

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PMO PARA
INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD EN LA FLOTA
DE CAMIONES CAT 793 EN MINERIA A TAJO
ABIERTO CAJAMARCA 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Roger Cubas Salcedo

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI



Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

DEDICATORIA

Esta tesis va dirigida en primer lugar a mi familia, quienes todos juntos me brindaron el apoyo y cariño para la realización de este proyecto fomentando así el cumplimiento de todas mis metas

Roger Cubas

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Jehová Dios que, por medio de él, me brinda fuerzas animo una actitud correcta, También a todos los que me animaron también a seguir adelante, además también agradecer al docente, que nos apoyó a poder realizar este trabajo de investigación.

Roger Cubas

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO III: RESULTADOS	19
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS	48
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Codificación de Equipo del Camión de Acarreo Caterpillar 793F.....	20
Tabla 2. Confiabilidad Flota de Camiones de Acarreo CAT 793F – periodo 2021	22
Tabla 3. recorrido del proceso de mantenimiento camión 793	27
Tabla 4. Formato ordenes de trabajo	29
Tabla 5. Programa de Mantenimiento Preventivo – Camión de Acarreo CAT793F	36
Tabla 6. Cuadro Resumen de Confiabilidad trimestral del periodo 2022.....	40
Tabla 7. Presupuesto que involucra la implementación del plan de mantenimiento.....	42
Tabla 8. Inversiones activas fijos	43
Tabla 9. Activos diferidos.....	43
Tabla 10. Capital de operación.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagnóstico de los equipos de acarreo a través del Diagrama de Ishikawa	19
Figura 2. Disponibilidad de flota de Camiones de Acarreo CAT 793F – periodo 2021	21
Figura 3. TPPR de la Flota de Camiones de Acarreo CAT793F – periodo 2021	22
Figura 4. Confiabilidad de flota 2021	23
Figura 5. Procesos de mantenimiento	26
Figura 6. Disponibilidad de la Flota de Camiones de Acarreo 793F – periodo 2022	37
Figura 7. Disponibilidad de la Flota Camión de Acarreo CAT793F	38
Figura 8. TPPR que corresponde al año 2022	39
Figura 9. Tiempo Promedio para Reparar la Flota Camión 793F	39
Figura 10. Confiabilidad de la Flota de Camiones de Acarreo 793F - periodo 2022	41
Figura 11. Confiabilidad de la Flota Camión de Acarreo CAT793F	41

RESUMEN

La investigación pretende determinar el efecto de la aplicación la metodología pmo para incrementar la disponibilidad en la flota de camiones cat 793 en minería a tajo abierto Cajamarca 2022., lo cual se iniciado con un diagnostico situación actual de los camiones CAT 793, elaborar un plan de gestión mantenimiento, evaluar el incremento de la disponibilidad de los camiones con la implementación del plan de gestión de mantenimiento y finalmente realizar el análisis económico del plan de gestión de mantenimiento. De acuerdo al diagnóstico actual se evidencia que la disponibilidad de 82.07%, tiempo promedio para reparar (TPPR) es 3.86 horas/falla y finalmente la confiabilidad alcanza un 62.37%. En el plan de gestión mantenimiento para camiones mineros CAT 793 se establecieron las políticas de mantenimiento, procesos de mantenimiento, fase de sistematización, programación del proceso de mantenimiento para promover el TPM y finalmente se implementó el programa de mantenimiento del camión CAT 793. El incremento de la disponibilidad al implementar el plan de gestión de mantenimiento, es que se ha mejorado en un promedio de 86.13%, tiempo promedio para reparar (TPPR) es 4.19 horas/falla; obteniendo un aumento en el TPPR de la flota en 8.05%, y finalmente la confiabilidad alcanza una máxima confiabilidad un 66.78%, finalmente del análisis económico para la implementación de la gestión de mantenimiento indican que se requiere de una inversión de s/ 182,285.75.

PALABRAS CLAVES: aplicación, metodología, confiabilidad, tajo, minera.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Gonzales (2016) propuso un Plan de Mantenimiento Preventivo para maquinaria pesada para incrementar la productividad deseada. Hoy en día es el principal problema de las empresas mineras, por paradas inesperadas de los equipos de acuerdo al clima laboral, excesivos tiempos de reparación y por falta de repuestos oportunos en almacén. Para ello se hizo una evaluación del sistema vigente, se estableció reformas y se implementó técnicas alternativas. Una de sus principales conclusiones a la que llegó indica que: Las reformas planteadas de ejecutar el plan con mano de obra propia y, cambiar de proveedores de insumos, permite generar un ahorro económico de un 44.07% de los costos de Mantenimiento Preventivo de la flota en cuestión, sin disminuir la calidad de los trabajos e insumos involucrados. El informe antes mencionado, proporciona al presente trabajo información referente al proceso de diagnóstico y análisis necesario para la identificación de oportunidades de mejora y la identificación de causas fundamentales para incrementar la productividad deseada. Según Bolaño, C. (2014) realizó su tesis “Propuesta de mejora en la confiabilidad operacional del mando final de un camión minero caterpillar modelo 797f de la compañía minera anapaccay utilizando la metodología rcm. En esta monografía se despliega la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC o RCM, como modelo para desempeñar el mantenimiento de la flota de camiones de acarreo Caterpillar modelo 789C en la empresa minera PRODECO en la

operación mina Calenturitas que presentan bajo desempeño en los indicadores de disponibilidad y confiabilidad. Para este modelo de camión se define la función primaria y secundaria, se definen los parámetros de funcionamiento y las condiciones operacionales en las cuales trabaja, se especifican los modos de fallas con los efectos y las consecuencias que a cada modo de falla haya lugar para definir las tareas de mantenimiento necesarias para que el equipo desempeñe la función para la cual fue diseñada. Para alcanzar alta confiabilidad y por lo tanto una alta disponibilidad se atacan tres grandes ventanas Mantenimiento Programado MP, PCR o RPC y Cambios de Turno de manera tal que siempre las paradas sean programadas y se optimice el tiempo de funcionamiento. Al final se tendrá un plan modelo de mantenimiento que podría alcanzar los niveles óptimos de disponibilidad, que permitirán a la compañía mejores niveles de productividad que satisfacen a los clientes y además permiten dar mejores condiciones laborales y económicas para su equipo de trabajo, la sociedad y el medio ambiente de las poblaciones aledañas a la mina.

Según Villanueva, M. (Villanueva M., 2019), realizo su tesis “Evaluación técnico-financiera de estrategias de mantenimiento aplicables a una flota de camiones mineros 797f en una operación minera al sur del Perú” El presente estudio fue diseñado con la finalidad de evaluar las estrategias de mantenimiento aplicables a una flota de camiones 797F en una operación minera al sur de Perú. Se realizó un análisis de costo de posesión y operación del camión minero CAT 797F que sirvió como base para el análisis de costos de indisponibilidad de cada estrategia. Dentro el estudio, el análisis

se enfocó en demostrar cómo utilizar las herramientas de análisis de fallas, análisis de disponibilidad y análisis de confiabilidad para demostrar los resultados de utilizar una estrategia u otra a fin de aclarar la información para la toma de decisiones de la parte ejecutiva. La base de la información del presente estudio está en las especificaciones de fabricante, manuales de servicio, datos de reparación, datos de falla, datos de tiempos de falla y utilización del equipo. El análisis de Weibull se utilizó para evaluar los parámetros de confiabilidad de cada componente del tren de fuerza. Se consideró para cada estrategia el mantenimiento del tren fuerza como los componentes principales del equipo. Dentro del análisis de los modelos se proyectó los resultados a obtener utilizar estrategias de mantenimiento correctivo, condicional, sistemática, alta disponibilidad y aplicando ingeniería de confiabilidad. Para el modelo aplicando ingeniería de confiabilidad no solo se consideró las fallas de los componentes de tren de fuerza, sino que se utilizó la metodología de RCM II desarrollada por John Moubray para analizar las fallas del equipo y en base a un análisis de criticidad se definió los modos de falla funcional que tenían mayor impacto dentro de los resultados para luego plantear una estrategia para minimizar el impacto en el proceso. Finalmente se estimó que en el caso de camiones de gran minería la utilización de una estrategia basada en confiabilidad será de la que mejores resultados se obtenga.

Gonzales (2016) propuso un Plan de Mantenimiento Preventivo para maquinaria pesada para incrementar la productividad deseada. Hoy en día es el principal problema de las empresas mineras, por paradas inesperadas de los equipos de acuerdo al clima

laboral, excesivos tiempos de reparación y por falta de repuestos oportunos en almacén. Para ello se hizo una evaluación del sistema vigente, se estableció reformas y se implementó técnicas alternativas. Una de sus principales conclusiones a la que llegó indica que: Las reformas planteadas de ejecutar el plan con mano de obra propia y, cambiar de proveedores de insumos, permite generar un ahorro económico de un 44.07% de los costos de Mantenimiento Preventivo de la flota en cuestión, sin disminuir la calidad de los trabajos e insumos involucrados. El informe antes mencionado, proporciona al presente trabajo información referente al proceso de diagnóstico y análisis necesario para la identificación de oportunidades de mejora y la identificación de causas fundamentales para incrementar la productividad deseada.

Según Sandoval, G. (2016) realizo su tesis, “Mejora en la confiabilidad operacional del sistema Shift de un camión minero Caterpillar modelo 797F desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo 2016”. La presente tesis se realizó con el objeto de presentar de manera lógica y estructurada un modelo de gestión integral de mantenimiento basado en el riesgo para el sistema power shift de un camión minero Caterpillar Modelo 797F evaluada en la probabilidad de falla por sus consecuencias. La metodología de mantenimiento basado en el riesgo se inicia en la selección del sistema considerado uno de los más críticos dado su contexto y sus funciones primarias y secundarias. El sistema de transmisión o también denominado power shift cuenta con una serie de componentes y partes que se van degradando al transcurrir las horas de operación con la consecuencia de producirse

modos de fallos evidentes u ocultos desde la ocurrencia de la falla potencial hasta la falla funcional. El proceso de implementación del mantenimiento basado en el riesgo se procedió con una metodología que consta de una serie de pasos que va desde la jerarquía de los componentes y partes del sistema de transmisión hasta el paso final de definición de estrategias. Realizamos el procedimiento de desarrollo desde el inicio de las funciones de los componentes, fallas funcionales, los modos de fallos hasta causa raíz determinados en reuniones con especialistas de planificación y operaciones donde encontramos hallazgos trascendentes de los modos de fallas lo cual determino el porqué de utilizar este tipo de metodología para plasmarlo en documentos.

Souris (2015) afirma que la metodología de gestión del mantenimiento constituye actualmente una de las principales y más efectivas herramientas para mejorar y optimizar el funcionamiento de los equipos en las organizaciones. El éxito de gestión del mantenimiento a nivel mundial se ha debido, principalmente a que esta filosofía permite establecer los requerimientos necesarios de los distintos equipos en su contexto operacional; además, toma en cuenta básicamente, el posible impacto que puedan provocar las fallas de estos equipos: al ambiente, la seguridad, la productividad y las operaciones.

La necesidad de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como de obtener de ellos la máxima disponibilidad ha originado una significativa evolución del mantenimiento industrial en las últimas décadas. El proceso ha pasado de métodos puramente estáticos (a la espera de la avería) a métodos

dinámicos (seguimiento funcional y control multiparamétrico) con la finalidad de predecir las averías en una etapa incipiente e incluso llegar a determinar la causa del problema y, por tanto, procurar erradicarla.

