

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Aplicación del sistema Dispatch para mejorar el
MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de
los componentes de camiones de acarreo en la
Empresa Minera Antamina - 2021**

Jose Antonio Ccahuana Labra

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

APLICACIÓN DEL SISTEMA DISPATCH PARA MEJORAR EL MTBF Y MTTR EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS COMPONENTES DE CAMIONES DE ACARREO EN LA EMPRESA MINERA ANTAMINA – 2021

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.uasf.edu.pe Internet Source	4%
2	Submitted to Universidad Continental Student Paper	2%
3	vsip.info Internet Source	2%
4	hdl.handle.net Internet Source	2%
5	repositorio.uss.edu.pe Internet Source	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	1%
7	repositorio.continental.edu.pe Internet Source	1%
8	repositorio.unasam.edu.pe Internet Source	1%

9	kupdf.net Internet Source	<1 %
10	repositorio.unsa.edu.pe Internet Source	<1 %
11	repositorio.ucsp.edu.pe Internet Source	<1 %
12	1library.co Internet Source	<1 %
13	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
14	alicia.concytec.gob.pe Internet Source	<1 %
15	bibdigital.epn.edu.ec Internet Source	<1 %
16	idoc.pub Internet Source	<1 %
17	openjicareport.jica.go.jp Internet Source	<1 %
18	repositorio.uandina.edu.pe Internet Source	<1 %
19	es.scribd.com Internet Source	<1 %
20	www.minainvierno.cl Internet Source	<1 %

21	archive.org Internet Source	<1 %
22	cybertesis.uni.edu.pe Internet Source	<1 %
23	repositorio.uncp.edu.pe Internet Source	<1 %
24	Submitted to tec Student Paper	<1 %
25	repositorio.uigv.edu.pe Internet Source	<1 %
26	renati.sunedu.gob.pe Internet Source	<1 %
27	repositorio.urp.edu.pe Internet Source	<1 %
28	repositorio.usmp.edu.pe Internet Source	<1 %
29	repositorio.upt.edu.pe Internet Source	<1 %
30	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	<1 %
31	de.slideshare.net Internet Source	<1 %
32	repositorio.uns.edu.pe Internet Source	<1 %

33	repositorio.upla.edu.pe Internet Source	<1 %
34	dspace.esPOCH.edu.ec Internet Source	<1 %
35	cdn.www.gob.pe Internet Source	<1 %
36	repositorio.ute.edu.ec Internet Source	<1 %
37	www.aquahoy.com Internet Source	<1 %
38	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
39	Submitted to Universidad de Lima Student Paper	<1 %
40	app.trdizin.gov.tr Internet Source	<1 %
41	terramak.com.mx Internet Source	<1 %
42	www.gelita.com Internet Source	<1 %
43	economia.gob.mx Internet Source	<1 %
44	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %

45	repositorio.unsaac.edu.pe Internet Source	<1 %
46	vzacarias.blogspot.com Internet Source	<1 %
47	autoestudio.uprrp.edu Internet Source	<1 %
48	palestra.pucp.edu.pe Internet Source	<1 %
49	repositorio.unjfsc.edu.pe Internet Source	<1 %
50	repositorio.utea.edu.pe Internet Source	<1 %
51	repositorio.uwiener.edu.pe Internet Source	<1 %
52	www.colson.edu.mx Internet Source	<1 %
53	www.grafiati.com Internet Source	<1 %
54	www.researchgate.net Internet Source	<1 %

Exclude quotes On
Exclude bibliography On

Exclude matches < 10 words

ASESOR

Mag. Ing. Julio Efraín Postigo Zumarán

AGRADECIMIENTO

Mientras realizaba esta investigación, la ayuda de la empresa me ha sido extremadamente valiosa, ya que me ha permitido mejorar día tras día tanto en la recogida de información valiosa, como en la aplicación de esa información en el contexto de las operaciones de los camiones de carga en el mundo real.

Específicamente, me gustaría expresar mi gratitud a la Empresa Minera Antamina por ser líder en la seguridad personal, la gestión medioambiental y la mejora continua del proceso, en este caso en el área de los camiones mineros de taller de mantenimiento, así como a la Universidad Continental.

DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme perseguir este propósito y por proporcionarme orientación a lo largo del camino. También agradezco a Dios por su infinita generosidad y amor.

Para mi familia, gracias por estar a mi lado, por su orientación y sobre todo por su comprensión, ya que me han mostrado todo su amor, dedicación y perseverancia, a lo largo de estos años de mi vida.

ÍNDICE

ASESOR.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	2
1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.1 Problema general.....	4
1.3.2 Problema específico.....	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivo específico.....	4
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5.1 Justificación empresarial.....	5
1.5.2 Justificación ambiental.....	5
1.5.3 Justificación social	5
1.5.4 Justificación teórica.....	6
1.5.5 Justificación práctica.....	6
1.5.6 Importancia de la investigación.....	6
1.6 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.6.1 Delimitación espacial.....	7
1.6.2 Delimitación temporal.....	7
1.6.3 Delimitación social	7
1.6.4 Delimitación conceptual	7
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.8 HIPÓTESIS	7
1.9 VARIABLES E INDICADORES	7
1.9.1 Variable independiente:	7

1.9.2	Variable dependiente:	7
1.9.3	Operacionalización de las variables	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		9
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.1	Antecedentes internacionales	9
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3	Antecedentes locales	13
2.2	BASES TEÓRICAS	15
2.2.1	Sistema dispatch	15
2.2.2	Funcionabilidad del sistema DISPATCH	16
2.2.3	DISPATCH en mina a cielo abierto	16
2.2.4	Características del Producto	16
2.2.5	Mantenimiento.....	17
2.2.6	Tipos de mantenimiento	18
2.2.6.1	Mantenimiento Correctivo.....	18
2.2.6.2	Mantenimiento preventivo	20
2.2.6.3	Plan sobre el mantenimiento preventivo	21
2.2.6.4	Mantenimiento Predictivo	21
2.2.7	Disponibilidad.....	24
2.2.7.1	Disponibilidad Operativa (A).....	24
2.2.7.2	Tiempo Promedio para Reparar (MTTR).....	24
2.2.7.3	Confiabilidad.....	25
2.3	CONCEPTOS BÁSICOS.....	25
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		27
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	27
3.2.1	Alcance de la investigación.....	28
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.3.1	Población	28
3.3.2	Muestra	29
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29
3.4.1	Técnicas para recolectar datos	29

3.4.2 Instrumentos	29
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO Y RESULTADOS	30
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
4.1.1 Resultado del diagnóstico	30
4.1.2 Paradas no programadas acerca de los camiones CATERPILLAR y KOMATSU	31
4.1.3 Principal sistema con las posibilidades de fallas críticas	32
4.1.4 Principales sistemas de los componentes de los motores Cummis en los camiones KOMATSU 930E.....	33
4.1.5 Horas inoperativas en el sistema de los motores	35
4.1.6 Costo de los equipos inoperativos.	36
4.1.7 Determinación sobre los tiempos promedios sobre las reparaciones y las disponibilidades operativas de los camiones de acarreo.	37
4.1.8 Análisis de tiempos promedios de la reparación.....	37
4.1.9 Análisis de la disponibilidad operativa	40
4.1.10 Casos críticos antes de implementación acerca del sistema dispatch	42
4.1.11 Controles de la propuesta de solución	48
4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....	55
4.2.1 Costo de implementación de la mejora	59
4.2.2 Retorno de la inversión.....	60
4.2.2.1 Costo Horas hombre evitadas.....	60
4.2.2.2 Horas operativas evitadas	60
4.2.3 Reducción de horas de mantenimiento por paradas no programadas	61
4.2.4 Resumen de los costos de Inversión en la implementación del sistema DISPATCH.....	62
4.2.5 Comprobación de la hipótesis	65
4.3 DISCUSIÓN.....	66
CAPÍTULO V: DISEÑO DE MEJORAS PROPUESTAS	69
5.1 PROPUESTAS DE MEJORA	69
5.1.1 El objetivo de DISPATCH	69
5.1.2 Instalación de software Dispatch.	74
5.1.3 Disponibilidad de camiones mineros	83

5.1.4 Reducción de horas por paradas no programadas	90
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	8
Tabla 2.	Modelos de equipo.....	28
Tabla 3.	Cantidad de equipos en producción.....	29
Tabla 4.	Tiempo de paradas 2020	32
Tabla 5.	Sistemas	33
Tabla 6.	Paradas por motor de camiones.	34
Tabla 7.	Horas inoperativas por paradas no programadas en motor.....	35
Tabla 8.	Costo de paradas de camiones.	36
Tabla 9.	Cuadro resumen del MTTR por Flota	39
Tabla 10.	Resumen de la disponibilidad operativa de la flota de camiones mineros durante 2020	42
Tabla 11.	Reportes de fallas preliminar.	47
Tabla 12.	Costo de mantenimiento antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH de MTBF y MTTR	52
Tabla 13.	Resultados de la Disponibilidad MTBF y MTTR antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH.....	54
Tabla 14.	Costo de cambio de los componentes en los camiones Mineros	56
Tabla 15.	Costo de la implementación del sistema DISPATCH	60
Tabla 16.	Costo mensual por descarga manual de data	60
Tabla 17.	Costo mensual de los camiones KOMATSU y CATERPILLAR detenidos. 61	
Tabla 18.	Comparación de los semestres 2020 y 2021 para las paradas no programadas.	61
Tabla 19.	Inversión en la implementación del sistema DISPATCH y ahorro mensual por gastos evitados en doce meses.....	63
Tabla 20.	Proyección de un año de los costos para la flota de 100 camiones.	64
Tabla 21.	Proyección de los costos para la flota de 200 camiones en el periodo de dos años.	64
Tabla 22.	Comprobación de la hipótesis en los camiones mineros	65
Tabla 23.	Dispatch herramienta sobre las producciones en mantenimientos.....	71
Tabla 24.	Componentes del sistema Dispatch en producción en mantenimiento	73
Tabla 25.	Sistema sobre el sistema Dispatch instalado en la compañía minera Antamina S.A.	74
Tabla 26.	Servidores acerca del sistema Dispatch	75

