reales de operación HPO= Horas planificadas de operación</p>	<p>Razón</p>
---	--	---	-----------------------------	--	--------------

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 2: Ficha de recolección de datos antes de la implementación del RCM:**

Tabla 31: Ficha de recolección de datos del camión minero 730-E mes de enero antes de implementar el RCM.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	Cantidad de paradas	Horas de producción	Horas operación reales mes	Horas planificadas de operación al mes	Número de paradas por mantenimiento correctivo	Duración en horas del mantenimiento correctivo
1	HT01	730E	18	536.0	559	720	18	32
2	HT02	730E	18	471.0	505	720	18	140
3	HT03	730E	8	620.0	675	720	8	20
4	HT04	730E	11	504.0	524	720	11	29
5	HT05	730E	4	576.0	674	720	4	18
6	HT06	730E	7	590.0	612	720	7	32
7	HT07	730E	5	542.0	586	720	5	98
8	HT08	730E	6	554.0	596	720	6	21
9	HT09	730E	7	429.0	444	720	7	18
10	HT10	730E	10	441.0	448	720	10	30
11	HT11	730E	13	533.0	551	720	13	67
12	HT12	730E	8	524.0	535	720	8	30
13	HT13	730E	11	580.0	599	720	11	45
14	HT14	730E	11	541.0	572	720	11	42
15	HT15	730E	8	571.0	595	720	8	15
16	HT16	730E	12	568.0	593	720	12	38
17	HT17	730E	16	532.0	558	720	16	61
18	HT18	730E	4	554.0	595	720	4	13
19	HT19	730E	16	553.0	592	720	16	57
20	HT20	730E	4	622.0	656	720	4	12

Fuente: elaboración propia.

Tabla 32: Ficha de recolección de datos del camión minero mes de febrero antes de implementar el RCM.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	Cantidad de paradas	Horas de producción	Horas operación reales mes	Horas planificadas de operación al mes	Número de paradas por mantenimiento correctivo	Duración en horas del mantenimiento correctivo
1	HT01	730E	20	540.0	560	720	20	32.4
2	HT02	730E	20	470.0	500	720	20	140.0
3	HT03	730E	8	600.0	580	720	8	19.5
4	HT04	730E	12	500.0	570	720	12	29.0
5	HT05	730E	4	576.0	570	720	4	17.7
6	HT06	730E	7	570.0	570	720	7	32.2
7	HT07	730E	5	550.0	570	720	5	97.7
8	HT08	730E	6	560.0	570	720	6	21.5
9	HT09	730E	7	430.0	560	720	7	17.9
10	HT10	730E	10	450.0	560	720	10	29.9
11	HT11	730E	15	450.0	540	720	15	67.4
12	HT12	730E	8	524.0	540	720	8	30.4
13	HT13	730E	11	580.0	560	720	11	45.5
14	HT14	730E	17	541.0	572	720	17	41.7
15	HT15	730E	8	571.0	595	720	8	14.9
16	HT16	730E	12	568.0	593	720	12	37.6
17	HT17	730E	18	532.0	558	720	16	61.0
18	HT18	730E	4	554.0	595	720	4	12.8
19	HT19	730E	20	553.0	592	720	16	56.9
20	HT20	730E	4	622.0	656	720	4	11.7

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 33: ficha de recolección de datos del camión minero mes de marzo antes de implementar el RCM.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	Cantidad de paradas	Horas de producción	Horas operación reales mes	Horas planificadas de operación al mes	Número de paradas por mantenimiento correctivo	Duración en horas del mantenimiento correctivo
1	HT01	730E	22	500.0	559	720	22	32
2	HT02	730E	23	500.0	505	720	23	140
3	HT03	730E	10	450.0	675	720	10	20
4	HT04	730E	11	450.0	524	720	11	29
5	HT05	730E	15	450.0	674	720	15	18
6	HT06	730E	7	550.0	612	720	7	32
7	HT07	730E	8	542.0	586	720	5	98
8	HT08	730E	6	480.0	596	720	6	21
9	HT09	730E	7	550.0	444	720	7	18
10	HT10	730E	10	441.0	448	720	10	30
11	HT11	730E	13	533.0	551	720	13	67
12	HT12	730E	8	524.0	535	720	8	30
13	HT13	730E	11	580.0	599	720	11	45
14	HT14	730E	11	541.0	572	720	11	42
15	HT15	730E	8	571.0	595	720	8	15
16	HT16	730E	12	568.0	593	720	12	38
17	HT17	730E	16	532.0	558	720	16	61
18	HT18	730E	4	554.0	595	720	4	13
19	HT19	730E	12	553.0	592	720	12	57
20	HT20	730E	4	622.0	656	720	4	12