Además, Souris (2015) agrega que el instrumento de producción debe responder a un objetivo fundamental: Alcanzar disponibilidad inmediata con una calidad de servicio óptima. Las modernas técnicas de verificación del estado de los equipos e instalaciones contribuyen de manera notable al logro de este objetivo y permite, además, mediante la adecuada selección de filosofías y métodos de mantenimiento, una disminución de los costos productivos.

Tipos de mantenimiento para equipos y/o maquinarias

Correctivo El mantenimiento correctivo es una serie de tareas para corregir las fallas que sean presentando en los camiones de acarreo y que son comunicados al área de mantenimiento mina. (Modelos de Mantenimiento, 2009).

Preventivo El mantenimiento preventivo tiene por objetivo sostener un alto nivel de servicio determinado en los camiones de acarreo, programando las atenciones en el equipo en el tiempo más oportuno para evitar paradas inesperadas. Con esta característica sistemática se procede a la intervención del equipo, aunque no haya dado ningún síntoma de tener ninguna falla (Modelos de Mantenimiento, 2009).

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación de la metodología PMO incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minería a tajo abierto Cajamarca 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación la metodología pmo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad en la flota de camiones cat 793 en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar el diagnostico situación actual de los camiones mineros CAT 793.
- ✓ Elaborar el plan de gestión de mantenimiento de camiones CAT 793.
- ✓ Determinar el incremento de la disponibilidad de los camiones mineros CAT 793 con la implementación del plan de gestión de mantenimiento.
- ✓ Realizar el análisis económico de la implementación del plan de gestión de mantenimiento de camiones mineros CAT 793.

1.4. Hipótesis

La aplicación de la metodología PMO incrementara la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones CAT 793 en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

Según su propósito: Esta investigación es aplicada, en donde la causa es la aplicación de la metodología PMO; y su efecto fueron los resultados que se tienen después de la aplicación para incrementar la confiabilidad.

Según su profundidad: Esta investigación es correlacional

Según la naturaleza de los datos: Esta investigación es cuantitativa, ya que se usó datos y resultados cuánticos otorgados por la empresa, en base a fórmulas numéricas como lo es la eficiencia y productividad. Según su manipulación de variables: Esta investigación es cuasiexperimental.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población: conformada por los camiones de la flota CAT 793 Caterpillar.

2.2.2. Muestra: es conformada por los 20 camiones CAT 793F

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

Observación directa: Permitió conocer la realidad directa y definir los datos más importantes de la situación actual del área de mantenimiento de la empresa.

Análisis documental: La técnica de análisis documental, conocida como técnica de gabinete ayudó a sistematizar la información recurriendo al análisis de

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

distintos documentos y material bibliográfico obtenida de diversas fuentes como tesis, artículos, libros digitales.

2.3.2. Instrumentos

Se utilizaron hojas de control, diagramas de flujo y gráficos.

2.4. Procedimiento

El presente trabajo de investigación se desarrolló en tres etapas

2.4.1. Etapa de pre campo

En esta etapa se realiza la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados con referencia al tema en estudio el cual se da en diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales de las distintas universidades, lo cual nos permita tener referencia con respecto al tema de aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad de la flota de camiones CAT 793.

2.4.2. Etapa de campo

En esta etapa de campo se logrará recolectar información con respecto: Manuales de mantenimiento de los equipos en estudio

Recolección de información de tiempos de fallas y tiempos de reparación de los camiones CAT 793 los cuales servirán calcular la disponibilidad actual.

2.4.3. Etapa de pos campo

En esta etapa se procesaron y tabularon de forma digital los datos obtenidos en campo con ayuda del programa programas Microsoft Word y Microsoft Excel, así mismo se elaboraron cuadros y gráficos de los resultados obtenidos, en el cual se puede identificar de forma más el incremento de la confiabilidad de la flota de camiones CAT 793 en minería a tajo abierto Cajamarca 2022.

2.5. Aspectos éticos

Para la realización de esta tesis se respetaron los derechos de autor de cada estudio que se ha considerado tanto para la obtención de datos, como para los antecedentes y la base teórica, citando correctamente y sin haber realizado alguna modificación en la información adquirida.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Diagnóstico situación actual del mantenimiento de camiones mineros CAT 793.

El presente estudio permitió realizar un diagnóstico relacionada con los aspectos relacionados con el mantenimiento y disponibilidad de los camiones de acarreo.

Por lo que el presente trabajo, luego de realizar el diagnóstico correspondiente mediante el diagrama de Ishikawa se centrará en proponer alternativas de mejora continua para el área de mantenimiento mecánico de la maquinaria pesada de la empresa y mejorar la productividad de los equipos de acarreo.

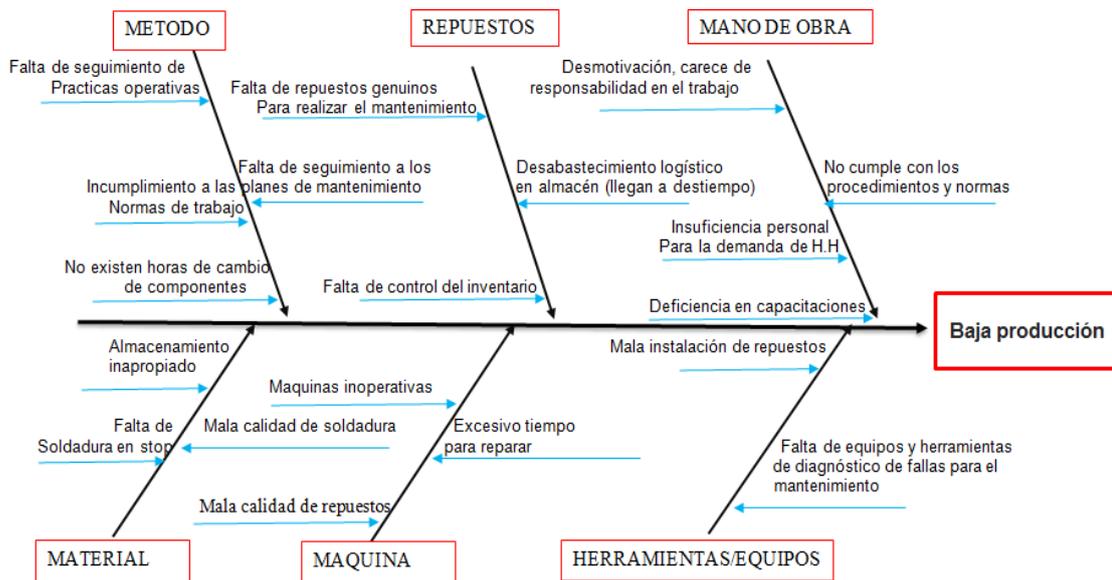


Figura 1. Diagnóstico de los equipos de acarreo a través del Diagrama de Ishikawa.

3.1.1. Codificación de los equipos

Asignamos un código de equipo para un mejor tratamiento de la información.

Tabla 1.

Codificación de Equipo del Camión de Acarreo Caterpillar 793F

DESCRIPCION DEL EQUIPO	CÓDIGO
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°01	CAM01
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°02	CAM02
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°03	CAM03
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°04	CAM04
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°05	CAM05
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°06	CAM06
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°07	CAM07
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°08	CAM08
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°09	CAM09
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°10	CAM10
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°11	CAM11
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°12	CAM12
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°13	CAM13
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°14	CAM14
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°15	CAM15
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°16	CAM16
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°17	CAM17
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°18	CAM18
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°19	CAM19
Camión de Acarreo Caterpillar 793F N°20	CAM20

3.1.2. Diagnóstico de disponibilidad de la flota de camiones de acarreo CAT 793.

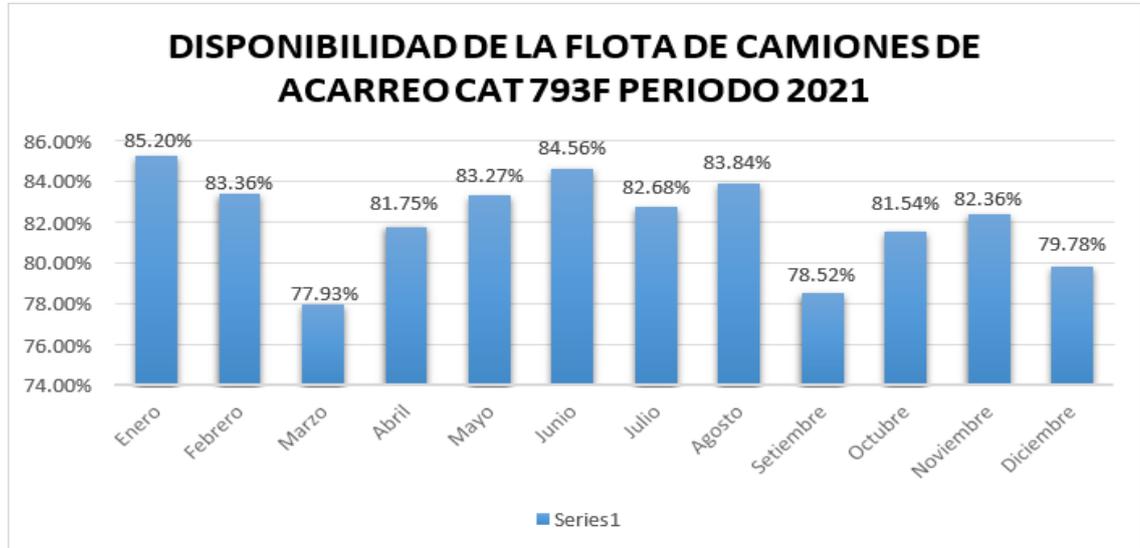


Figura 2. Disponibilidad de flota de Camiones de Acarreo CAT 793F – periodo2021.

En la Figura .se observa el comportamiento de la disponibilidad en cada mes del periodo 2021; y muestra como máxima disponibilidad un 85.20% (enero) y como mínimo 77.93% (marzo), de esta manera se obtuvo una disponibilidad promedio de 82.07%.

3.1.3. Tiempo promedio para reparar

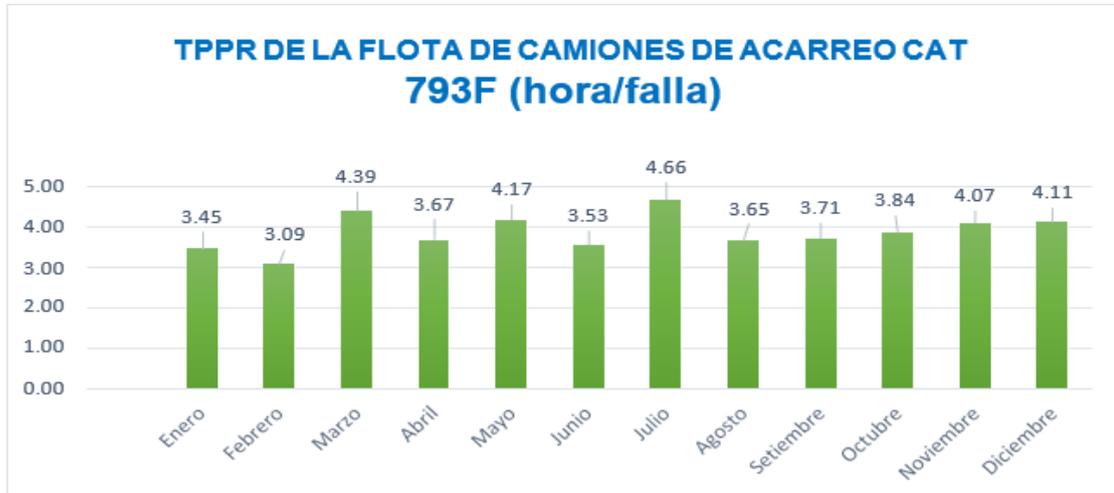


Figura 3. TPPR de la Flota de Camiones de Acarreo CAT793F – periodo 2021.