Tabla 27. Licencias del sistema de gestión Dispatch.	75
Tabla 28. Licencias del sistema de gestión Dispatch.	76
Tabla 29. Implementación de Mine-care.....	80
Tabla 30. Sala de control Dispatch.....	82
Tabla 31. Disponibilidad mensual.....	84
Tabla 32. Equipos atendidos MTTR.....	85
Tabla 33. Reporte de PMS realizados de la guardia.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	El sistema DISPATCH® optimiza las asignaciones de los camiones de acarreo por la Empresa Minera Antamina 2019, p 5.	15
Figura 2.	Sistema de DISPATCH en minera a cielo abierto por la Empresa Minera Antamina 2019, p 7.	17
Figura 3.	Disponibilidad total de las flotas Camiones CATERPILLAR y KOMATSU, por la Empresa Minera Antamina 2021.	31
Figura 4.	Comparación de paradas de camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	32
Figura 5.	Motor de camión del área mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	33
Figura 6.	Paradas y averías de los motores y otros sistemas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	34
Figura 7.	Paradas por motor de camiones, por la Empresa Minera Antamina 2021.	34
Figura 8.	Horas inoperativas por paradas no programadas en motor, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	35
Figura 9.	Costo de paradas de camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	36
Figura 10.	Comportamiento de los tiempos promedios de reparación de componentes de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	37
Figura 11.	Tendencias de la MTTR en Camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	38
Figura 12.	Presupuesto Disponibilidad por Flota, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	40
Figura 13.	Tendencias de las Disponibilidades Operativas de los Camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	41
Figura 14.	Tomas aéreas de la ubicación del tajo norte con referencia a las coordenadas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	44
Figura 15.	Presupuestos de reparaciones emitidos por la Empresa Minera Antamina Cummis Perú. 2021.	45
Figura 16.	Varilla de empuje de inyector, por la Empresa Minera Antamina. 2021. ...	46
Figura 17.	Inserto guiador de varilla de inyector, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	46

Figura 18. Disponibilidad mecánica de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	48
Figura 19. MTBF promedio de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	49
Figura 20. MTTR promedio de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	49
Figura 21. Porcentaje de paradas programadas versus no programadas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.....	50
Figura 22. Cantidad de horas de paradas programadas versus no programadas por la Empresa Minera Antamina. 2021.....	50
Figura 23. Confiabilidad promedio de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	51
Figura 24. Costo de mantenimiento antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH de MTBF y MTTR	52
Figura 25. Resultados antes y después de la disponibilidad operativa de la flota de camiones mineros durante 2020.....	53
Figura 26. Resultados de la Disponibilidad MTBF y MTTR antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH.....	54
Figura 27. Resultados diferencia de la disponibilidad MTBF y MTTR antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH.	55
Figura 28. Opciones del servicio mensual del sistema DISPATCH	59
Figura 29. Horas de mantenimiento por paradas no programadas.....	62
Figura 30. Mejora del MTBF Y MTTR	66
Figura 31. Sistema de Dispatch en el área de mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.....	70
Figura 32. instalación del Hardware del sistema Dispatch en los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.....	73
Figura 33. Hardware Dispatch instalado en camiones por la Empresa Minera Antamina. 2021..	74
Figura 34. Componente Implementación del sistema Dispatch Scope of work, por la Empresa Minera Antamina. 2021.....	76
Figura 35. Panel de control sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	77
Figura 36. Se observa la pantalla de excepciones del sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.....	77

Figura 37. Keypad sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	78
Figura 38. Haulroute Sistema Dispatch Antamina, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	78
Figura 39. Sistema Minegraphics Dispatch NextGen, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	79
Figura 40. Minegraphics Provision 3, Sistema Dispatch Antamina, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	80
Figura 41. Componentes de Minecare Sistema Scope of work, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	81
Figura 42. Módulos de Minecare, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	81
Figura 43. Sala de control Dispatch Foto sala de control Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	83
Figura 44. Disponibilidad - KOMATSU 930E – SE, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	84
Figura 45. Disponibilidad – CAT, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	85
Figura 46. Equipos atendidos en el campo - MTTR, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	86
Figura 47. Resultados del grupo A- reporte de PMS realizados de la guardia, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	89
Figura 48. Resultados del grupo A- reporte de PMS realizados de la guardia, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	89
Figura 49. Resultados del grupo A- reporte de PMS realizados de la guardia, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	90
Figura 50. Reducción de horas por paradas no programadas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.	90

RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad Aplicar el sistema DISPATCHM para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo Caso Antamina. Según indagación en la Empresa Minera Antamina, se observa un incremento en el número de paradas no planificadas de los camiones que requieren la reparación de componentes por problemas mecánicos de sus diferentes sub componentes, que a menudo necesitan ser internados en el taller de reparación y mantenimiento hasta en 12 a 24 horas. Esto ha repercutido en la disponibilidad mecánica, situándola por debajo del objetivo de disponibilidad del área de operaciones. Esta Investigación corresponde a método hipotético deductivo, explicativo, el diseño de estudio que se empleó es experimental de enfoque cuantitativo; con una población y muestra de 100 camiones mineros; para recolectar datos se usó la técnica observacional y análisis documental. Según los resultados con la aplicación del sistema DISPATCH tuvo un impacto positivo en la disponibilidad mecánica, con una diferencia favorable del 90,1 %, demostrando la eficacia del sistema; se logró el incremento de tiempo de la disponibilidad mecánica de 3,12 %. En conclusión, la detección de eventos potenciales permitió una evaluación más precisa de la criticidad de la falla, lo que dio lugar a un aumento del 25,17 % en el tiempo medio entre las fallas.

Palabras claves: Sistema DISPATCH, MTBF, MTTR, programa, mantenimiento, componentes y camiones.

ABSTRACT

The purpose of this research is to apply the DISPATCH system to improve the MTBF and MTTR in the maintenance program of haul truck components in the Antamina case. According to inquiry in the company Minera Antamina there is an increased number of unplanned stops of trucks that require the repair of components due to mechanical problems of its different components, which often need to be interned in the repair and maintenance workshop up to 12 to 24 hours. This has had an impact on mechanical availability, placing it below the operations area's availability target. The research corresponds to a hypothetical deductive, explanatory method, the study design used is experimental with a quantitative approach; with a population and sample of 100 mining trucks; the observational technique and documentary analysis were used to collect data. According to the results, the application of the DISPATCH system had a positive impact on mechanical availability, with a favorable difference of 90.1%, demonstrating the effectiveness of the system; an increase in mechanical availability time of 3.12% was achieved. In conclusion, the detection of potential events allowed a more accurate assessment of the criticality of the failure, resulting in an increase of 25.17% in the mean time between failures.

Keywords: DISPATCH system, MTBF, MTTR, schedule, maintenance, components and trucks.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se está viviendo una revolución en la forma en que se trabaja en la industria minera, se debe principalmente a los avances tecnológicos que nos permiten tener sistemas altamente desarrollados para el control de los procesos.

Para mantenerse competitivos en el mercado, debemos implementar nuevas tecnologías que nos permitan trabajar de manera más inteligente y eso se llevará a cabo con los software y hardware necesarios para dicho trabajo, haciendo la captura, procesamiento y análisis de datos que nos permitan tomar oportuna acción.

El propósito de este documento es demostrar cómo el sistema de DISPATCH es una parte fundamental en la actividad minera, porque permite controlar el proceso de mantenimiento y las operaciones de forma automática y eficiente a través de una gestión adecuada, y demostrar por qué es crítico para que una empresa de primera categoría mantenga un rendimiento adecuado de estos sistemas y sus componentes.

Para mejorar la gestión del mantenimiento, este trabajo de investigación se basa en el concepto de obtener una mejor mina reduciendo los costes relacionados y mejorando los procesos de mantenimiento, mediante el uso de indicadores de mantenimiento como el tiempo medio entre las reparaciones (MTTR), la latencia y las variaciones porcentuales de los costes de mantenimiento.

Debido a esto, los siguientes capítulos describen la propuesta para mejorar:

Entre los temas tratados en el capítulo I: se consideró los puntos relevantes de la investigación; planteamiento del problema, formulación del problema, problema general, problemas específicos, objetivos de la investigación, general y específico, así mismo la parte de la justificación de estudio, delimitación de estudio y la variable de estudio.

Según el Capítulo II. Se consideró los puntos relevantes, antecedentes de estudio, marco teórico relacionado con las variables y los términos básicos.

Según el Capítulo III, se describe la unidad analítica y la parte de la metodología usada en este estudio, la población de estudio, técnicas e instrumentos.

Según el Capítulo IV, se puede apreciar la propuesta de mejora y demostramos la viabilidad de la propuesta.

Finalmente, se puede apreciar las conclusiones y las recomendaciones se presentan como resultado de este estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicación del sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina – 2021.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del rubro minero, la operación de maquinaria y equipo pesado es uno de los factores muy importantes, porque se requiere que siempre los equipos produzcan para cumplir con los objetivos comerciales del cliente. Por esta razón, los equipos pesados deben estar operativos en buenas condiciones y minimizar el tiempo de inoperatividad.

La minería en la actualidad, es una de las industrias de mayores ingresos en el país, porque representa un gran porcentaje de las exportaciones del país, creando divisas y oportunidades de empleo. El proceso incluye la extracción y movimiento de materiales, así como las actividades que requieren de maquinaria y equipos pesados diversos; estas actividades son realizadas por grandes empresas, una de las cuales es Ferreyros S.A. y Komatsu Mitsui, que distribuyen maquinarias pesadas de distintas marcas y es el distribuidor exclusivo en el país. Asimismo, las empresas Ferreyros S.A. y Komatsu Mitsui también venden servicios de postventa a muchos de sus clientes mineros, como la empresa minera en Huaraz, Perú, donde posee diversos equipos y genera más ingresos que otras operaciones mineras en el país.

Una de las principales operaciones de la minería a cielo abierto es el transporte, que implica el movimiento en gran volumen de los materiales para poder recuperar y procesar los minerales. Para llevar a cabo estas actividades, es necesario mantener y cuidar adecuadamente la maquinaria grande y pesada, para cumplir con las cuotas de producción previstas por zona de operaciones de las empresas mineras. Una de las

principales maquinarias utilizadas en las operaciones de los equipos pesados de la gran minería son los camiones mineros; estos son parte integral del acarreo en el proceso de las operaciones mineras, por lo que el mantenimiento preventivo y como también el mantenimiento correctivo de los equipos pesados, se realizan de manera frecuente en el campo. Actualmente, los gastos de mantenimiento suponen una cantidad importante de los gastos operativos de una empresa minera, lo que hace que la gestión del mantenimiento sea un factor crítico para determinar la eficiencia y la competitividad.

El sistema DISPATCH permite al usuario aumentar la producción y las disponibilidades de sus equipos y reducir los costes de mantenimiento. Esto se consigue mediante la supervisión remota de las condiciones del equipo, la gestión de los eventos de alarma, el análisis de tendencias, el análisis del tiempo de uso de cada uno de los componentes y los análisis de la causa raíz. La mejora continua acerca de los procesos, contribuye a la optimización del rendimiento operativo; estas mejoras pueden llevarse a cabo mediante la adopción sobre los nuevos procedimientos o también de los sistemas en los procesos de la producción o mantenimiento de la empresa minera (Modular Mining 2018).