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3: Imágenes de reuniones con el equipo RCM.



Figura 12: charlas de beneficios del RCM.



Figura 13: Reunión con el equipo RCM Para responder preguntas RCM.

#### Anexo 4: preguntas establecidas por la norma JA1011.

Número de pregunta	Descripción de la pregunta	Requisito
1	¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?	Funciones
2	¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones?	Fallos funcionales
3	¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?	Modos de fallo
4	¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?	Efectos de fallo
5	¿De qué manera afecta cada fallo?	Consecuencias
6	¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada fallo?	Tareas proactivas y frecuencias de ejecución
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?	Acciones predeterminadas

Figura 14 : Preguntas del RCM.

## ANEXO 5: Ficha de recolección de datos después de la implementación RCM.

Tabla 34: Ficha de recolección de datos del mes de setiembre después de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	Cantidad de paradas	Horas de producción	Horas operación reales mes	Horas planificadas de operación al mes	Número de paradas por mantenimiento correctivo	Duración en horas del mantenimiento correctivo
1	HT01	730E	10	600	600	720	10	20
2	HT02	730E	8	500	600	720	8	50.0
3	HT03	730E	6	620	650	720	6	10.0
4	HT04	730E	6	600	600	720	6	15.0
5	HT05	730E	5	576	674	720	5	10.0
6	HT06	730E	5	590	612	720	5	10.0
7	HT07	730E	7	600	600	720	7	5.0
8	HT08	730E	7	554	600	720	7	7.0
9	HT09	730E	7	600	500	720	7	8.0
10	HT10	730E	6	550	500	720	6	9.0
11	HT11	730E	5	550	600	720	5	9.0
12	HT12	730E	6	550	600	720	6	9.0
13	HT13	730E	5	580	650	720	5	9.0
14	HT14	730E	6	600	650	720	6	10.0
15	HT15	730E	6	571	650	720	6	9.0
16	HT16	730E	6	568	650	720	6	9.0
17	HT17	730E	5	532	600	720	5	9.0
18	HT18	730E	6	600	600	720	6	9.0
19	HT19	730E	5	553	600	720	5	8.0
20	HT20	730E	5	622	656	720	5	6.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Ficha de recolección de datos del mes de octubre después de implementar el RCM.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	Cantidad de paradas	Horas de producción	Horas operación reales mes	Horas planificadas de operación al mes	Número de paradas por mantenimiento correctivo	Duración en horas del mantenimiento correctivo
1	HT01	730E	10	550	650	720	10	15
2	HT02	730E	7	550	650	720	7	14
3	HT03	730E	7	620	650	720	7	15
4	HT04	730E	7	600	600	720	7	13
5	HT05	730E	6	576	674	720	6	15
6	HT06	730E	5	580	612	720	5	9
7	HT07	730E	6	600	600	720	6	10
8	HT08	730E	7	550	650	720	7	9
9	HT09	730E	7	600	600	720	7	10
10	HT10	730E	8	550	600	720	8	8
11	HT11	730E	6	550	600	720	6	8
12	HT12	730E	6	550	600	720	6	8
13	HT13	730E	5	600	650	720	5	8
14	HT14	730E	6	600	650	720	6	8
15	HT15	730E	7	571	650	720	7	8
16	HT16	730E	6	568	650	720	6	7
17	HT17	730E	5	532	650	720	5	7
18	HT18	730E	6	600	600	720	6	7
19	HT19	730E	5	553	600	720	5	7
20	HT20	730E	4	622	656	720	4	7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Ficha de recolección de datos del mes de noviembre después de implementar el RCM.