En la Figura 3, se observa el comportamiento del TPPR en cada mes del periodo 2021; teniendo como máximo TPPR de 4.66 horas/falla (julio) y como mínimo 3.09 horas/falla (febrero), es así como se obtuvo un TPPR promedio de 3.86 horas/falla.

3.1.4. Confiabilidad: Resumen de los resultados de confiabilidad en el periodo 2021.

Tabla 2.

Confiabilidad Flota de Camiones de Acarreo CAT 793F – periodo 2021

TRIMESTRE	CONFIABILIDAD (%)	CONFIABILIDAD ACUMULADA
PRIMER (enero - marzo)	53.50%	46.50%
SEGUNDO (abril - junio)	60.10%	39.90%
TERCERO (julio - setiembre)	62.37%	37.63%
CUARTO (octubre - diciembre)	56.84%	43.16%

Se observa el comportamiento de la confiabilidad en cada trimestre del periodo 2021; el resultado alcanza un 62.37% (tercer trimestre – julio a setiembre) y como mínimo 53.50% (primer trimestre - enero a marzo).

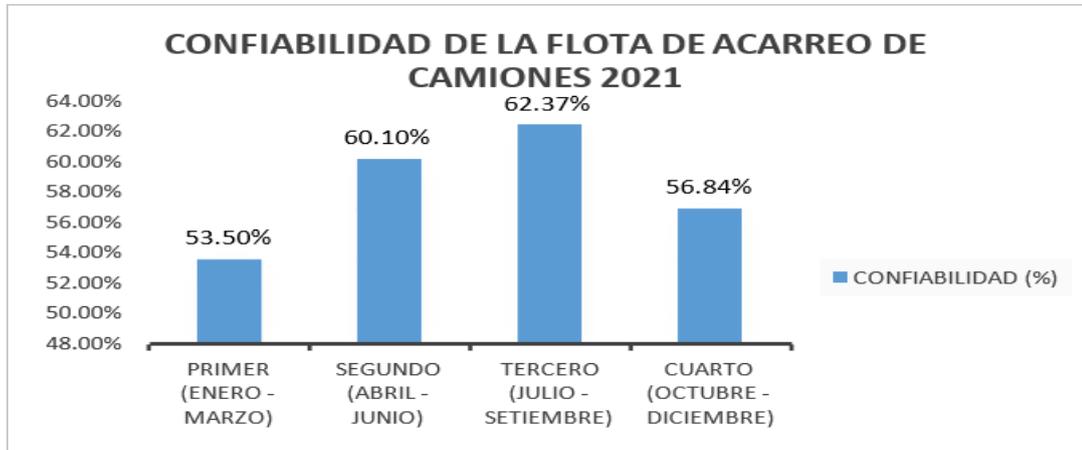


Figura 4. Confiabilidad de flota 2021

3.2. Plan de gestión de mantenimiento de camiones mineros CAT 793.

3.2.1. Políticas de mantenimiento

El área de Mantenimiento de la Minera está comprometida en lograr los más altos índices de Seguridad, Salud, Eficiencia y Eficacia a fin de mantener los equipos con disponibilidades que permitan cumplir y superar las metas trazadas de producción, con un bajo costo de mantenimiento y en adecuado ambiente de trabajo en equipo, agradable, motivador y en armonía con el medio ambiente; a través de la mejora continua, la confiabilidad de los Activos, de los procesos y del recurso humano.

Nos comprometemos:

- ✓ Establecer que la Seguridad y el cuidado del Medio Ambiente son norma y conducta de cada uno de nuestros integrantes.
- ✓ Cumplir con entregar la disponibilidad y confiabilidad requeridas por los equipos.
- ✓ Reducir las averías del equipo debido a la falta de capacidad para la operación del equipo.
- ✓ Reducir los retrasos en la entrega de equipos y maquinarias a los proyectos de la empresa.
- ✓ Entrenar al personal para las actividades involucradas en el desarrollo del TPM.

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

- ✓ Implementar sistemas, procesos y herramientas que permitan desplegar un Mantenimiento basado en la metodología PMO (confiabilidad)
- ✓ Llevar un seguimiento y control sobre los indicadores de rendimiento principales.
- ✓ Generar constantemente ideas innovadoras con todos nuestros integrantes para desarrollar y ejecutar proyectos orientados a la mejora continua (Excelencia Operacional)

3.2.2. Procesos de Mantenimiento

Los procesos de mantenimiento deben asegurar la efectividad de la gestión de mantenimiento, donde se explica el modo de actuar frente al mantenimiento programado y no programado de los equipos y maquinarias que tiene repercusión importante en el sistema productivo de la compañía. Las ordenes de mantenimiento se clasifican por prioridades se debe llevar un control y verificación de su ejecución, al finalizar con su cierre, el análisis de los trabajos realizados y la realimentación tanto para la base histórica como para revisar los programas posteriores.



Figura 5. Procesos de mantenimiento

3.2.3. Fase de sistematización

Se define como sistematización al estado en el que está un proceso cuando es capaz de cumplir las metas en cada una de sus fases (Planeación, Implantación, Verificación y Ajustes), realizando las actividades de manera secuencial y consistente para lograr los objetivos. En esta fase, por lo tanto, se verifica que el ciclo de mejora continua se desarrolle de forma consistente y se obtengan los resultados esperados.

Tabla 3.

Recorrido del proceso de mantenimiento camión 793

DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO CAMION 793F							
EMPRESA	Minera Yanacocha						
AREA	Taller Mecanico						
SECCION	Mantenimiento del Equipo						
ACTIVIDADES	SIMBOLOS						TIEMPOS
	○	➔	□	▽	◐	◑	
Recepción del equipo en taller	●						0.3
Traslado a zona lavado a presión		●					0.15
limpieza y desengrase del equipo						●	180
Traslado a zona de reparaciones		●					0.15
Inspección y pruebas estáticas			●				120
Pruebas al sistema Combustible						●	0.15
Inspección al sistema Hidráulico			●				0.3
Inspección al sistema Motor Diésel	●						120
Pruebas al sistema Enfriamiento						●	0.3
Pruebas del sistema Eléctrico			●				0.3
Revisión de Fugas de Aceite H.						●	0.3
Revisión de bujes y pines anclaje			●				0.3
Generación de Orden de Trabajo				●			60
Asignación de personal y recursos					●		0.15
Inspeccion de componentes	●						120
Cambio de Aceite y Filtros Aire						●	180
Revisión de niveles	●						60
Pruebas finales de Rendimiento						●	120
Inspección final de calidad del equipo			●				240
Traslado del equipo a Obra		●					0.15
TOTA							1202.55

3.2.4. Programación del proceso de mantenimiento para promover el TPM

a) Ordenes de trabajo

El supervisor recibe un programa de trabajo impreso y también verifica en el sistema el Programa de Trabajo que incluye Órdenes de Trabajo (OT) con el siguiente detalle:

Alcance del trabajo, especialistas técnicos y niveles de capacitación requeridos, materiales, herramientas, y equipos auxiliares, asimismo información acerca de tiempos de ejecución estimados, costos estimados, los procedimientos de trabajo y los permisos de seguridad a cumplir. Adicionalmente, planos, manuales, diagramas y cualquier información técnica pertinente.

- ✓ El Supervisor de Mantenimiento verifica los trabajos programados para su grupo de trabajo a través del sistema.
- ✓ El supervisor de mantenimiento selecciona la orden de trabajo a asignar a un responsable.
- ✓ Con el plan recibido y el Paquete de Trabajo impreso, se procede a verificar y validar la información que ha sido registrada en la Orden de Trabajo.

Tabla 4.

Formato de órdenes de trabajo

ORDEN DE TRABAJO	ORDEN DE TRABAJO	N°	
Solicitado por		Fecha de solicitud	
Sistema		Equipo	
Código del equipo			
Actividad			
DESCRIPCION DEL TRABAJO			
MATERIALES E INSUMOS UTILIZADOS			
Cantidad	Descripción		
PROGRAMACION			
Hora de inicio		Hora de finalización	
Responsable		Firma:	
OBSERVACIONES		Recibido por:	
		Firma:	

b) Solicitar recursos

Para una Orden de Trabajo de emergencia, el Supervisor procede a solicitar y gestionar los recursos, tanto internos como externos, necesarios para ejecutar el Trabajo.

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

- ✓ Para una OT de Emergencia, el Supervisor procede a solicitar los recursos materiales estimados para completar el trabajo.
- ✓ Verificar la disponibilidad de los recursos internos para ejecutar la Orden de Trabajo, en caso de requerirse recursos adicionales gestiona con otros supervisores de otras áreas para el apoyo.
- ✓ El Supervisor de Mantenimiento asigna cada tarea de la OT a un equipo interno (Técnicos de Mantenimiento) o a un equipo externo (Contratistas).
- ✓ El Supervisor es responsable de gestionar los permisos, conseguir los diagramas, planos, desarrollar el procedimiento, documentación técnica, etc., en general información que permite desarrollar la tarea.
- ✓ El Técnico de Mantenimiento asegura los recursos requeridos para la OT.
f) El técnico revisa y recibe todos los recursos necesarios para ejecutar el trabajo, los materiales, y los equipos auxiliares, los que deben haber sido seleccionados y colocados previamente en un área accesible al lugar donde se ejecutará el trabajo.
- ✓ El técnico de mantenimiento retira del Almacén los materiales listados en la OT para la tarea, incluyendo equipos de protección personal.
- ✓ El Técnico de Mantenimiento va al almacén de herramientas del área de mantenimiento y retira las herramientas que son necesarias para la ejecución de la tarea.

c) Reprogramar trabajo

El Supervisor coordinará con el programador y planeamiento la reprogramación de la OT cuando no se cuente con los recursos necesarios para realizarla.

d) Solicitar equipo a operaciones

El Técnico de Mantenimiento recibe el Equipo y actualiza en el sistema el tiempo de inicio de la reparación del equipo.

- ✓ El técnico recibe el equipo en coordinación con el supervisor de operaciones. Para OTs programadas, se recibe el equipo con anticipación para el inicio de su mantenimiento por el grupo de trabajo asignado. Para OTs de emergencia, el recibo se apresura según necesidad.
- ✓ coordinar con el Supervisor de Mantenimiento, el Supervisor de Operaciones y personal del área de Seguridad Industrial, dependiendo del caso, para la verificación de la condición de seguridad del equipo entregado para su mantenimiento al área de mantenimiento mecánico.
- ✓ coordinar con el Supervisor de Mantenimiento, el Supervisor de Operaciones y personal del área de Seguridad Industrial, dependiendo del caso, para la verificación de la condición de seguridad del equipo entregado para su mantenimiento al área de mantenimiento mecánico.

d) Ejecutar requerimientos de seguridad

Verificar las condiciones de seguridad mediante un Análisis Seguro de Trabajo (AST).