Antamina cuenta con 150 camiones de acarreo, la empresa busca ofrecer la mejor disponibilidad posible de sus equipos, reducir los tiempos de inactividad no planificados (NP) y la máxima eficiencia en el mantenimiento programado (PM), para que las producciones de las empresas no se vean comprometidas o perjudicadas. En concreto, en la flota de camiones mineros de la compañía minera Antamina, sus ingresos han disminuido en los últimos meses. Los indicadores incluyen un aumento de la frecuencia de las paradas no programadas y una disminución de las disponibilidades y fiabilidades en comparación con los meses anteriores, los gastos de mantenimiento son elevados (Parra 2019).

Según un informe de la Empresa Minera Antamina, las horas de paradas no programadas que implican reparaciones de componentes por fallas mecánicas críticas, que en la mayoría de los casos requieren internación en el taller de mantenimiento hasta por 12 a 24 horas, se han incrementado significativamente. Esto ha tenido un impacto significativo en la disponibilidad mecánica de los camiones, reduciéndola por debajo del objetivo de disponibilidad, fijado por el área de operaciones en una media del 80 %. Como resultado de esta baja disponibilidad mecánica, la parte de la producción se ha visto afectado, creando un escenario preocupante para la empresa, ya que, si este problema no se resuelve, el comprador puede imponer una penalización, por lo que es fundamental optimizar el programa de mantenimiento y alcanzar la disponibilidad

planificada. Tras la realización de esta investigación y sus resultados evidentes y perceptibles, se determinó que el actual plan de mantenimiento es insuficiente. (Echevarría, 2018).

Por lo tanto, esta investigación propuso el uso del sistema DISPATCH para mejorar el programa, acerca del mantenimiento preventivo de la flota de camiones de transporte con base en la confiabilidad MTTR y MTBF, en el proceso de mantenimiento preventivo de los diversos sistemas del equipo, incluyendo el motor, la transmisión, el diferencial y la cabina de operación. Se estableció que era crítico asegurar el plan de mantenimiento existente, siendo esta es una de las herramientas que satisfacen los criterios para aumentar y asegurar la parte de la operatividad, disponibilidad y la confiabilidad de los camiones mineros.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema general

¿De qué manera la aplicación del sistema DISPATCH mejora el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina – 2021?

1.3.2 Problema específico

- ¿Cómo es el proceso actual de mantenimiento de los componentes en flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina?
- ¿Cuál es la disponibilidad mecánica de los componentes con la aplicación del sistema DISPATCH, en la flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Aplicar el sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina – 2021.

1.4.2 Objetivo específico

- Analizar el proceso actual de mantenimiento de los componentes en flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina.

- Identificar la disponibilidad mecánica de los componentes con la aplicación del sistema DISPATCH, en la flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Justificación empresarial

La presente investigación, permite conocer el proceso del programa de mantenimiento de componentes en la flota de camiones mineros para mejorar el MTTR y MTBF y la función de cada uno de sus equipos, desempeñando roles fundamentales que se ven reflejados en la calidad de mantenimiento adecuado, analizando procesos críticos y aspectos económicos que son parte de la línea de producción. En función de esta información, se podrá manejar estrategias para determinar el diseño más óptimo de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo y el costo que implicaría este en la empresa Antamina.

El trabajo también contribuirá para que se logre un adecuado mantenimiento, fomentando que la empresa considere la importancia del mantenimiento bajo medidas efectivas, favorables para la producción.

Además, el plan de mantenimiento significará llevar una serie de controles específicos que respeten periodos y cambios a realizar, con la finalidad de disminuir los gastos innecesarios, cumpliendo con las medidas de seguridad en el trabajo.

1.5.2 Justificación ambiental

En esta investigación, se buscará elaborar un programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo, que permita reducir los daños a personas, equipos y procesos, evitando los riesgos de accidentes catastróficos cómo son las explosiones, incendios, derrames de sustancias nocivas, el exceso de emisiones de CO₂; reduciendo la contaminación principalmente por el deshecho de las partes eléctricas y electrónicas.

1.5.3 Justificación social

Tras la realización del proyecto, utilizando las herramientas y los elementos tecnológicos que aporta la Ingeniería, el sistema de implantación sugerido y presentado, optimiza los programas de mantenimiento que pueden cumplir, con el objetivo establecido para la flota de camiones de transporte también se proporcionará para las futuras maquinarias de la gran minería. Se reducirán los tiempos de inactividad

innecesarios para aumentar la fiabilidad de los componentes de las maquinarias de la gran minería.

1.5.4 Justificación teórica

Con el uso y despliegue del sistema DISPATCH en el programa sobre el mantenimiento de componentes de la flota de camiones mineros de la Empresa Minera Antamina para aumentar el MTTR y el MTBF; este proyecto servirá de modelo para futuros proyectos similares realizados por estudiantes de ingeniería y otros. Tómese este trabajo como punto de partida para futuros esfuerzos de investigación.

1.5.5 Justificación práctica

En función de la observación en el área de mantenimiento de los equipos pesados de la empresa minera, si existe la oportunidad de mejorar las diferencias en el área de mantenimiento de la mina para reducir tiempo de paradas imprevistas. Con la aplicación del sistema, lo que lo hace es mejorar, mostrar la posibilidad de una mayor disponibilidad de ciclo de vida del equipo y reducir los costos de mantenimiento de los equipos pesados.

1.5.6 Importancia de la investigación

Uno de los aspectos importantes en este trabajo de investigación, es que investiga la importancia de las variables de estudio que influyen en el incremento de la disponibilidad, prestando especial atención a los tiempos medios acerca del mantenimiento preventivo de los componentes de la flota de camiones mineros; con el fin de mejorar el MTTR y el MTBF de la flota de camiones mineros. En el contexto de una operación de minería a cielo abierto, Antamina Company ha desarrollado una tecnología que, debido a su alto valor, reduce significativamente el número de horas de producción que requiere el equipo. Como resultado de esta investigación podemos identificar los factores que contribuyen a los largos tiempos de reparación y sugerir nuevos procedimientos de trabajo, así como una mejor planificación de los procesos existentes.

1.6 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Delimitación espacial

Este estudio se llevó a cabo en la empresa minera de Antamina en el taller de reparación de equipos pesados, durante las operaciones de acarreo de material realizadas en el taller de mantenimiento de la empresa.

1.6.2 Delimitación temporal

Este estudio y la recogida de datos se llevaron a cabo entre agosto y diciembre de 2021.

1.6.3 Delimitación social

Este estudio comprende a los equipos pesados sobre todo en todos los camiones de acarreo de la Empresa Minera Antamina.

1.6.4 Delimitación conceptual

Este estudio se centra en las nociones de mantenimiento de equipos pesados, que pueden caracterizarse como el estudio en su entorno operativo.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio es viable, ya que el proyecto posee las características técnicas y operativas que permiten realizar los objetivos previstos. Además, los recursos personales, los recursos económicos y de información necesaria para llevarlo a cabo son accesibles.

1.8 HIPÓTESIS

Con la aplicación del sistema DISPATCH, mejorará significativamente el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina – 2021.

1.9 VARIABLES E INDICADORES

1.9.1 Variable independiente:

Aplicación del sistema DISPATCH.

1.9.2 Variable dependiente:

El MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes.

1.9.3 Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p>Variable independiente Aplicación del sistema DISPATCH</p>	<p>El sistema DISPATCH® es un dispositivo que maximiza la productividad al incrementar el posicionamiento de los equipos basado en GPS, monitoreo del estado del equipo, un rastreo de mantenimiento m rastreo de la producción y más servicios (Namay y Ramos, 2019).</p>	<p>La aplicación de sistema DISPATCH se mide a través de las dimensiones, detección de eventos y sistema de monitoreo remoto en tiempo real</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de eventos • Sistema de monitoreo remoto en tiempo real 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de eventos detectados por mes • Información de una manera más eficiente y rápida
<p>Variable dependiente El MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento</p>	<p>Palencia (2014) por otro lado, Este indicador mide el tiempo, medio de reparación o intervención en vehículos ligeros y semipesados debido a fallos mecánicos, o el tiempo que el vehículo está fuera de servicio mientras se repara. La MTTR para un período determinado se calcula dividiendo el número total de horas dedicadas a la reparación, en un período determinado por el número de paradas que la máquina experimentó debido a fallos mecánicos en ese período, que se representa por la fórmula, y se expresa como un entero.</p>	<p>El programa de mantenimiento de MTBF y MTTR se mide a través de las dimensiones Tiempo de operación, Tiempo entre fallas y Tiempo para la reparación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de operación • Tiempo entre fallas • Tiempo para la reparación 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de operación establecido por el área de operaciones • Tiempo promedio entre fallas (MTBF) • Tiempo promedio para la reparación (MTTR)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los estudios de investigación que se enumeran a continuación representan acontecimientos o situaciones relevantes para el presente proyecto de investigación, por lo que estos conocimientos ayudan a definir la pregunta principal de investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Vargas y Hermoza (2018), realizó la investigación cuyo título es “Sistemas de Información para el desarrollo del Monitoreo de los neumáticos en el área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera”, Se buscó una solución apropiada para la supervisión en tiempo real de la flota de camiones de una empresa minera, para garantizar el cero accidentes de trabajo y ser productivo al tiempo que son reducidos el mantenimiento, el éxito de la operación de un centro minero refleja un reto fundamental por dos motivos importantes. Un pilar indispensable para alcanzar este objetivo es la aplicación de tecnología de vanguardia. Puede utilizarlo para mejorar los procesos, crear valores e incrementar las rentabilidades. Se descubrió el proceso de implantación de estas soluciones, así como las lecciones aprendidas durante el periodo de las implantaciones hasta los despliegues reales de la solución.

Buelvas y Martínez (2014), realizaron la investigación titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”, el objetivo es desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones tractores de una empresa de transporte, con el fin de mejorar su rendimiento operativo sin comprometer la seguridad y, reducir el impacto medioambiental de una flota de vehículos que debe someterse a mantenimiento programado mensual que representa aproximadamente el 80 % de la flota de vehículos. Se realizó el mantenimiento para corregir el problema. Es innecesario incurrir en gastos adicionales como los costes de

servicio de las flotas de equipos pesados, los pagos excesivos de tiempo a los operarios y mecánicos, los inventarios excesivos de suministros y piezas de repuesto, así como el consumo individual. De esta situación ha surgido la propuesta actual para desarrollar un plan de prevención que facilite la búsqueda y resolución de problemas menores antes de convertirse en problemas importantes, aumentando la probabilidad de la disponibilidad de vehículos, al tiempo que se reducen los costes de mantenimiento y los costes generales.