Cantidad de camiones	Serie	Modelo	Cantidad de paradas	Horas de producción	Horas operación reales mes	Horas planificadas de operación al mes	Numero de paradas por mantenimiento correctivo	Duración en horas del mantenimiento correctivo
1	HT01	730E	13	550	600	720	13	15
2	HT02	730E	12	550	600	720	12	14
3	HT03	730E	9	620	650	720	9	15
4	HT04	730E	8	600	650	720	8	13
5	HT05	730E	9	576	650	720	9	15
6	HT06	730E	6	580	600	720	6	9
7	HT07	730E	5	600	650	720	5	10
8	HT08	730E	5	550	600	720	5	9
9	HT09	730E	6	600	650	720	6	10
10	HT10	730E	8	550	650	720	8	8
11	HT11	730E	10	550	600	720	10	8
12	HT12	730E	7	550	600	720	7	8
13	HT13	730E	9	600	650	720	9	8
14	HT14	730E	9	600	650	720	9	8
15	HT15	730E	6	571	600	720	6	8
16	HT16	730E	9	568	593	720	9	7
17	HT17	730E	8	532	600	720	8	7
18	HT18	730E	3	600	595	720	3	7
19	HT19	730E	7	553	600	720	7	7
20	HT20	730E	3	622	656	720	3	7

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 6: Autorización de la empresa:

Chimbote, 15 de setiembre de 2023

Señor (a):

**APELLIDOS Y NOMBRES:** Alcántara Contreras Miguel Francisco

**CARGO:** Supervisor de servicios minería

**NOMBRE DE LA EMPRESA:** Distribuidora Cummins Perú

Presente.-

Es grato dirigirme a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de mi formación académica en la experiencia curricular de investigación del X ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines **netamente académicos /de obtención de mi título profesional al finalizar mi carrera.**

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada: **"Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los camiones en una empresa minera"**. En dicha investigación me comprometo a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
Miguel Alcántara C.  
DNI 411541618  
DISTRIBUIDORA CUMMINS PERU S A C  
Miguel F. Alcántara Contreras  
SUPERVISOR DE SERVICIOS - CIF 214316  
Fecha \_\_\_\_\_



Nombre del estudiante: Miguel Castillo Flores  
DNI 46905021



Nombre del estudiante: Vladimir Flores Córdova  
DNI 73498088

**Autorización de la organización para publicar su identidad en los resultados de las investigaciones**

**Datos Generales**

Nombre de la Organización: DISTRIBUIDORA CUMMINS PERU SA.	RUC: 20543725821
Nombre del Titular o Representante legal	
Nombres y Apellidos: Miguel Alcántara Contreras	DNI: 41541618

**Consentimiento:**

De conformidad con lo establecido en el artículo 8º, literal "c" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (RCU Nro. 0470-2022/UCV) (\*), autorizo [ ], No autorizo [X] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los camiones en una empresa minera	
Nombre del Programa Académico: SUBE	
Autor/es: Nombres y Apellidos: Miguel Angel Castillo Flores Vladimir Flores Córdova	DNI: 46905021 73498088

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Chimbote, 15 septiembre del 2023

  
MIGUEL ALCÁNTARA C.  
DNI: 41541618  
DISTRIBUIDORA CUMMINS PERU S A C  
.....  
ing. Miguel F. Alcántara Contreras  
SUPERVISOR DE SERVICIOS - CIP 214315  
Fecha ..... / ..... / .....

Firma: \_\_\_\_\_  
(Titular o Representante legal de la Institución)

(\* ) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 8º, literal "c" Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la Institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de Investigación como en las tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, ni en el cuerpo de la tesis ni en los anexos, pero sí será necesario describir sus características.