Si corresponde, se deben verificar los requerimientos de seguridad que sean requeridos como permisos escritos de trabajos de alto riesgo. Dependiendo del caso, pueden participar en esta verificación el Supervisor de Mantenimiento, el Supervisor de Operaciones, y personal del área de Seguridad.

e) Realizar control de calidad e inspección de pre-entrega

Al final de la reparación, el técnico de mantenimiento verifica que el trabajo realizado esté conforme con lo establecido en la OT y cumpla con los requerimientos de calidad especificados, para lo cual utiliza el formato de inspección de pre-entrega, esta verificación incluye pruebas de operación, ensayos no destructivos, etc., que pueden ser realizados por los técnicos de mantenimiento responsables de la tarea o solicitar el apoyo de terceros especializados.

- ✓ Realizar control de calidad de cada tarea del trabajo en base a lo indicado en la OT, que puede o no ser un trabajo estándar, en base a las buenas prácticas de Mantenimiento.
- ✓ Se corrigen los trabajos identificados como no aceptados.

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

- ✓ El Supervisor de Mantenimiento validará el control de calidad realizado por el Técnico de Mantenimiento, en caso que sea necesario puede solicitar el servicio de terceros para realizar pruebas de calidad especiales.

f) Entregar equipo a operaciones

Luego del control de calidad y con el del Supervisor de Mantenimiento se procede a la devolución del equipo a Operaciones, en este paso se solicita que el responsable de Operaciones que recibe el equipo, registre su conformidad con el trabajo realizado.

- ✓ El Supervisor de Mantenimiento es el responsable de entregar el equipo al área operativa, pudiendo delegar la actividad a un subalterno.
- ✓ En presencia del Supervisor de Mantenimiento, el supervisor de operaciones recibe el equipo, se realizan las pruebas de arranque en conformidad con el manual operativo del equipo y del procedimiento de arranque para dar el correspondiente.

3.2.5. Programa de mantenimiento del camión de acarreo 793F

a) Inspección alrededor de la maquina

Antes de empezar a trabajar o manejar el camión, leer el Manual de Operación y Mantenimiento para recabar información acerca de las técnicas de seguridad, mantenimiento y técnicas de operación.

Las Precauciones de Seguridad y las Advertencias figuran en el manual y en el camión. Asegúrese de identificar y comprender todos los símbolos antes de arrancar el camión.

b) Mantenimiento diario

El primer paso al acercarse al camión es realizar una inspección a pie alrededor del mismo.

Mire a su alrededor y debajo verificando que no haya ninguna tuerca floja o que falte, basura acumulada o perdidas de refrigerantes, combustible o aceite. Fíjese si hay alguna señal de rajadura o ruptura. La siguiente lista identifica los elementos que requieren una revisión diaria.

Condición de los neumáticos y presión.

Tapones magnéticos de las ruedas delanteras y traseras.

Tuercas de las ruedas. - Filtro de combustible primario.

Respiradores del eje frontal y trasero.

Aceite del Convertidor / Transmisión.

Cilindros de freno y respiradores.

Correas del ventilador.

Aceite del sistema de dirección.

Baterías.

Alarma de retroceso.

Cinturones de seguridad.

Cilindros de suspensión.

Nivel de combustible y humedad.

Aceite para sistema de frenos y levante.

Refrigerante y radiador.

Aceite del cárter del cigüeñal del motor.

Pre depurador y filtros de aire.

Filtros del aire fresco de la cabina

Dirección secundaria

Frenos.

c) Programación

La frecuencia del Mantenimiento Preventivo (PM) es de cada 350 horas de operación, en el cuadro se muestra el ciclo de mantenimiento del camión de acarreo detallando los sistemas o componentes a revisar en cada período.

Tabla 5.

Programa de Mantenimiento Preventivo – Camión de Acarreo CAT793F

MANTENIMIENTO PREVENTIVO AT793F Descripción de los Sistemas	350 PM1	700 PM2	1050 PM3	1400 PM4	1750 PM5	2100 PM6
MOTOR						
Filtro de aceite de motor	X	X	X	X	X	X
ADMISIÓN						
Filtro primario de aire	X	X	X	X	X	X
Filtro de aire secundario	X		X		X	X
HIDRÁULICO						
Filtro principal (tanque)		X		X		X
CABINA						
Filtro aire. Detrás de asiento, parte inferior		X		X		X
Filtro aire. Detrás de asiento, parte superior		X		X		X
TRANSMISIÓN						
Filtro de transmisión		X		X		X
Filtro de convertidor		X		X		X
COMBUSTIBLE						
Filtro primario de combustible		X		X		X
Filtro secundario de combustible	X	X	X	X	X	X
Filtro ventilación de tanque		X		X		X
ACEITES Y FLUIDOS						
Aceite transmisión SAE 30W		X		X		X
Aceite hidráulico SAE 10W	X		X		X	
Aceite mandos finales SAE 50W (8 gal c/u)		X		X		X
Aceite motor SAE 15W 40	X	X	X	X	X	X

3.3. Disponibilidad de camiones mineros CAT 793 con la implementación del plan de gestión de mantenimiento.

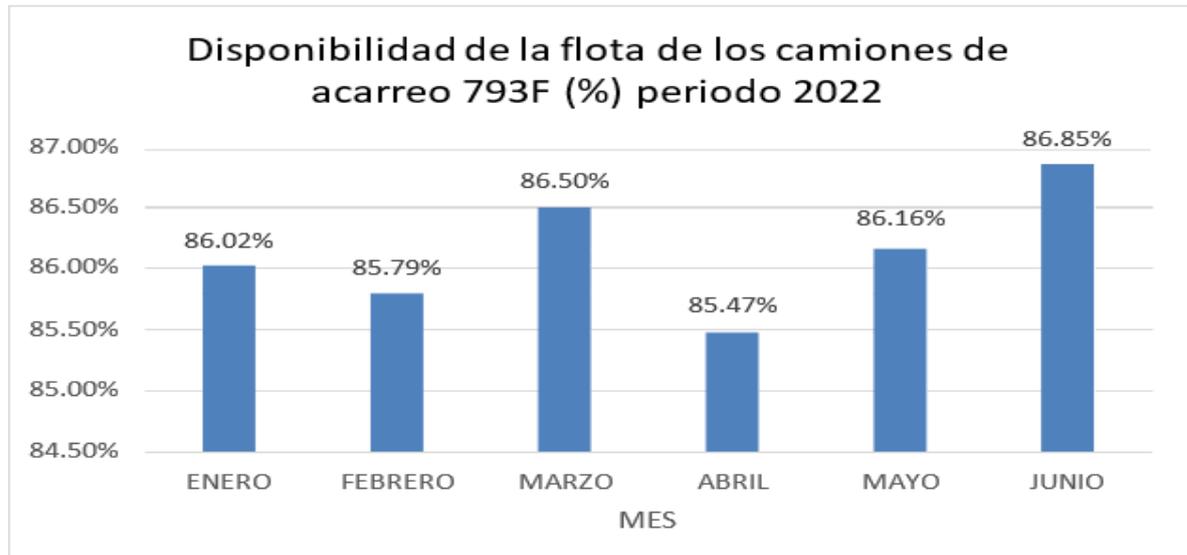


Figura 6. Disponibilidad de la Flota de Camiones de Acarreo 793F – periodo 2022

En la Figura ...se observa que se tiene como máxima disponibilidad un 86.85% (junio) de la flota de camiones de acarreo 793F tiene como mínimo 85.47% (abril), obteniendo una disponibilidad promedio de 86.13%.

La estrategia de mantenimiento establecida para el periodo 2021 y 2022, en cuanto a la disponibilidad de la flota tiene 86%, como se observa en la gráfica que en el periodo 2021 no se cumple con el objetivo salvo el mes de enero, respecto al periodo 2022 si hay cumplimiento.

La disponibilidad de los equipos de la flota de camiones de acarreo CAT793F, en el periodo 2021 presenta en promedio 81.97% por mes y el periodo 2022 un 86.09% por mes; obteniendo una mejora en la disponibilidad de la flota en 4.12%.

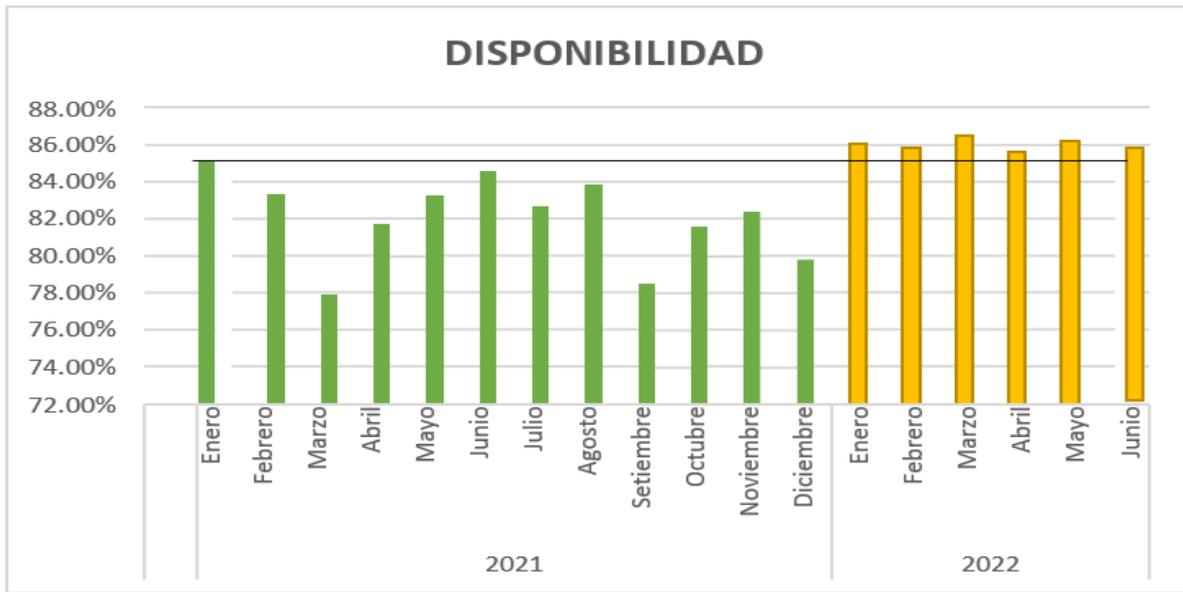


Figura 7. Disponibilidad de la Flota Camión de Acarreo CAT793F

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

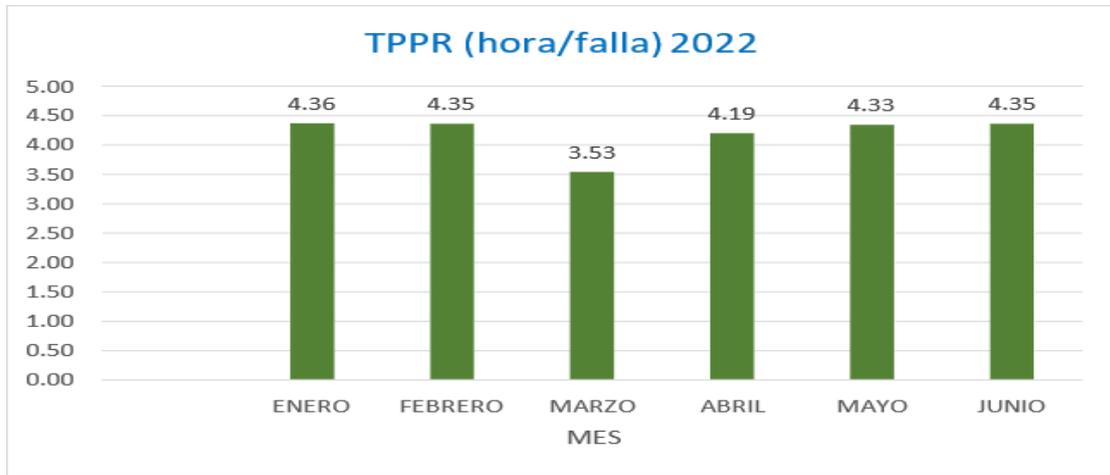


Figura 8. TPPR que corresponde al año 2022.