Vargas y Hermoza (2014), realizaron la investigación cuyo título es “Sistema de Información para mejorar el proceso de Monitoreo en el área de neumáticos con el sistema despacho (Dispatch), en una Compañía Minera” esta investigación pretende crear un sistema adecuado, para la supervisión de los neumáticos en tiempo real de la flota de camiones. El funcionamiento eficaz de un centro minero es difícil por dos razones cruciales: garantizar cero accidentes laborales y maximizar la producción minimizando los gastos operativos. Para ello, el uso de tecnología punta se convierte en un pilar crucial. Nos permite mejorar las operaciones, producir valor y aumentar la rentabilidad de la empresa. Según los resultados sobre la implementación de hardware y software de esta solución, así como de las lecciones aprendidas durante la fase de implementación que precedió a su lanzamiento.

Rubio (2019), realizó la investigación titulada “Plan acerca del mantenimiento preventivo en las maquinarias pesadas” tuvo como finalidad implementar planes de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos. Según los resultados, se puede observar diagnosticando el estado actual de los equipos pesados, verificando el estado y comportándose durante el funcionamiento; luego analizado críticamente para determinar el estado de la máquina; Junto a esto, se planifica el formato de operaciones planificadas previamente para cada tipo de máquina y eventualmente planificar el mantenimiento preventivo, para lograr resultados y conclusiones. Las ventajas del proyecto son mejorar el funcionamiento de la máquina y así reducir el tiempo perdido en la producción y evitar errores no planificados.

Cruz (2020), realizó la investigación titulada “Mejora de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo y su impacto en la disponibilidad de los equipos pesados en una empresa minera”. El objetivo principal de este estudio de aplicación es proporcionar una estrategia de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos. Se obtuvieron los siguientes resultados: el 49,60 % de los sistemas de motor diésel y el 54,40 % de los sistemas eléctricos indicaron condiciones graves. Se lograron las siguientes derivaciones finales: 72,80 % para sistemas de motor diésel y 71,20 %

para sistemas eléctricos indicando condiciones severas. La reducción del 38,46 % en comparación con el programa de mantenimiento actual, muestra que se cree que el efecto de este estudio aumentará las preferencias de nuestros clientes externos. El estudio concluye con una propuesta para un programa de mantenimiento de toda la flota de equipos de perforación hidráulica REDDRILL SKS12 que impulsa las operaciones, mejorando la eficiencia y facilitando a las partes interesadas, la ejecución de las operaciones mineras proyectadas y los cronogramas de producción de manera oportuna.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Bustamante (2018) realizó la investigación titulada "Optimización de la productividad de los camiones pesados en la empresa Gold Fields la Cima S.A. mediante la reducción de las demoras operacionales más significativas". El objetivo de la investigación, fue aumentar la eficiencia de carga y acarreo de equipos pesados reduciendo las demoras operacionales más significativas. Se estableció un límite de tiempo de 60 minutos para la duración de las pausas y de 20 minutos para el cambio de turno, lo que permitió cuantificar las toneladas que dejaron de moverse como resultado de los retrasos que superaban el límite de tiempo establecido. Haciendo un total de 426 284 toneladas de mineral y 475 843 toneladas de descarga, que posteriormente se valoraron en un total de 13 445 975,8 dólares por el material que dejó de producirse.

Cáceres y Yataco (2017) realizaron la investigación cuyo título es "Aplicación de la gestión del mantenimiento a la confiabilidad de una flota de camiones de arrastre Caterpillar serie 793F para la mejora de la confiabilidad operativa". Su objetivo era implementar un sistema de gestión eficaz para el mantenimiento basado en la confiabilidad, con el fin de eliminar y/o disminuir las fallas de los equipos en las áreas donde se realizaría el análisis. Según los resultados, se utilizaron métodos de CQI; el análisis de criticidad identificó como muy críticos los sistemas Block - Header y Power Supply; se realizó un análisis de fallas del motor, se descubrió que dejó de funcionar abruptamente, y se determinó que fue causado por una falla en el cojinete de la biela. En el 7R, en comparación con el AMDEC, los problemas de funcionamiento incluyen camiones que no pueden moverse debido a componentes desgastados, combustible impuro, fricción entre los pistones y los cilindros y, fugas de aceite lubricante. La fiabilidad operativa de la flota del CAT 793F ha aumentado como demuestran los siguientes factores Fiabilidad humana: una disminución del 24,83 % en los tiempos de ejecución del MP; una mejora del 8,18 % en el TPPR y un aumento del 26,86 % en la

capacidad de mantenimiento de la flota. La fiabilidad de las unidades aumentó un 34,98 %, mientras que la fiabilidad aumentó un 13,01 %. La fiabilidad de los procesos aumentó un 4,82 %, pero el TRS de la flota disminuyó un 13,76 %.

Namay y Ramos (2019) realizaron la investigación titulada "Diseño de un plan de gestión de mantenimiento de camiones mineros CAT 793 para potenciar la productividad de acarreo en una empresa minera - 2019". Su objetivo era determinar si los equipos pesados, potenciaban la fiabilidad operativa de su flota de CAT 793F. El mantenimiento preventivo de los equipos reduce el tiempo medio de reparación. Según los últimos datos disponibles, el TPR aumentó un 8,05 % y el mantenimiento de la flota un 23,15 %. El tiempo medio entre averías de un equipo se define como su fiabilidad; creció un 31,02 % en términos de TPEF y un 13,28 % en términos de Fiabilidad. Las mejoras en la fiabilidad de los procesos incluyen un aumento de la disponibilidad del 4,21 % y un aumento de la eficacia de los equipos OEE de la flota del 8,49 %.

Leiva (2019), realizó la investigación cuyo título es "Implementación del sistema dispatch: control de los equipos de carguío y acarreo en minería a cielo abierto para la optimización de los costos operativos en la compañía minera Shougang-Hierro-Perú-S.A.A. Mina 5-Marcona-Perú". Esta investigación tiene como propósito Implementar el Sistema DISPATCH en el control de equipos de Carguío y Acarreo. Debido al uso de normas y variables conservadoras, los resultados de esta evaluación son los más confiables en cantidad y sustancia. En cualquier operación minera, el transporte separado de mineral y roca estéril a la planta de tratamiento y al vertedero es fundamental, ya que la distancia (a la planta y al vertedero) puede variar significativamente durante el proyecto. Si la fase de desarrollo se planifica cuidadosamente, estos objetivos se lograrán a lo largo de la vida útil de la mina. En el control de costos del área de operación minera de cualquier empresa minera para las máquinas responsables del área se basa en tiempo efectivo, debido a que la liquidación o valoración es en dólares/hora efectiva (\$/Hora Efectiva), por lo que es necesaria Evaluación e Implementación de Sistema de Control de Equipos a Tajo Abierto (DISPATCH).

Saavedra y Salazar (2018), realizaron la investigación titulada "Implementación de una central de control y monitoreo portátil para reducir los costos de carguío y acarreo de la contrata M.J.B. Transportes el Sagitario S.A.C. en minera los Andes Perú Gold periodo 2018", Esta investigación tuvo como fin, la implementación de central de control y el monitoreo para minimizar los costos de carguío; la metodología de este estudio fue de tipo cuantitativa, y diseño descriptivo. Según los resultados, se perdieron de 147,4

horas por mes, debido a retrasos en las operaciones de carga y transporte calculadas a partir del tiempo de funcionamiento del motor y en comparación con el trabajo real. Estos retrasos incluyen frentes duros, caminos de acarreo deficientes, rampas de carga, colas de equipos y carriles únicos. También se incluyen la irresponsabilidad de los empleados y las demoras mecánicas de los equipos. El diseño del sistema de programación del equipo de carga y acarreo, incluye la implementación de un software que proporciona la posición del volquete, el monitoreo del estado del volquete (encendido, apagado, movimiento), la velocidad del volquete, el monitoreo del combustible, el monitoreo del mantenimiento, la conducción del volquete y los informes de producción. Con su inversión fija de \$ 1 421 875, ahorrando \$ 6 780,40 mensuales, se logró desplegar un centro de control y monitoreo operativo (programación), por lo que la inversión fija se recuperó significativamente en un mes. La cuota mensual incluye \$ 1 406.25 de la nómina del trabajador. Si ahorra \$ 6 780.40 por mes, el segundo mes le proporcionará \$ 5 374.15.

2.1.3 Antecedentes locales

Chura (2019) realizó la investigación titulada “Propuesta de plan de control de uso para la flota de camiones de acarreo en Huaraz”. Tuvo como finalidad proponer un plan de control de uso para la flota de camiones de acarreo; a partir de los resultados, se ha determinado, descrito y realizado un análisis de manera general de los equipos pesados sus respectivos eventos, que generan mayor retraso en este proceso, obteniendo que los retrasos con mayor impacto en la utilización de la flota de transporte son: carguío con una frecuencia de 32,8 % seguido de 23,8 % de suministro, 9,7 % de cambio de turno, 7,0 % de mantenimiento y 5,1 % de tiempo de inactividad de los equipos que son desafíos importantes que pueden mejorarse.

Vilavila (2018) realizó la investigación cuyo título es “Sistema acerca de los controles de las operaciones mineras empleando Dispatch en Mina a Tajo Abierto en la región de Huaraz”. Su objetivo fue la optimización de las operaciones en la minería a cielo abierto, con la base de datos utilizando el sistema de Dispatch e información en tiempo real, lo que permitió un aumento del 7 % en la producción, en la reducción de los costos directos de operaciones, Tiempo medio de espera para camión excavadora 3,10 minutos, Tiempo medio de espera para camión excavadora 2,53 minutos, Tiempo medio de espera para camión excavadora / excavadora 2,6 minutos, Tiempo medio de espera para camión 2,7 minutos trituradora, Tiempo medio de espera para excavadora / excavadora 3,8 minutos, Tiempo promedio de espera para la excavadora de 3.8

minutos. Logro de los siguientes rendimientos: El rendimiento promedio de los camiones fue de 222 toneladas / horas de operación. El rendimiento promedio de las palas fue de 3,000 toneladas/ horas efectivas.

Castillo (2018), realizó la investigación titulada “Factores equivalentes entre las flotas de carguío y el acarreo, y su aplicación en el área de DISPATCH en minera Yanacocha”. Se logró el siguiente resultado: fue posible inducir con el nuevo parámetro que permitió un mejor control acerca de los equipos pesados que se encuentra en operación, lo cual se evidencia en los mejores resultados tanto en la producción como en costos; se ha medido el comportamiento de carga y descarga capacidades de transporte. el factor de productividad y sus variaciones se utilizan para reaccionar rápidamente en cualquier momento con el fin de identificar problemas en el flujo de los camiones e identificar oportunidades de mejora.

Alfaro (2022) realizó la investigación titulada “Implementación de un Sistema Dispatch para incrementar la productividad de acarreo en la minera El Toro – Summa Gold Corporation S.A.C - Huaraz”. Tiene como propósito de estudio demostrar la implementación del Sistema Dispatch para incrementar la productividad, según los resultados al mismo tiempo, se inició la construcción del software, para lo cual se recopiló una gran cantidad de datos históricos, análisis estadísticos y conocimientos de programación informática. En conclusión, el sistema de gestión de envíos se implementó junto con la infraestructura necesaria y se probó por primera vez con excelentes resultados: los costos de envío se redujeron en un 8,4 % en el primer mes y las demoras operativas se redujeron significativamente. (0.300 horas), lo que significa un aumento en la productividad del proceso.

Cokchi (2022) realizó la investigación titulada “Sistema de dispatch, la tecnología en la Empresa Minera Antamina en la flota de camiones”. Tuvo como fin implementar el Sistema de dispatch en la flota de camiones; Según los resultados, el centro de operaciones cuenta con 200 cámaras colocadas estratégicamente en toda la operación; además, el dispositivo recibe señales e indicaciones de sensores y radares montados. Todos estos datos son supervisados por equipos diligentes de operadores que han sido capacitados en la administración de este complicado sistema centralizado. A pesar de estar a cientos de kilómetros de la mina, los supervisores del centro de operación están constantemente al día de la información generada por el Despacho. Obtienen la información donde quieran en sus dispositivos móviles, tabletas u ordenadores.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Sistema dispatch

Los camiones de carga se asignan de forma más eficiente por el sistema de gestión minera DISPATCH®, mediante el uso de algoritmos en el servidor central, el hardware del campo y los sofisticados sistemas de comunicación.

Para maximizar el uso de camiones con ruedas, maximizar el tiempo y minimizar las pérdidas en tiempo real, este sistema de gestión de la minería a gran escala hace uso de los sistemas de computación y comunicación más modernas disponibles para equipos de minería de superficie e interior (Namay y Ramos, 2019).

El sistema utiliza la información registrada por los operarios en su panel para registrar los acontecimientos más importantes de cada ciclo de transporte.

DISPATCH® es un sistema de software de minería probado, que ha sido aceptado por la industria minera durante más de 20 años, teniendo más de 150 sistemas instalados en las operaciones mineras más grandes del mundo. El sistema puede ser fácilmente escalado hacia arriba y hacia abajo. Flota, cuadrilla, material de gestión y otros softwares de componentes, pueden ser añadidos al lado del servidor, como componentes de hardware. Está considerado como estándar en el sistema de minería de administración. La figura 1, muestra cómo el sistema DISPATCH® utiliza algoritmos para optimizar la asignación de Acarreo camiones (Vilavila, 2018).

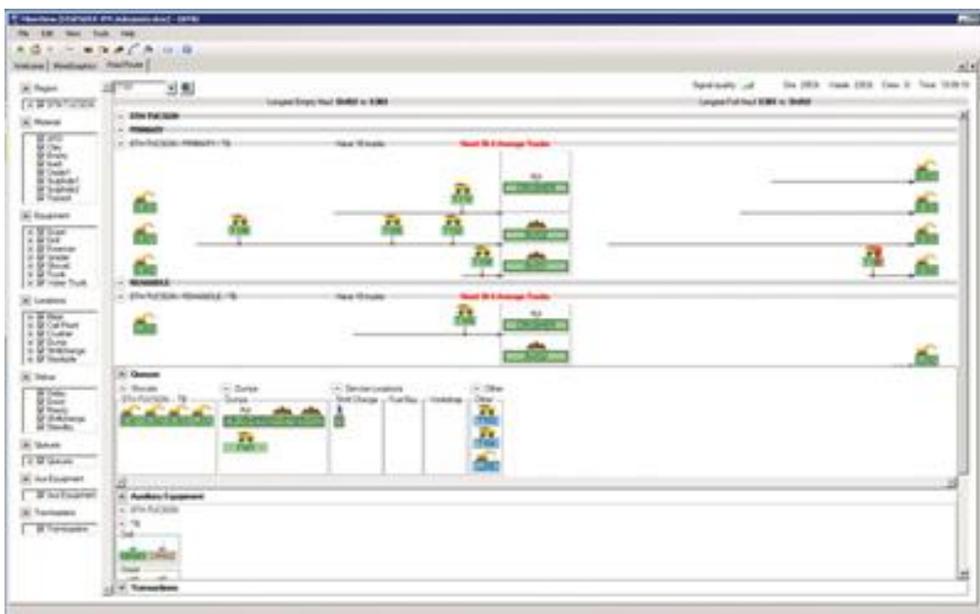


Figura 1. El sistema DISPATCH® optimiza las asignaciones de los camiones de acarreo por la Empresa Minera Antamina 2019, p 5.

El sistema DISPATCH® es un dispositivo que maximiza la productividad al incrementar las asignaciones acerca de los camiones optimizados, posicionamiento de los equipos basados en GPS, monitoreo del estado del equipo, un rastreo de mantenimiento, rastreo de la producción y más servicios (Namay y Ramos, 2019).

2.2.2 Funcionabilidad del sistema DISPATCH

Dispatch necesita una amplia gama de componentes para su fiable y eficiente operación como un despachador. Entre estos elementos, los más importantes son como se detalla:

- El Sistema Computarizado acerca del Campo (Field Computer System: FCS) que consta de una sola Consola Gráfica (GC) y una Unidad Central (Hub), dicho sistema se instala en camiones, palas, equipos auxiliares (opcional) y trituradoras.
- Enlaces de las radios de datos.
- Un computador central en el Centro de Información de DISPATCH.
- Software para el computador.
- Tecnologías de GPS.

Las asignaciones de los camiones de carga, se optimizan y automatizan mediante DISPATCH, que registra los acontecimientos clave del ciclo de carga, utilizando los datos introducidos por los conductores en sus consolas gráficas en los camiones y las palas eléctricas(Sanchez 2018).

2.2.3 DISPATCH en mina a cielo abierto

Las minas abiertas pueden maximizar la producción y la eficiencia con el sistema de gestión de flotas sobre el sistema DISPATCH, que proporciona un mayor control. El sistema DISPATCH utiliza el hardware y el software de comunicación más actualizados, así como las prácticas empresariales más eficaces para optimizar la flotación en la industria minera.

La localización GPS, la supervisión del estado del equipo, la supervisión del mantenimiento, la gestión de la mezcla y los informes de producción, son algunas de las funciones más avanzadas disponibles (Sánchez 2018).

2.2.4 Características del Producto

- Optimización acerca de la carga.
- Gestiones de calificaciones.

- Gestiones de servicios sobre el combustible.
- Gestiones sobre los equipamientos auxiliares.
- Supervisión remota.
- Análisis sobre las cargas.
- Control de las mezclas de las minerales.
- Informes web en tiempo real (Chávez, 2018).



Figura 2. Sistema de DISPATCH en minera a cielo abierto por la Empresa Minera Antamina 2019, p 7.

2.2.5 Mantenimiento

Según Herrera (2018), es un conjunto de operaciones, iniciativas o procesos que solo pueden lograrse si las máquinas funcionan con un alto nivel de eficiencia, la productividad se garantiza con ello. Cuando se trata de conservar los activos en buen estado de funcionamiento, Hill (2008), sostiene que el mantenimiento es esencial. La productividad de una empresa puede respetarse y garantizarse a través de altos niveles de disponibilidad y durabilidad, así como de adherirse a estrictas disposiciones de calidad, salud y seguridad y medio ambiente.

Hay varias formas de mantener una máquina, pero todas se centran en un conjunto de procedimientos y tareas que se llevan a cabo en un orden lógico para garantizar que la máquina funcione correctamente.

Padilla (2012), llega a la conclusión que es un área de estudio donde el objetivo es mantener las máquinas y el equipo de trabajo de principio a fin, el cual incluye todo lo de la rutina de mantenimiento para reparaciones a las calibraciones de las reconstrucciones.

Conceptos, criterios, y las técnicas necesarias para el mantenimiento, son el principal foco de la evolución del proceso, el cual proporciona una guía para la toma de decisiones en la administración y aplicación de mantenimiento de programas.

Teniendo en cuenta(Caterpillar 2000), con base en los resultados obtenidos, podemos concluir que todos los equipos, herramientas y otras actividades físicas en las diversas instalaciones deben mantenerse en condiciones seguras, eficientes y económicamente viables.

Por su parte Rosales (2016), sostiene que la importancia de mantener el sistema de talla, debe tener una estructura que puede rápidamente restaurar y poner en óptimas condiciones el funcionamiento; por lo tanto, la reducción de las pérdidas en la producción será mínima.

El principal objetivo del mantenimiento es aumentar la capacidad primaria del proceso, mejorar el rendimiento, calidad, beneficios, y otros; cumplir con los requisitos normativos, tales como la seguridad, riesgo, y estándares ambientales, para aumentar la capacidad primaria proceso (Rubio, 2019).

2.2.6 Tipos de mantenimiento

El mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento predictivo son subcategorías de este tipo de mantenimiento.

2.2.6.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo, es el proceso de corrección de las averías de los equipos in situ.

Como señala Suárez (2018), el mantenimiento correctivo se produce cuando una máquina o pieza de equipo se ha dañado o funciona mal. Las quejas relacionadas con el deterioro, la decadencia, los defectos, o cualquier combinación de estos, deben enviarse al fabricante. Se trata de un procedimiento largo y costoso que suele dar lugar a clientes insatisfechos. A menudo hace que el mantenimiento se retrase debido a la escasez de recursos. Además, esta técnica tiene el inconveniente de interferir y alterar la operativa habitual de la empresa o de la planta, lo que sirve simplemente para desviar la atención de las tareas cotidianas que deben realizarse.

(Alavedra Flores et al. 2016), son varios los casos en los que se sacrifica la calidad de las reparaciones para ofrecer una reparación más duradera. Esto resulta en un ciclo roto, con altos costos de fabricación y poca disponibilidad.

Sosa (2018), afirma que los gastos de mantenimiento según el fabricante son uno de los costos más significativos durante el ciclo de vida del equipo. Se espera que los gastos de mantenimiento sean elevados durante un largo periodo de tiempo en esta categoría, lo cual es una de las razones que lo justifican. Dada la dificultad de calcular el coste de los materiales, las piezas de repuesto y la mano de obra directa, los gastos de mantenimiento deben estimarse sobre todo mediante suposiciones.

El mantenimiento correctivo, según Linares (2012), es una opción de reparación factible, ya que no necesita una gran infraestructura ni empleados altamente calificados y puede ser contratado si el equipo no está en producción. Si, por el contrario, el equipo está en uso, cada minuto de inactividad significa una pérdida de tiempo, de productividad de fabricación y de valor de producción.