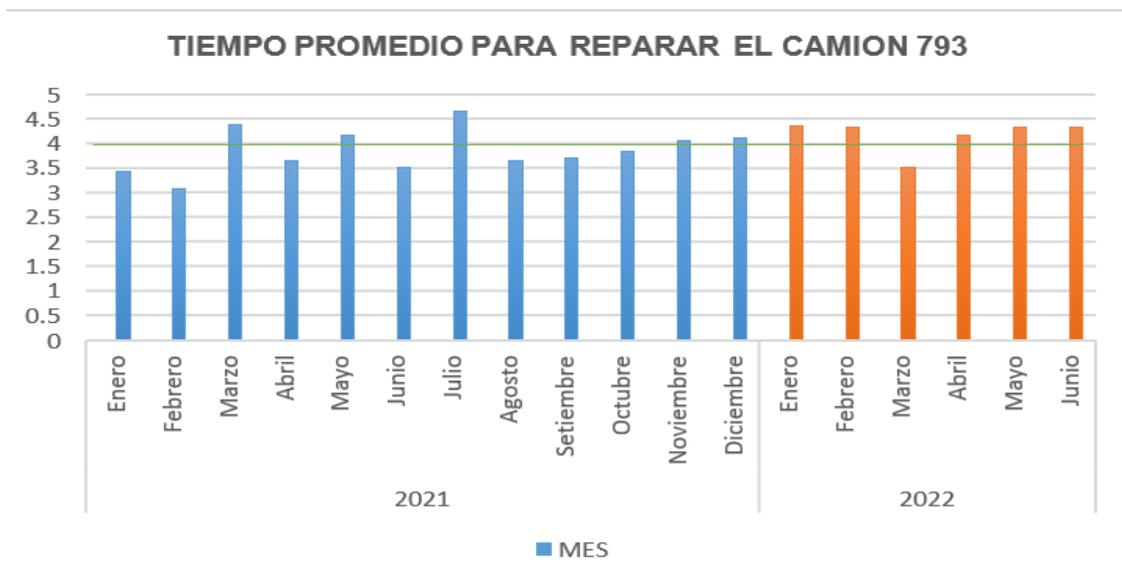


Figura 9. Tiempo Promedio para Reparar la Flota Camión 793F

La estrategia de mantenimiento establecida para el periodo 2021 y 2022, en cuanto a TPPR de la flota tiene un KPI de 4 horas, como se observa en la gráfica que en el periodo 2021 se llega a la meta solo en 6 meses, respecto al periodo 2022 solo en el mes de marzo hay cumplimiento.

El tiempo promedio para reparar de los equipos de la flota de camiones de acarreo CAT793F, en el periodo 2021 presenta en promedio 3.86 horas/falla el periodo 2022, 4.19 horas/falla; obteniendo un aumento en el TPPR de la flota en 8.05%, se debe que en el periodo 2022 se presentaron menor frecuencia de fallas con un alto grado de impacto que conllevó a tener un mayor tiempo de reparación.

Confiabilidad

Aplicando el procedimiento de cálculo que se realizó para obtener la confiabilidad en el año 2021, se obtiene los siguientes resultados para el periodo 2022.

Tabla 6.

Cuadro Resumen de Confiabilidad trimestral del periodo 2022

TRIMESTRE	CONFIABILIDAD (%)	CONFIABILIDAD ACOMULADA
PRIMER (Enero - Marzo)	66.44%	33.79%
Segundo (Abril - Junio)	66.44%	33.56%

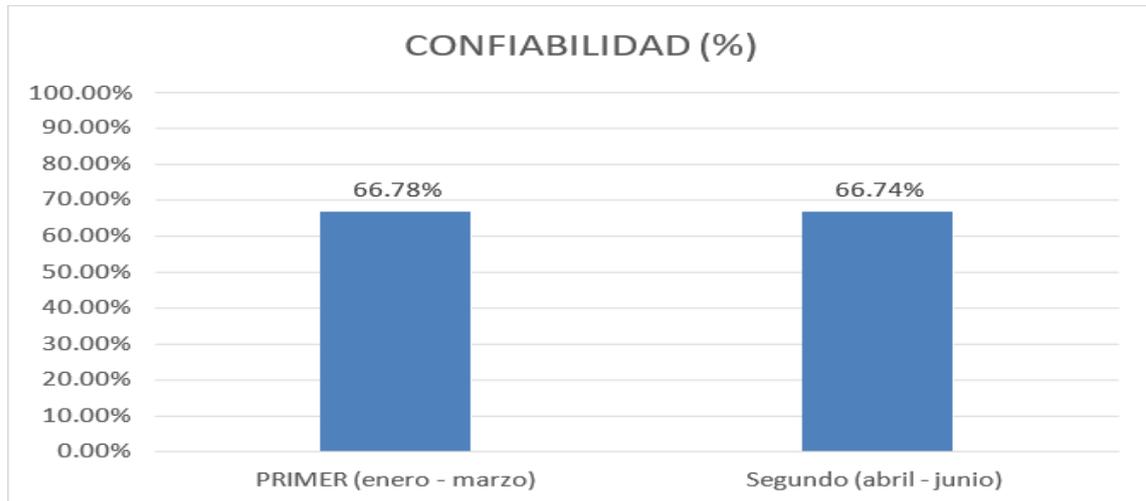
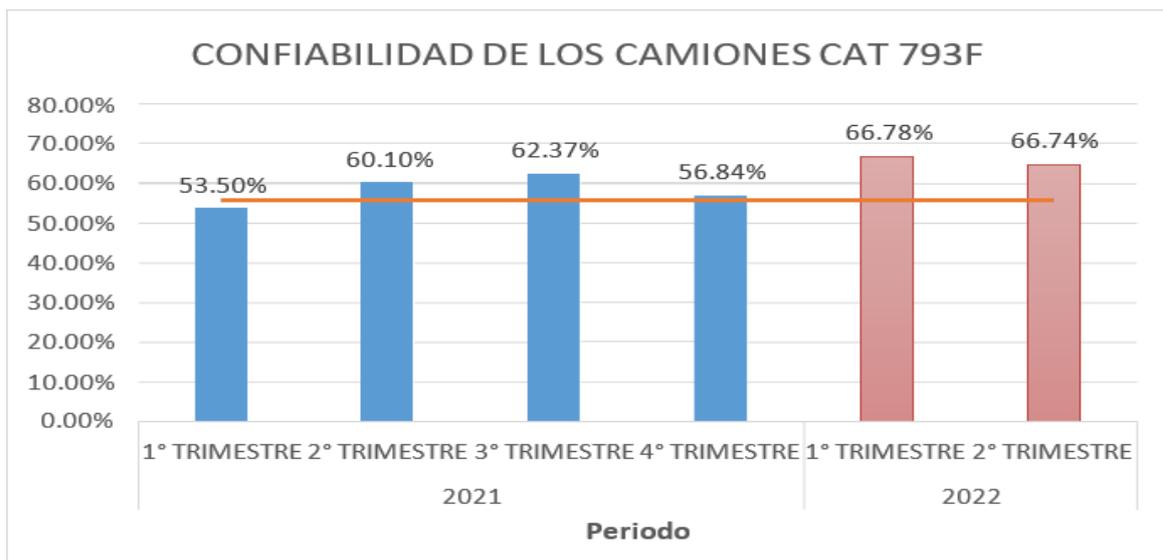


Figura 10. Confiabilidad de la Flota de Camiones de Acarreo 793F - periodo 2022

En la Figura 10 se observa el comportamiento de la confiabilidad en cada trimestre del periodo 2022; teniendo como máxima confiabilidad un 66.78% (primer trimestre – enero a marzo) y como mínimo 66.74% perteneciente al segundo trimestre (abril a



junio).

Figura 11. Confiabilidad de la Flota Camión de Acarreo CAT793F.

La estrategia de mantenimiento establecida para el periodo 2021 y 2022, en cuanto a la confiabilidad de la flota tiene un KPI de 63%, como se observa en la gráfica que en el periodo 2021 no se cumple con el objetivo, respecto al periodo 2022 si hay cumplimiento.

La confiabilidad de los equipos de la flota de camiones de acarreo CAT793F, en el periodo 2021 presenta en promedio 58.20% y el periodo 2022 un 65.76%; obteniendo una mejora en la confiabilidad de la flota en 13.28%.

3.4. Análisis económico del plan de gestión de mantenimiento de camiones CAT 793.

Se planteó como objetivo específico Analizar el impacto financiero del plan de sistema de gestión de mantenimiento de camiones mineros CAT 793 de la empresa minera.

Para determinar si existe viabilidad en el plan de mantenimiento de la propuesta de mejora en el proceso de mantenimiento realizaremos un análisis de la inversión.

Tabla 7.

Presupuesto que involucra la implementación del plan de mantenimiento

Descripción	costo s/.
1° – Compromiso y anuncio de la alta gerencia sobre el plan de mantenimiento	10200
2° – Campaña de educación y difusión del método	30000
3° – Creación de organizaciones para promover el mantenimiento total	43200
4° – Política básica y metas del mantenimiento total	43200
5° – Obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones	14400
6° – Mantenimiento autónomo.	14400
7° – Mantenimiento planeado	21600

Inversiones: Inicialmente se consideran los activos fijos que deberá invertir la empresa minera Cajamarquina para la mejora del mantenimiento de los camiones 793F. Para ellos se han considerado los valores previamente analizados en el capítulo anterior.

Tabla 8.

Inversiones activas fijos

ACTIVOS FIJOS	
Descripción	s/. TOTAL
Maquinaria y Herramientas	29,657.00
Equipos de Computación	2,170.00
Equipos de muebles de oficina	945
Adecuaciones del local	142,760.00
TOTAL	17,553.20

Se deben considera también los costos para la instalación de una oficina de mantenimiento planificado, mismo que serán activos diferidos para la minera.

Tabla 9.

Activos diferidos

ACTIVOS DIFERIDOS			
Descripción	Valor	Cantidad	TOTAL
Gastos de oficina	1200	1	1200
TOTAL			1200

Adicionalmente para el análisis de los gastos financieros deberá considerarse un capital de operación principalmente para cubrir los gastos que son fijos de gastos administrativos, así como la mano de obra directa, que se detallan a continuación.

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

Tabla 10.

Capital de operación

CAPITAL DE OPERACIÓN	
DESCRIPCION	Valor Mensual
Gastos administrativos	3,108.70
Mano de obra directa	7,445.05
TOTAL	10,553.75

Por lo tanto, la inversión inicial es:

Tabla 11.