Además, la función principal del mantenimiento correctivo, es la reparación no planificada de los equipos debido a averías imprevistas. Este mantenimiento produce los siguientes resultados:

- Tiempos de inactividad inesperados que acortan las horas de funcionamiento.
- Tiempo de espera de corrección.
- Dado que los costes de reparaciones y piezas de repuesto no estaban presupuestados, no fue necesario comprar piezas de repuesto en el tiempo que se deseaba debido a la falta de recursos financieros.
- No se puede prever la planificación de los tiempos de inactividad de los dispositivos (Linares, 2012).

Para la conclusión, hay que señalar que hay dos tipos principales de metodologías de gestión de activos a saber, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento reactivo (también conocido el mantenimiento correctivo). Cuando se comparan los dos enfoques, la mayoría de los especialistas están de acuerdo en que, aunque el mantenimiento preventivo incurre en mayores costes iniciales, estos se compensan más que nunca por los beneficios y ahorros a largo plazo que se obtienen, en comparación con los métodos tradicionales de mantenimiento correctivo (Linares, 2012).

2.2.6.2 Mantenimiento preventivo

Según Buelvas y Martínez (2014), deducen que el mantenimiento preventivo, es una serie de actividades que son programadas para un determinado equipo en funcionamiento, que les permiten funcionar de forma eficiente y segura de la manera más rentable posible, con una tendencia a prevenir fallos imprevistos del equipo.

Mantener su vehículo en buen estado se define como sigue: Cuando se trata de los resultados del mantenimiento preventivo, Rosales (2016) señala que tener un programa sobre el mantenimiento preventivo (PM) reduce las necesidades de las reparaciones importantes y de interrupciones de la producción, por tanto, ayuda a mantener flujos de trabajos de manera constante. Un grupo de trabajadores se ha interesado por la programación y las planificaciones de las actividades de los PMs durante un período de tiempo establecido.

Según Flores (2000), ha señalado que el mantenimiento preventivo, se desarrolló como respuesta a las inadecuaciones del mantenimiento correctivo que se había aplicado anteriormente. Su objetivo es reducir la probabilidad de fallo evitando interrupciones de producción no planificadas o imprevistas.

El mantenimiento preventivo es considerado uno de los pilares de la función de mantenimiento, y se describen una serie de requisitos integrales que incluyen los siguientes:

- La verificación de vehículos ligeros, semipesados y sus elementos antes de la entrega, el funcionamiento para asegurar que se identifiquen y corrijan todos los problemas antes de que la máquina llegue al lugar de trabajo, para realizar su labor, se conoce como inspección previa a la entrega.
- La realización de inspecciones posteriores a la entrega en el lugar para asegurarse de que no hubo daños durante el transporte, es siempre preferible porque es más fácil y seguro llevar a cabo el trabajo.
- Mantener la información adecuada para permitir el cumplimiento seguro y eficiente de sus funciones por parte del personal de mantenimiento, es una prioridad principal (Flores, 2000).

Otra de las técnicas acerca de los controles críticos en las operaciones según la norma, es la inspección durante el proceso de mantenimiento para detectar y asegurar los defectos. Otro procedimiento de control crítico dentro del sistema según la norma, es la verificación durante el mantenimiento para descubrir y asegurar los fallos.

Los empleados de mantenimiento deben asegurarse de tomar notas de todos los problemas durante las inspecciones rutinarias. Es vital que no eliminen el sistema

documentando de fallas que posteriormente se corrigen a lo largo del proceso de mantenimiento. Esta ocultación de defectos, invalidaría el historial de los equipos móviles ligeros y semipesados, poniendo en peligro todo el procedimiento de renovación (Watson, 2013).

En consecuencia, Schutz et al. (2013), sostienen que la principal ventaja de este método de mantenimiento, es que hace hincapié en el mantenimiento programado para optimizar la disponibilidad de los equipos ligeros y semipesados. El objetivo del mantenimiento preventivo, es evitar las averías del sistema mediante la programación del mantenimiento del sistema en varios intervalos. Otro enfoque, es realizar el mantenimiento preventivo para garantizar que la fiabilidad del sistema, se mantenga por encima de un nivel mínimo predeterminado durante la duración de un ciclo de producción específica.

Ajustar la duración del periodo de mantenimiento donde las normativas especifican que es vital incorporar el tiempo sobre el mantenimiento en el programa de las actividades, con el fin de evitar que el mantenimiento se retrase y tenga que realizarse en circunstancias peligrosas a toda costa.

Por su parte Mays (2015), afirma que las empresas con programas de mantenimiento preventivo de primer nivel, dedican un tiempo trimestral a revisar el estado actual del programa y a considerar cómo puede mejorarse. Después de implementar los cambios, se abre la puerta a ampliar su programa de mantenimiento más allá de su alcance actual, mediante la incorporación de métodos y tecnología de mantenimiento predictivo en sus operaciones.

2.2.6.3 Plan sobre el mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo es un calendario de tareas y procesos que están programados, organizados, y estructurados, con el objetivo de definir las fechas de cumplimiento y los tipos de actividades que deben ser llevadas a cabo en las unidades.

De la misma manera, Abelardo (2007) explica que el mantenimiento del plan, es un nuevo proceso a seguir para completar un mantenimiento, con el objetivo de utilizar las herramientas de diseño, tales como la codificación de los equipos y el uso de los formatos, las instrucciones, y Plantillas diseñada para proporcionar un buen control de y registro de los equipos.

2.2.6.4 Mantenimiento Predictivo

Según la experiencia de la institución SENATI (2007), define que el mantenimiento predictivo, es uno de los servicios que se realizan como consecuencia

del desgaste de los componentes o piezas y requiere de análisis, mediciones y predicciones de parámetros. Utilizando distintas tecnologías para determinar el estado real de los componentes del equipo o para anticipar, estimar o proyectar el comportamiento de los componentes, con el fin de acometer el mantenimiento, las reparaciones o los ajustes antes de que se produzca un fallo o avería que cese bruscamente el funcionamiento del equipo.

El mantenimiento predictivo identifica un posible problema o adversidad y, por lo tanto, recomienda una acción inmediata para solucionarlo. El mantenimiento predictivo (MP) de frecuencia, está alterado por el mantenimiento programado (MP) de frecuencia en una determinada tarea.

De acuerdo con Adanaque (2010), mantenimiento preventivo es la planificación de las acciones que se llevan a cabo con frecuencia, en intervalos de tiempo programado para una determinada pieza de equipo o maquinaria; estas acciones incluyen inspecciones, ajustes y reemplazos de componentes, en un esfuerzo por mantener un alto nivel de disponibilidad y fiabilidad de los equipos.

Son acciones como la limpieza, el control, la inspección, la restauración y la conservación de las piezas del equipo que tienen como objetivo reparar o prevenir fallos, fallos o defectos, como definió Torrel (2010), en el mismo contexto. La frecuencia con la que se debe realizar el mantenimiento preventivo se determina por la criticidad del equipo.

En comparación acerca del programa de mantenimiento correctivo, las ventajas del mantenimiento preventivo incluyen menos paradas no programadas, mejora del mantenimiento de los equipos, reducción del tiempo de inactividad de los técnicos de mantenimiento, mejoran las condiciones acerca de la seguridad y son de menor costo (Anaguano 2018).

Es posible realizar el mantenimiento preventivo de dos maneras: rutinariamente, que consiste en acciones repetidas y sencillas que se llevan a cabo de una manera que sea ordenada y planificada, como las inspecciones, los ajustes, la limpieza y la lubricación. El mantenimiento preventivo tecnológico, consiste en acciones planificadas que hacen uso de recursos, como sustitución de piezas, reparación; porque se utilizan varias herramientas y los instrumentos, requiere un mayor nivel de conocimientos y capacidad por parte del personal, así como más tiempo y utilización de recursos.

De acuerdo con Anaguano (2018), deduce que el mantenimiento preventivo, tiene como su principal objetivo la predicción de la ocurrencia de una potencial avería o fracaso, y que permite el diagnóstico de un potencial futuro daño a uno de los

componentes. Para llevar a cabo esta tarea en orden, se utilizará instrumentos de medición y pruebas de control. Esto impide largas interrupciones y paradas frecuentes, reparaciones, altos costos y la incapacidad para hacer la mayor utilización del equipo. Estas actividades pueden ser llevadas a cabo por el personal técnico, el cual es responsable de la conservación y el mantenimiento de la infraestructura. La principal característica del preventiva de mantenimiento, es la capacidad para detectar anomalías o fallos en la primera fase y para tomar correctiva acción si la situación requiere la misma. El término "identificar" se refiere a la Ley de identificación de avance en orden a prevenir más daños o riesgos a los equipos miembros implicados.

De acuerdo con Palencia (2014), preventiva de mantenimiento, también conocido como planificada de mantenimiento, es un conjunto de acciones que se lleva a cabo antes de un error o fallo ocurre. Estas acciones se llevan a cabo bajo controladas condiciones con ninguna posibilidad de introducir un error en el sistema. Las operaciones se llevaron a cabo en conformidad con el conocimiento y las habilidades de los de mantenimiento personal, que son responsables de la planificación y la realización a cabo mantenimiento procedimientos en conformidad con la del fabricante recomendaciones, los cuales se detallan en la operación y mantenimiento de procedimientos manual.

(Palencia 2014), identifica las siguientes características:

El Mantenimiento se lleva a cabo en tiempos programados que no interfieren con la producción o la entrega de servicios, y que toma ventaja de tiempo de inactividad. Que es necesaria para tener un programa en el lugar que establece los procedimientos a ser seguidos, las actividades a ser llevadas a cabo, las herramientas que se utilizan y la prevención de los correspondientes impuestos pasivos y pasivos. El programa de mantenimiento incluye una hora de inicio de tareas, intervalos de mantenimiento periódicos y una fecha de finalización del mantenimiento final, que ha sido aprobada por la empresa. El programa de mantenimiento se aplica a determinadas áreas o equipos que han sido cuidadosamente seleccionados; sin embargo, puede ser usado para cualquier componente o equipos de la empresa. Es necesario documentar todo mantenimiento y actividades realizadas, de modo que exista un historial de los equipos, lo que permite la actualización de información sobre los componentes de los equipos.

El mantenimiento predictivo no es aplicable a todos los equipos y depende de una serie de criterios, como los siguientes:

- Tamaño y costos de los equipos.
- Modalidad de la falla, y valores críticos.

- Mayores disponibilidades de los equipos.
- Intervalos mayores acerca del mantenimiento preventivo.
- Eliminaciones de las técnicas de reparaciones por remociones de componentes hasta que el problema desaparezca.
- Eliminación acerca de las corridas de los equipos para diagnósticos.
- Tiempos de reparación más cortos.
- Reducción de inventarios de repuestos (Palencia, 2014).

2.2.7 Disponibilidad

Es posible medir el porcentaje de tiempo total que se prevé que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para la que fue creado mediante la función de disponibilidad.

Al evaluar los elementos que influyen en la disponibilidad, así como el tiempo medio entre fallos MTBF y el tiempo medio de reparación MTTR, la alta dirección puede evaluar las diversas opciones para aumentar de forma rentable la disponibilidad de sus sistemas de fabricación.

2.2.7.1 Disponibilidad Operativa (A)

Las disponibilidades operativas de un equipo o mecanismo, se definen como una medida que indica cuánto tiempo los equipos o sistemas operativos está funcionando, en relación con la duración total de un período durante el que se desea que funcione normalmente, expresada en porcentajes. Según (Torre, 2021), la disponibilidad operativa de un sistema o equipo se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$A = (HL - PP - PR) / (HL)$$

Donde:

HL = Horas laborables o presupuestadas de la empresa.

PP = Paradas programadas para mantenimientos programados de cualquier tipo.

PR = Paradas no programadas por mantenimiento correctivo.

2.2.7.2 Tiempo Promedio para Reparar (MTTR)

Es la medición de la distribución de los tiempos sobre las reparaciones para vehículos ligeros y semipesados. En este indicador, la eficacia con la que una unidad puede volver a condiciones operativas óptimas después de que se haya retirado del servicio debido a un fallo, se mide durante un período de tiempo determinado (Palencia, 2014).

Por otro lado, Palencia (2014), señala que este indicador mide el tiempo promedio de reparación o intervención en vehículos ligeros y semipesados debido a fallos mecánicos, o el tiempo que el vehículo está fuera de servicio mientras se repara. La MTTR para un período determinado, se calcula dividiendo el número total de horas dedicadas a la reparación en un período determinado, por el número de paradas que la máquina experimentó debido a fallos mecánicos en ese período, que se representa por la fórmula, y se expresa como un entero.

$$\text{MTTR} = (\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}) / (\text{N}^\circ \text{ de paradas correctivas})$$

2.2.7.3 Confiabilidad

Vargas (2018), la probabilidad de que un sistema o componente funcione correctamente y sin fallos durante un determinado periodo de tiempo, se define de la siguiente manera: la confiabilidad se refiere a la probabilidad de que un sistema o producto funcione como se pretende.

En primer lugar, hay que describir con precisión el fallo investigado y, a continuación, controlar y gestionar cuidadosamente las circunstancias de funcionamiento en las que se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos ligeros y semipesados. También hay que especificar el intervalo de tiempo, que puede describirse en términos de número de ciclos u operaciones ejecutadas por el sistema, es preferible utilizar un modelo matemático para facilitar el análisis posterior.

2.3 CONCEPTOS BÁSICOS

- **Sistema dispatch.** Los camiones de carga se asignan de forma más eficiente por el sistema de gestión minera DISPATCH®, mediante el uso de algoritmos en el servidor central, el hardware del campo y los sofisticados sistemas de comunicación (Namay y Ramos, 2019).
- **Mantenimiento.** El mantenimiento, según Herrera (2018), es un conjunto de operaciones, iniciativas o procesos que solo pueden lograrse si las máquinas funcionan con un alto nivel de eficiencia. La productividad se garantiza con ello. Cuando se trata de conservar los activos en buen estado de funcionamiento, sostiene que el mantenimiento es esencial. (Hill, 2008).
- **Mantenimiento Correctivo.** Como indica Suárez (2018), para restablecer una máquina o pieza de maquinaria a su estado original, el mantenimiento correctivo comienza después de que se haya dañado o dejado de funcionar.

Las quejas sobre el decaimiento, el deterioro o los defectos, o cualquier combinación, deben ser comunicadas al fabricante.

- **Mantenimiento preventivo.** Según Buelvas y Martínez (2014), el mantenimiento preventivo es una serie de actividades programadas para el equipo en funcionamiento, que le permiten funcionar de forma eficiente y segura de la manera más rentable posible, con una tendencia a prevenir fallos imprevistos del equipo.
- **Mantenimiento Predictivo.** Según la experiencia por parte de la institución SENATI (2007), define que el mantenimiento predictivo es uno de los servicios que se ejecuta por el desgaste de componentes o partes de los vehículos y para el cual se requieren análisis, mediciones, pronósticos de parámetros.
- **Disponibilidad.** Es posible cuantificar de manera general el porcentaje de tiempo total que se espera que un equipo esté disponible para realizar la función primaria para la que fue creado utilizando la función de disponibilidad.
- **Confiabilidad.** Vargas (2018), Una probabilidad de que un sistema o un componente funcione correctamente y sin fallos durante un período de tiempo determinado, se define como sigue: la fiabilidad es la probabilidad de que un sistema o producto funcione como se espera.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación estuvo dentro del método hipotético deductivo, porque solucionó problemas que están enfocados en la creación de una hipótesis que fue la guía de investigación y de la selección de datos.

El alcance de la investigación es explicativo, porque buscó las causas por las cuales se da la funcionalidad de los equipos pesados de la Empresa Minera Antamina, además se está explicando dichas causas y los efectos que esta produce.

Este estudio es significativo, ya que el objetivo era generalizar los resultados alcanzados a otras circunstancias comparables, proporcionando así una base de investigación para futuros trabajos o aplicaciones en la empresa.

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio emplea un diseño experimental cuantitativo, ya que examinará el estado anterior del funcionamiento de los equipos pesados durante las tareas de mantenimiento, con el fin de proporcionar métodos para aumentar la disponibilidad de los equipos.

A partir de la información recopilada, se realizaron ajustes para aumentar la disponibilidad de los equipos de la empresa que persigue la disponibilidad tras la introducción del sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y el MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina; a través de una revisión y análisis una muestra, con el objetivo de determinar el diseño más óptimo de programa de mantenimiento.

3.2.1 Alcance de la investigación

Tipo de investigación

Para esta investigación se consideró el tipo de estudio aplicado. con la recopilación de los datos, los estudios y análisis de los datos cuantitativos y también cualitativos, para posteriormente comparar los datos actuales y los posibles obtenidos al implementar el nuevo sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y el MTTR, en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo. Así demostrar la optimización en rendimiento de los componentes y costos operativos para la Empresa Minera Antamina S.A.

Se realizó porque está orientada a la aplicación de conocimientos y a la vez a la adquisición de conocimientos adicionales, siguiendo la implementación y sistematización de prácticas a partir de la investigación y recopilación del estado actual de los equipos pesados en el taller de mantenimiento de la Compañía Minera Antamina.

Nivel de la investigación

El nivel de estudio apropiado es descriptivo, Se realizó la indagación enfocando en las deficiencias de rendimiento de los componentes principales de los camiones de acarreo, así como en el análisis de los costos operativos; lo que conlleva a un aumento en tiempos no operativos y muertos, refiere como consecuencia de los balances financieros alejados de la realidad.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

Para esta investigación se cuenta con 02 modelos de maquinarias de la gran minería que hacen un total de 100 camiones mineros. La población está constituida por los equipos pesados camiones Komatsu 930E y Caterpillar que posee la empresa Antamina S.A. en el periodo 2021.

Tabla 2.

Modelos de equipo

N°	EQUIPO	MODELO
1	Komatsu	930E
2	Caterpillar	793
Total		

Nota: Empresa Minera Antamina 2019

3.3.2 Muestra

Se seleccionaron los equipos pesados camiones Komatsu 930E y Caterpillar involucrados directamente en operación en el periodo 2021.

Siendo el estudio una aplicación a un caso único, se trabajó con la totalidad de la población como unidad de análisis es decir con 100 camiones.

Distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3.

Cantidad de equipos en producción

Nº	EQUIPO	MODELO	TOTAL
1	Komatsu	930E	50 camiones
2	Caterpillar	793	50 camiones
	total		100 camiones

Nota: Registro de Minera Antamina 2019

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas para recolectar datos

Observacional

Cuando se reúne información general sobre el tipo de mantenimiento a realizar y los pasos posteriores, se da la primera indicación de un problema. Fue el personal de mantenimiento del taller quien proporcionó esta información. Se realizó una encuesta entre los gestores de mantenimiento para recopilar esta información.

Análisis documental

Como resultado de un análisis documental en el área de mantenimiento de los equipos pesados de la Empresa Minera Antamina, se pudo determinar la situación que se encuentra el plan de mantenimiento total y cómo se puede utilizar para garantizar que más máquinas estén disponibles y funcionen eficazmente.

3.4.2 Instrumentos

Los siguientes instrumentos fueron utilizados en el proceso de recolección de datos con el propósito de realizar el trabajo de investigación:

- Fichas técnicas.
- Manuales de equipos.
- Historial de fallas.
- Registros anecdóticos de reparaciones.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO Y RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Trabajando con las principales herramientas que están disponibles, se ha procedido y analizado la guía para observar los trabajos que se realizaron como parte del mantenimiento de los componentes de los camiones mineros en la Empresa Minera Antamina. Se propuso recolectar datos de los equipos que se sometieron a trabajos de mantenimiento, que dividen en cuatro elementos clave, como:

- Evaluaciones de las fallas y los procesos de gestión.
- Procesos de la planificación sobre las fallas.
- Facilidades de obtener los repuestos, los materiales y las herramientas.
- Los recursos humanos que están disponibles.

Para ello, se emplearon guía de observaciones en el campo de la investigación tales como el taller de mantenimiento y trabajos en campo de manera aleatoria en un período de 12 meses, valorando cada uno de los criterios enumerados de acuerdo con las guías de observación, cuyos formatos aparecen en los anexos de este trabajo, definiendo hasta cinco niveles o límites en los que al finalizar la observación, se determina el nivel en el que se ubica un determinado proceso, a saber: reactivo, objetivo, proactivo, optimizado, confiable.

Según los datos observados, el proceso debería funcionar a un nivel mínimo entre el nivel óptimo.

4.1.1 Resultado del diagnóstico

Después de revisar los respectivos informes emitidos por la Gerencia de Mantenimiento de la empresa Antamina Minera que se refiere a la flota de camiones de carga de marca Komatsu y de marca Caterpillar, en el que se expresaba la insatisfacción

por parte de la gerencia de mantenimiento por la falta de disponibilidad, lo que, aunque no se criticó en su momento, podría haber previsto uno de los resultados desfavorables para la empresa,

En consecuencia, el equipo sobre el mantenimiento, reconoció la necesidad de aplicar una solución por la baja tasa de disponibilidad de los equipos pesados que había disminuido por primera vez en un 0,3 %, que está por debajo de las disponibilidades objetivos fijados por el área de operaciones de la misma empresa, que estaba fijada en 86.21 %.

De igual manera se puede apreciar, en la disponibilidad target el nivel máximo que se encuentra fue un 85.13 % hay una deficiencia en el área de mantenimiento.

Se aprecia, la variación de las disponibilidades durante el periodo de 2020.