Resumen de la inversión Obra

Descripción	Valor
Activos fijos	175532
Activos intangibles	1200
Capital de trabajo (1mes)	10,553.75
TOTAL	187285.75

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Tuarez (2014) en su tesis implementó el Mantenimiento Productivo Total con lo cual incrementó su OEE (Disponibilidad x Rendimiento x Calidad) de 66.67% a 74.84% sin aplicar el pilar de mejoras de proyecto, en esta tesis el OEE incrementó de 59% a 83% superando ampliamente al antecedente lo cual se debe a la aplicación de soluciones priorizadas.

González (2017), en su tesis identificó las causas que originan las problemáticas dentro del proceso de mantenimiento empleando herramientas de gestión como; Ishikawa, Diagrama de Pareto y mejora continua. Sin embargo, en esta tesis se utilizó el diagrama de JackkNife, Ishikawa, Pareto y además midió los indicadores obteniendo un diagnóstico más completo a comparación del antecedente.

Aranguren (2015), utilizó sólo el Mantenimiento Autónomo en el cual desarrolló políticas en temas de entrenamiento y capacitación dentro o fuera de las instalaciones para los operadores y en el pilar de Mantenimiento Planificado realizó un cronograma de capacitaciones dirigido al personal técnico del área de mantenimiento, de esta manera mejoró la eficiencia de cada personal en el desarrollo de sus actividades. En esta tesis se eligió el Mantenimiento Productivo Total, a diferencia del antecedente, la capacitación incluyó a la gerencia y jefatura brindándoles los alcances informativos, ya que son los que determinaron la viabilidad del proyecto TPM.

Rivera (2015), dentro de su programa TPM realizó actividades rutinarias de inspección, lubricación, ajustes y limpieza a los equipos de mina, pero no documentan el mantenimiento, en esta tesis las inspecciones, lubricación, orden y limpieza se incluyeron dentro del mantenimiento autónomo y los mantenimientos sí son reportados en el programa SAP, otra de las diferencias es que en el antecedente no se utilizan tarjetas rojas para equipos obsoletos.

4.2. Conclusiones

Actualmente los equipos de acarreo se encuentran en mal funcionamiento, de acuerdo al diagnóstico actual se evidencia que la disponibilidad de 82.07%, tiempo promedio para reparar (TPPR) es 3.86 horas/falla y finalmente la confiabilidad alcanza un 62.37% (tercer trimestre – julio a setiembre) y como mínimo 53.50% (primer trimestre - enero a marzo) generando baja competitividad.

En el plan de gestión mantenimiento para camiones mineros CAT 793 se establecieron las políticas de mantenimiento para que las cumplan los trabajadores de mina encargados de mantenimiento de equipos, procesos de mantenimiento, fase de sistematización, programa del proceso de mantenimiento para promover el TPM y finalmente se implementó el programa de mantenimiento del camión CAT 793.

El incremento de la disponibilidad de los camiones mineros CAT 793 obtenida al implementar el plan de gestión de mantenimiento, es que se ha mejorado en un promedio de 86.13%, tiempo promedio para reparar (TPPR) es 4.19 horas/falla; obteniendo un aumento en el TPPR de la flota en 8.05%, y finalmente la confiabilidad alcanza una máxima confiabilidad un 66.78% (primer trimestre – enero a marzo) y como mínimo 66.74% perteneciente al segundo trimestre (abril a junio).

Con respecto a la cuarta conclusión los resultados del análisis económico para la implementación de la gestión de mantenimiento indican que se requiere de una inversión de s/ 182,285.75.

REFERENCIAS

- Aranguren, J. (2015). *Implantación exitosa de TPM en la industria colombiana. (tesis de maestría). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.* Obtenido de
- Bonzi, J. (2016). *Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres. Tesis para Optar el grado de Ingeniero Civil de Minas.* Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Flores Quispe, Y. J. (2018). *Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera. Apurímac-2018.* (Universidad de Concepción) Obtenido de Elsevier
- Gonzales, Ch. (2013). *Propuesta de mejora del Plan de Mantenimiento para maquinaria pesada Caterpillar en la empresa Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- López, D. (2018). *Determinación de los factores influyentes en el control y la optimización de la productividad operativa de Carguío en la operación minera Cerro Corona-Gold Fields.* (Universidad Nacional de Cajamarca) Obtenido de Google Académico

- Maldonado, H. y Sigüenza, L. (2012). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento para maquinaria pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. (tesis pregrado)*. Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Peralta Alvites, N. E., & Vargas Aguilar, S. B. (2019). *Propuesta de un diseño de mantenimiento productivo total para incrementar la productividad del carguío y acarreo de la empresa Gold Global Mining SAC, Apurímac*. (Universidad Centro del Perú) Obtenido de Dialnet
- Venkatesh, J. (2007). “Una introducción al mantenimiento productivo total”. Recuperado de: <https://www.virtualpro.co/biblioteca/una-introduccion-almantenimiento-productivo-total-mpt>
- Vera, M. (2001). *Propuesta de un plan de medición y mejoramiento de la productividad del departamento de fabricación de equipo en la empresa FAYMIONTC.A*. Tesis de grado, IUTAR.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica camión CAT 797 F

Especificaciones del Camión Minero 793F

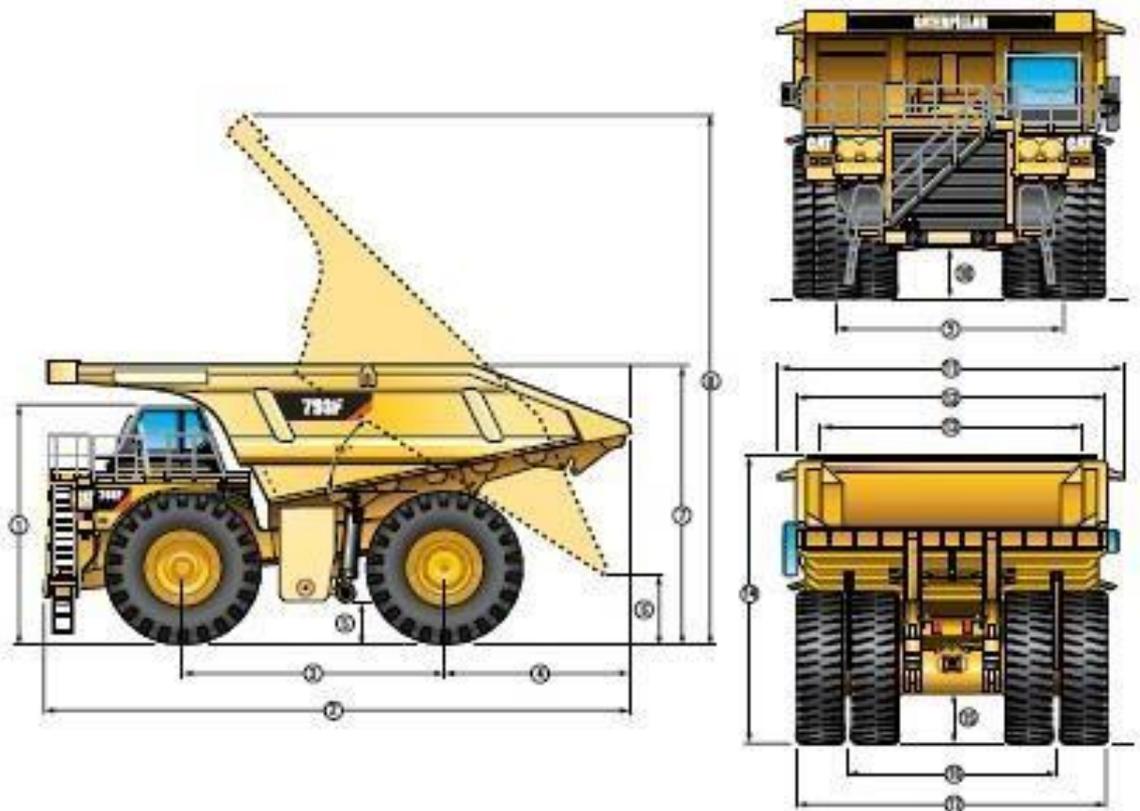
Motor	
Modelo del motor	Cat C175-16
Potencia bruta: SAE J1995	1.976 kW 2.650 hp
Potencia neta: SAE J1349	1.848 kW 2.478 hp
Reserva de par	20 %
Calibre	175 mm 6,9"
Carrera	220 mm 8,7"
Cilindrada	85 L 5.187 pulg ³
<ul style="list-style-type: none"> Las clasificaciones de potencia se aplican a 1.750 rpm cuando se prueban según las condiciones indicadas para la norma especificada. Las clasificaciones están basadas en la norma SAE J1995 sobre las condiciones del aire a 25 °C (77 °F) y 99 kPa (29,61 Hg) de presión barométrica en seco. La potencia está basada en el combustible con una densidad API de 35 a 16 °C (60 °F) y un poder calorífico de 42.780 kJ/kg (18.390 BTU/lb) con el motor a 30 °C (86 °F). No hay reducción de potencia del motor hasta los 3.353 metros (11.000') de altitud. Cumple con los requisitos de la EPA. Según corresponda, el Motor Cat C175-16 cumple con los requisitos sobre emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 	
Pesos: aproximados	
Peso del chasis	122.300 kg 270.000 lb
Gama de los pesos de las cajas	26.862 - 99.220 - 47.627 kg 105.000 lb
<ul style="list-style-type: none"> Peso del chasis con el tanque lleno, grupo de montaje y elevación de la caja, llantas y neumáticos 40.00R57. El peso de la caja varía dependiendo de cómo esté equipada. 	
Especificaciones de operación	
Capacidad de carga útil nominal	226,8 toneladas métricas 250 toneladas EE.UU.
Velocidad máxima: cargado	60 km/h 37,3 mph
Ángulo de dirección	36 grados
Diámetro de giro: delantero	28 m 93'
Diámetro de giro de espacio libre	33 m 107'
Peso bruto de la máquina en orden de trabajo	386.007 o 390.089 kg 851.000 o 860.000 lb
<ul style="list-style-type: none"> Consulte la política de sobrecarga 10/10/20 del camión minero Cat para obtener información sobre las limitaciones de peso bruto máximo de la máquina. 	
Mandos finales	
Relación diferencial	1,8:1
Relación planetaria	16:1
Relación de reducción total	28,8:1
Transmisión	
Avance 1	12,9 km/h 8 mph
Avance 2	17,4 km/h 10,8 mph
Avance 3	23,8 km/h 14,8 mph
Avance 4	32,1 km/h 19,9 mph
Avance 5	43,6 km/h 27,1 mph
Avance 6	60 km/h 37,3 mph
Retroceso	11,8 km/h 7,3 mph
Suspensión	
Carrera efectiva del cilindro: delantera	130,5 mm 5,1"
Carrera efectiva del cilindro: trasera	105,5 mm 4,2"
Oscilación del eje trasero	±4,9 grados
Dispositivos de levantamiento de cajas	
Flujo de la bomba: velocidad alta en vacío	846 l/min 224 gal EE.UU./min
Configuración de la válvula de alivio: levantamiento	20.370 kPa 2.955 lb/pulg ²
Tiempo de levantamiento de la caja: velocidad alta en vacío	19 segundos
Tiempo de bajada de la caja: posición libre	20 segundos
Disminución de la potencia de la caja: velocidad alta en vacío	17,5 segundos
<ul style="list-style-type: none"> Dois cilindros hidráulicos idénticos de dos etapas montados fuera del bastidor principal, cilindros de doble efecto en la segunda etapa. Elevación de la potencia en ambas etapas, disminución de la potencia en la segunda etapa. La baja modulación de la caja automática reduce el impacto en el bastidor. 	
Frenos	
Diámetro exterior	874,5 mm 34,5 pulg
Superficie de freno: delantera	89.817 cm ² 13.921 pulg ²
Superficie de freno: trasera	34.500 cm ² 20.347 pulg ²
Normas	J-ISO 3450 JANER, ISO 3450:1996
Distribuciones del peso: aproximadas	
Eje delantero: vacío	48 %
Eje trasero: vacío	52 %
Eje delantero: cargado	33 %
Eje trasero: cargado	67 %
Capacidad – MSD II – factor de llenado del 100 %	
A ras	112-142 m ³ 146-186 yd ³
Colmada (SAE 2:1)	159-190 m ³ 209-250 yd ³
<ul style="list-style-type: none"> Comuníquese con su distribuidor Cat local para obtener recomendaciones acerca de la caja. 	

Especificaciones del Camión Minero 793F

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.

Se muestra con Caja MSD III de 176 m³ (230 yd³).



1	Altura hasta la parte superior de la ROPS	5.597 mm	18' 4"
2	Longitud total	13.702 mm	44' 11"
3	Distancia entre ejes	5.905 mm	19' 5"
4	Eje trasero a la cola	4.257 mm	13' 11"
5	Espacio libre sobre el suelo	990 mm	3' 3"
6	Espacio libre de descarga	1.305 mm	4' 3"
7	Altura de carga: vacío	6.533 mm	21' 5"
8	Altura total: caja levantada	13.878 mm	45' 6"
9	Ancho del neumático delantero de la línea de centro	5.630 mm	18' 6"
10	Espacio libre del protector del motor	1.217 mm	4' 0"
11	Ancho total del techo	8.295 mm	27' 3"
12	Ancho exterior de la caja	7.628 mm	25' 0"
13	Ancho interior de la caja	6.946 mm	22' 9"
14	Altura del techo delantero	6.803 mm	21' 8"
15	Espacio libre en el eje trasero	1.006 mm	3' 4"
16	Ancho del neumático doble trasero de la línea de centro	4.963 mm	16' 3"
17	Ancho total entre neumáticos	7.865 mm	24' 11"

Anexo 2. Cuadro de Indicadores de Gestión de Mantenimiento en el periodo 2022

MES	Tiempo Calendario	Tiempo operación	DETENCIONES NO PROGRAMADAS		DETENCIONES PROGRAMADAS		Disponibilidad (%)	Utilización (%)	TPPR (hora/falla)	TPEF (hora/falla)	# Parada programada	#Pparada no programada
			Proceso	Equipo	Proceso	Equipo						
ENERO	14880.00	12775.98	6.05	1562.78	17.97	517.22	86.02%	99.81%	4.36	38.43	72	371
Enero	744	648.28	1.33	61.4	0.65	32.34	87.40%	99.70%	3.23	34.12	4	19
Enero	744	585.05	0.21	129.94	0.66	28.14	78.75%	99.85%	5.41	24.38	3	24
Enero	744	633.6	0.1	95.46	1.14	13.7	85.33%	99.80%	4.77	31.68	3	20
Enero	744	647.75	0.1	68.33	0.54	27.28	87.15%	99.90%	4.27	40.48	3	16
Enero	744	616.23	0.31	99.8	0.93	26.73	82.99%	99.80%	4.54	28.01	4	22
Enero	744	639.14	0.12	83.82	0.95	19.97	86.05%	99.83%	2.7	20.62	2	31
Enero	744	633.89		82.64	0.94	26.53	85.33%	99.85%	4.13	31.69	4	20
Enero	744	648.79	0.13	58.75	1.34	34.99	87.40%	99.77%	3.67	40.55	5	16
Enero	744	678.39	0.36	45.26	0.62	19.37	91.31%	99.86%	4.53	67.84	2	10
Enero	744	648.87	0.28	74.06	0.75	20.04	87.35%	99.84%	3.53	30.9	2	21
Enero	744	623.14		93.07	0.55	27.24	83.83%	99.91%	4.65	31.16	3	20
Enero	744	674.01	0.53	39.96	1.28	28.22	90.84%	99.73%	4.44	74.89	4	9
Enero	744	616.55	0.86	91.31	1.31	33.97	83.16%	99.65%	5.07	34.25	5	18
Enero	744	622.54	1.3	89.45	0.95	29.76	83.98%	99.64%	4.26	29.64	4	21
Enero	744	642.53		69.23	1.92	30.32	86.62%	99.70%	4.33	40.16	4	16
Enero	744	652.38	0.3	80.45	0.67	10.2	87.82%	99.85%	4.23	34.34	3	19
Enero	744	657.02		56.44	0.51	30.03	88.38%	99.92%	4.7	54.75	5	12
Enero	744	611.66		103.15	0.8	28.39	82.32%	99.87%	7.37	43.69	5	14
Enero	744	639.14	0.12	83.82	0.95	19.97	86.05%	99.83%	2.7	20.62	2	31
Enero	744	657.02		56.44	0.51	30.03	88.38%	99.92%	4.7	54.75	5	12
FEBRERO	13440	11507.8	6.75	1365.15	16.12	544.18	85.79%	99.80%	4.35	40.20	63	318
Febrero	672	595.46	3.2	45.89	0.83	26.62	89.21%	99.33%	3.82	49.62	3	12
Febrero	672	601.3		47.81	0.74	22.15	89.59%	99.88%	4.35	54.66	3	11
Febrero	672	531.35	0.2	92.7	1.51	46.24	79.32%	99.68%	4.41	25.3	4	21
Febrero	672	516.38	0.2	106.72	0.77	47.93	76.99%	99.81%	4.85	23.47	4	22
Febrero	672	616.38	0.16	44.86	0.24	10.36	91.78%	99.94%	4.98	68.49	2	9
Febrero	672	596.95		43.09	0.51	31.45	88.91%	99.91%	4.31	59.69	4	10
Febrero	672	619.78	0.2	38.82	0.3	12.9	92.30%	99.92%	3.53	56.34	2	11
Febrero	672	554.23	0.68	85.56	1.26	30.27	82.76%	99.65%	3.72	24.1	4	23
Febrero	672	583.07	0.86	57.05	1.01	30.01	87.04%	99.68%	2.48	25.35	3	23
Febrero	672	575.26	0.28	72.34	0.96	23.16	85.79%	99.78%	4.82	38.35	2	15
Febrero	672	570.28	0.24	72.4	1.23	27.85	85.08%	99.74%	4.52	35.64	3	16
Febrero	672	580.6	0.2	62.74	0.53	27.93	86.51%	99.87%	4.83	44.66	4	13
Febrero	672	556.79		83.43	0.85	30.93	82.98%	99.85%	3.97	26.51	4	21
Febrero	672	577.13		64.7	0.68	29.49	85.98%	99.88%	4.62	41.22	3	14
Febrero	672	571.3		71.7	1.04	27.96	85.17%	99.82%	4.78	38.09	3	15
Febrero	672	588.87	0.13	62.3	0.98	19.72	87.79%	99.81%	5.19	49.07	3	12
Febrero	672	540.82		103.84	1.12	26.22	80.65%	99.79%	4.51	23.51	3	23
Febrero	672	619.78	0.2	38.82	0.3	12.9	92.30%	99.92%	3.53	56.34	2	11
Febrero	672	556.79		83.43	0.85	30.93	82.98%	99.85%	3.97	26.51	4	21
MARZO	14880	12832.98	17.72	1466.88	20.09	542.33	86.50%	99.70%	3.53	32.62	70	414
Marzo	744	635.2		87.78	1.5	19.52	85.58%	99.76%	3.13	22.69	2	28
Marzo	744	613.69		102.13	1.73	26.45	82.72%	99.72%	5.38	32.3	3	19
Marzo	744	637.89	1.61	90.61	0.81	13.08	86.06%	99.62%	3.62	25.52	3	25
Marzo	744	611.44	0.62	96.58	0.76	34.6	82.37%	99.77%	3.86	24.46	4	25
Marzo	744	665.85	0.7	42.93	1.21	33.31	89.75%	99.71%	2.86	44.39	5	15
Marzo	744	689.91		44.3	0.55	9.24	92.80%	99.92%	3.16	49.28	4	14
Marzo	744	650.31	1.74	63.78	0.88	27.29	87.76%	99.60%	3.54	36.13	3	18
Marzo	744	634.23	2.4	76.1	1.04	30.23	85.71%	99.46%	3.46	28.83	4	22
Marzo	744	649.11	0.1	61.69	0.75	32.35	87.36%	99.87%	3.08	32.46	3	20
Marzo	744	660.41	1.2	51.06	1.12	30.21	89.08%	99.65%	2.32	30.02	4	22
Marzo	744	645.36		68.12	0.81	29.71	86.85%	99.87%	3.59	33.97	4	19
Marzo	744	633.24	3.5	80.16	0.77	26.33	85.69%	99.33%	3.49	27.53	2	23
Marzo	744	653.5	0.58	67.85	1.6	20.47	88.13%	99.67%	3.77	36.31	2	18
Marzo	744	629.31	0.45	87.09	0.87	26.28	84.76%	99.79%	4.15	29.97	3	21
Marzo	744	626.41	4.72	57.94	0.82	54.11	84.94%	99.12%	2.9	31.32	6	20
Marzo	744	617.99		99.47	0.56	25.98	83.14%	99.91%	4.74	29.43	3	21
Marzo	744	649.33		62.64	1.52	30.51	87.48%	99.77%	3.68	38.2	4	17
Marzo	744	590.78		120.66	1.49	31.07	79.61%	99.75%	3.66	17.9	4	33
Marzo	744	689.91		44.3	0.55	9.24	92.80%	99.92%	3.16	49.28	4	14
Marzo	744	649.11	0.1	61.69	0.75	32.35	87.36%	99.87%	3.08	32.46	3	20

Aplicación de la metodología PMO para incrementar la confiabilidad en la flota de camiones CAT 793 en minera a tajo abierto Cajamarca 2022.

MES	Equipo	Tiempo Calendario	Tiempo operación	DETENCIONES NO PROGRAMADAS		DETENCIONES PROGRAMADAS		Disponibilidad (%)	Utilización (%)	TPPR (hora/falla)	TPEF (hora/falla)	# Parada programada	#Parada no programada
				Proceso	Equipo	Proceso	Equipo						
ABRIL		14400	12248.17	1.46	1542.67	58.94	548.76	85.47%	99.51%	4.19	38.30	66	370
Abril	CAM01	720	606.59		81.34	2.13	29.94	84.54%	99.65%	4.52	33.7	3	18
Abril	CAM02	720	644.21		62.19	2.35	11.25	89.80%	99.64%	5.18	53.68	2	12
Abril	CAM03	720	545.57	0.1	144.03	2.85	27.45	76.18%	99.46%	4.65	17.6	2	31
Abril	CAM04	720	610.22	0.42	79.02	4.59	25.76	85.45%	99.19%	3.95	30.51	2	20
Abril	CAM05	720	614.84	0.54	74.1	3.42	27.09	85.94%	99.36%	4.36	36.17	4	17
Abril	CAM06	720	631.94		54.37	2.41	31.28	88.10%	99.62%	3.02	35.11	3	18
Abril	CAM07	720	616.77		68.16	2.4	32.68	85.99%	99.61%	4.01	36.28	3	17
Abril	CAM08	720	615.98		70.07	2.41	31.54	85.89%	99.61%	4.38	38.5	3	16
Abril	CAM09	720	630.22		60.28	3.25	26.25	87.98%	99.49%	4.02	42.01	4	15
Abril	CAM10	720	657.31		31.93	1.86	28.9	91.55%	99.72%	3.99	82.16	3	8
Abril	CAM11	720	590.5		114.85	3.6	11.05	82.51%	99.39%	3.96	20.36	3	29
Abril	CAM12	720	598.51	0.2	90.22	2.23	28.83	83.46%	99.60%	4.1	27.21	4	22
Abril	CAM13	720	625.27		61.15	2.92	30.66	87.25%	99.53%	5.1	52.11	3	12
Abril	CAM14	720	604.01		80.1	3.68	32.2	84.40%	99.39%	4.22	31.79	6	19
Abril	CAM15	720	603.68	0.2	80.38	2.99	32.75	84.29%	99.47%	3.83	28.75	6	21
Abril	CAM16	720	568.53		117.48	4.73	29.26	79.62%	99.17%	3.92	18.95	2	30
Abril	CAM17	720	597.48		89.29	4.11	29.13	83.55%	99.32%	4.25	28.45	3	21
Abril	CAM18	720	599.01		91.5	1.9	27.59	83.46%	99.68%	4.36	28.52	3	21
Abril	CAM19	720	657.31		31.93	1.86	28.9	91.55%	99.72%	3.99	82.16	3	8
Abril	CAM20	720	630.22		60.28	3.25	26.25	87.98%	99.49%	4.02	42.01	4	15
MAYO		14880	12747.59		1595.15	72.64	464.6	86.16%	99.44%	4.33	36.89	60	378
Mayo	CAM01	744	613.32		99.56	3.28	27.84	82.88%	99.47%	4.74	29.21	4	21
Mayo	CAM02	744	647.97		64.94	1.86	29.23	87.34%	99.71%	3.82	38.12	4	17
Mayo	CAM03	744	624.5		87.28	2.46	29.76	84.27%	99.61%	4.85	34.69	3	18
Mayo	CAM04	744	617.17		115.02	3.66	8.15	83.44%	99.41%	4.42	23.74	2	26
Mayo	CAM05	744	628.26		84.76	6.15	24.83	85.27%	99.03%	5.3	39.27	3	16
Mayo	CAM06	744	645.03		65.77	4.33	28.86	87.28%	99.33%	2.53	24.81	5	26
Mayo	CAM07	744	612.91		99.83	4.21	27.06	82.95%	99.32%	4.34	26.65	2	23
Mayo	CAM08	744	634.3		96.63	2.95	10.12	85.65%	99.54%	4.6	30.2	2	21
Mayo	CAM09	744	647.41		82.2	4.65	9.74	87.64%	99.29%	3.74	29.43	2	22
Mayo	CAM10	744	618.41		92.76	2.65	30.18	83.48%	99.57%	5.15	34.36	3	18
Mayo	CAM11	744	680.29		41.15	2.62	19.94	91.79%	99.62%	4.11	68.03	2	10
Mayo	CAM12	744	632.27		77.18	2.71	31.84	85.35%	99.57%	4.54	37.19	3	17
Mayo	CAM13	744	666.58		64.55	5.75	7.12	90.37%	99.15%	5.87	60.6	1	11
Mayo	CAM14	744	643.99		69.97	1.79	28.24	86.80%	99.72%	4.37	40.25	3	16
Mayo	CAM15	744	648.85		60.63	3.44	31.08	87.67%	99.47%	4.66	49.91	4	13
Mayo	CAM16	744	669.26		47.17	4.92	22.65	90.62%	99.27%	3.93	55.77	4	12
Mayo	CAM17	744	612.83		97.35	2.92	30.9	82.76%	99.53%	3.14	19.77	5	31
Mayo	CAM18	744	632.33		78.92	5.18	27.56	85.69%	99.19%	3.95	31.62	3	20
Mayo	CAM19	744	647.41		82.2	4.65	9.74	87.64%	99.29%	3.74	29.43	2	22
Mayo	CAM20	744	624.5		87.28	2.46	29.76	84.27%	99.61%	4.85	34.69	3	18
JUNIO		14400	12433.43	2.48	1421.78	31.7	510.58	86.58%	99.72%	4.35	40.27	63	330
Junio	CAM01	720	611.63		76.11	2.8	29.45	85.34%	99.54%	4.48	35.98	4	17
Junio	CAM02	720	650.54		45.97	1.55	21.95	90.57%	99.76%	4.6	65.05	2	10
Junio	CAM03	720	611.35		86.94	1.75	19.96	85.15%	99.71%	4.35	30.57	2	20
Junio	CAM04	720	609.85		84.1	1.07	24.98	84.85%	99.83%	5.26	38.12	2	16
Junio	CAM05	720	603.06	1.24	81.22	2.12	32.36	84.22%	99.45%	3.87	28.72	5	21
Junio	CAM06	720	622.32		64.46	1.87	31.35	86.69%	99.70%	2.93	28.29	4	22
Junio	CAM07	720	593.45		96.69	1.39	28.46	82.62%	99.77%	6.04	37.09	3	16
Junio	CAM08	720	593.47		97.51	2.9	26.12	82.83%	99.51%	6.5	39.56	2	15
Junio	CAM09	720	621.22		70.58	1.74	26.46	86.52%	99.72%	3.53	31.06	4	20
Junio	CAM10	720	621.49		67.93	2.12	28.45	86.61%	99.66%	3.77	34.53	4	18
Junio	CAM11	720	643.77		44.23	2.07	29.93	89.70%	99.68%	3.69	53.65	4	12
Junio	CAM12	720	617.64		80.84	1.64	19.88	86.01%	99.73%	5.05	38.6	2	16
Junio	CAM13	720	619.53		73.54	1.66	25.27	86.28%	99.73%	4.33	36.44	2	17
Junio	CAM14	720	671.63		34.58	0.84	12.95	93.40%	99.88%	3.46	67.16	3	10
Junio	CAM15	720	604.67		80.52	0.56	34.25	84.06%	99.91%	4.47	33.59	5	18
Junio	CAM16	720	632.17		58.43	0.94	28.45	87.93%	99.85%	4.17	45.16	3	14
Junio	CAM17	720	644.57		66.03	0.81	8.59	89.64%	99.87%	3.88	37.92	1	17
Junio	CAM18	720	646.66		43.94		29.4	89.81%	100.00%	4.39	64.67	4	10
Junio	CAM19	720	603.06	1.24	81.22	2.12	32.36	84.22%	99.45%	3.87	28.72	5	21
Junio	CAM03	720	611.35		86.94	1.75	19.96	85.15%	99.71%	4.35	30.57	2	20

Anexo 3: Cuadro de resumen de resultados de Confiabilidad en el periodo 2022

TRIMESTRE	EQUIPO	β	η	TPEFa	AJUSTE	TPEFg	ERROR%	R(t)	F(t)	
Primer trimestre- Enero	CAM01	1.17	61.4	57.79	0.957	58.71	1.59%	67.31%	32.69%	
	CAM02	1.17	58.8	55.3	0.962	56.52	2.22%	66.06%	33.94%	
	CAM03	1.46	47.7	42.76	0.906	43.21	1.06%	63.60%	36.40%	
	CAM04	1.19	55.8	52.33	0.981	54.74	4.60%	64.60%	35.40%	
	CAM05	1.2	59.5	55.46	0.939	55.83	0.68%	67.06%	32.94%	
	CAM06	1.11	54.7	52.23	0.954	52.19	-0.07%	62.42%	37.58%	
	CAM07	1.42	59.3	53.52	0.915	54.23	1.32%	71.09%	28.91%	
	CAM08	1.17	51.1	47.86	0.959	49.02	2.42%	61.37%	38.63%	
	CAM09	1.48	50.2	44.91	0.909	45.63	1.61%	65.93%	34.07%	
	CAM10	1.57	46.1	41	0.9	41.53	1.29%	63.70%	36.30%	
	Febrero	CAM11	1.74	55	48.78	0.89	48.93	0.31%	73.82%	26.18%
		CAM12	1.28	62.7	57.59	0.943	59.16	2.73%	70.26%	29.74%
	Marzo	CAM13	1.4	57.9	52.38	0.917	53.06	1.29%	69.93%	30.07%
		CAM14	1.29	48.4	44.27	0.93	45	1.65%	61.32%	38.68%
		CAM15	1.23	50.7	46.83	0.939	47.58	1.60%	62.12%	37.88%
		CAM16	1.25	49.3	45.44	0.947	46.67	2.72%	61.44%	38.56%
		CAM17	1.48	73.6	66.15	0.921	67.74	2.40%	78.89%	21.11%
		CAM18	1.4	45.7	41.25	0.925	42.29	2.50%	60.87%	39.13%
		CAM19	1.2	59.5	55.46	0.939	55.83	0.68%	67.06%	32.94%
		CAM20	1.4	57.9	52.38	0.917	53.06	1.29%	69.93%	30.07%
Segundo trimestre - Abril, Mayo y Junio	CAM01	1.43	54.8	49.41	0.909	49.85	0.90%	68.51%	31.49%	
	CAM02	0.96	71.5	72.85	1.018	72.73	-0.16%	66.83%	33.17%	
	CAM03	1.2	40.4	37.45	0.943	38.05	1.59%	52.88%	47.12%	
	CAM04	1.14	43.6	41.21	0.957	41.7	1.19%	54.98%	45.02%	
	CAM05	1.12	60.2	57.56	0.962	57.92	0.63%	65.59%	34.41%	
	CAM06	1.53	48.6	43.36	0.901	43.82	1.05%	65.41%	34.59%	
	CAM07	1.22	52.4	48.69	0.937	49.11	0.87%	63.05%	36.95%	
	CAM08	1.12	51.1	48.87	0.949	48.53	-0.71%	60.32%	39.68%	
	CAM09	1.71	54.4	48.17	0.893	48.57	0.83%	72.83%	27.17%	
	CAM10	1.21	60.1	55.93	0.945	56.78	1.51%	67.60%	32.40%	
	CAM11	1.25	59.6	55.1	0.931	55.48	0.67%	68.09%	31.91%	
	CAM12	1.18	47.5	44.46	0.947	45.02	1.27%	58.89%	41.11%	
	CAM13	1.18	71.2	66.88	0.947	67.38	0.75%	71.95%	28.05%	
	CAM14	1.21	58.3	54.13	0.939	54.76	1.15%	66.64%	33.36%	
	CAM15	1.28	63.9	58.86	0.928	59.26	0.69%	70.90%	29.10%	
	CAM16	1.41	54.6	49.28	0.912	49.75	0.96%	67.95%	32.05%	
	CAM17	1.26	46.6	42.8	0.931	43.36	1.30%	59.46%	40.54%	
	CAM18	1.2	61.6	57.58	0.943	58.04	0.81%	68.11%	31.89%	

CAM19	1.18	71.2	66.88	0.947	67.38	0.75%	71.95%	28.05%
CAM20	1.2	40.4	37.45	0.943	38.05	1.59%	52.88%	47.12%

Anexo 4. Galeria fotográfica