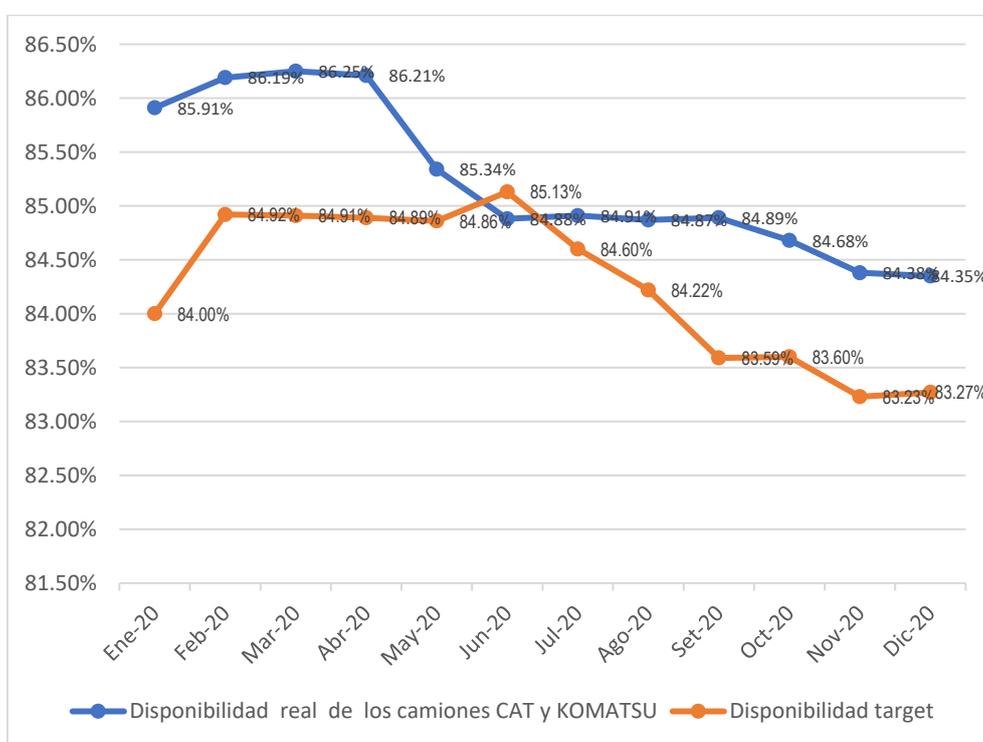


Figura 3. Disponibilidad total de las flotas Camiones CATERPILLAR y KOMATSU, por la Empresa Minera Antamina 2021.

4.1.2 Paradas no programadas acerca de los camiones CATERPILLAR y KOMATSU

Tras revisar los datos existentes en la plataforma DISPATCH, a la que Antamina S.A. tiene acceso, y analizar los motivos por las que las flotas de camiones en cuestión han empezado a mostrar un mal rendimiento, como demuestra la baja disponibilidad, desde julio de 2020.

La principal razón de las paradas no programadas se descubrió mediante la lectura y el análisis, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Tiempo de paradas 2020

Horas por las inoperativas	% del periodo 2020
Por las paradas programadas (PM)	48.00 %
Por las paradas no programadas (NP)	52.00 %
Total	100.00 %

Nota: Área mantenimiento por la Empresa Minera Antamina. 2021.

De acuerdo a la figura 4, se puede evidenciar que el total de horas por las paradas programadas (PM) es de 48.00 % mientras el 52.00 % por las paradas que no son programadas (NP).

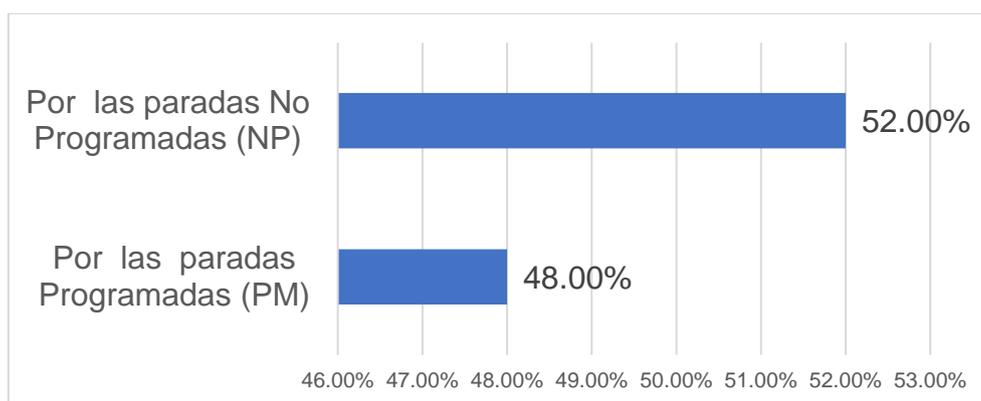


Figura 4. Comparación de paradas de camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

4.1.3 Principal sistema con las posibilidades de fallas críticas

Dado que los camiones mineros que funcionan con la electricidad denominados camiones eléctricos tienen una fuente de energía, también están equipados con los motores Cummins, que, a diferencia de los camiones convencionales, casi nunca fallan en otros componentes; sin embargo, la mayoría de estos fallos se concentran en el motor, lo que lo convierte en un componente crítico para la longevidad del camión. Este componente vital recogió datos estadísticos sobre la cantidad de fallas y el número de las horas que no son programadas.



Figura 5. Motor de camión del área mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

4.1.4 Principales sistemas de los componentes de los motores Cummins en los camiones KOMATSU 930E.

El motor está formado por seis sistemas principales, cada uno de los cuales tiene posibilidades críticas de fallo que se evalúan de forma independiente, permitiendo conocer más sobre el tipo de fallo que se produce durante el funcionamiento.

La siguiente tabla enumera estos sistemas:

Tabla 5.

Sistemas

Sistemas	Porcentaje de averías
Sist. de motor	47.85 %
Sist. admisión de escape	7.40 %
Sist. block culatas	5.52 %
Sist. de combustible	2.54 %
Sist. de refrigeración	2.10 %
Sist. eléctrico - motor	2.12 %
Sist. lubricador de motor	5.10 %

Nota: Área mantenimiento Antamina, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

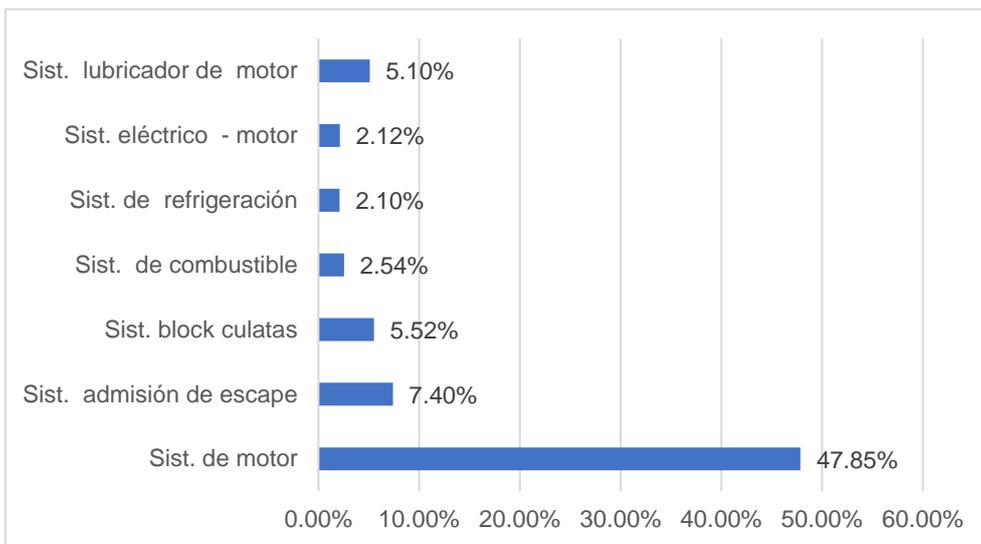


Figura 6. Paradas y averías de los motores y otros sistemas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Hay una serie de paradas en la flota de camiones durante la segunda mitad de 2020, que fueron causadas por una variedad fallas en sistemas de motores. La tabla 6, muestra la frecuencia de las paradas.

Tabla 6.

Paradas por motor de camiones.

Nota: Área mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

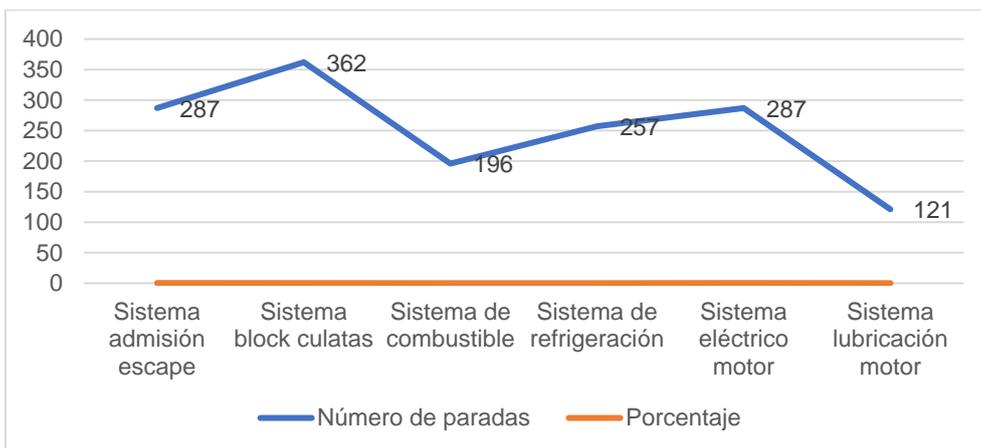


Figura 7. Paradas por motor de camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

La figura 7, muestra que los fallos del sistema block tienen la mayor frecuencia de fallos o paradas, mientras que los fallos de lubricación tienen la menor frecuencia de fallos.

4.1.5 Horas inoperativas en el sistema de los motores

Cuando se habla del sistema motor, es inevitable mencionar el número de horas que estará fuera de servicio, en la segunda mitad de 2020, para cada uno de los sistemas que lo componen; estos datos se extrajeron de la base de datos de mantenimiento de Cía. Minera Antamina.

Tabla 7.

Horas inoperativas por paradas no programadas en motor.

Tipos de fallas	Horas inoperativas	Porcentaje
Sist. admisión de escape	177.65	19.00 %
Sist. block culatas	224.4	24.00 %
Sist. de combustible	121.55	13.00 %
Sist. de refrigeración	158.95	17.00 %
Sist. eléctrico - motor	177.65	19.00 %
Sist. lubricador de motor	74.8	8.00 %
Total	935	100.00 %

Nota: Área mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

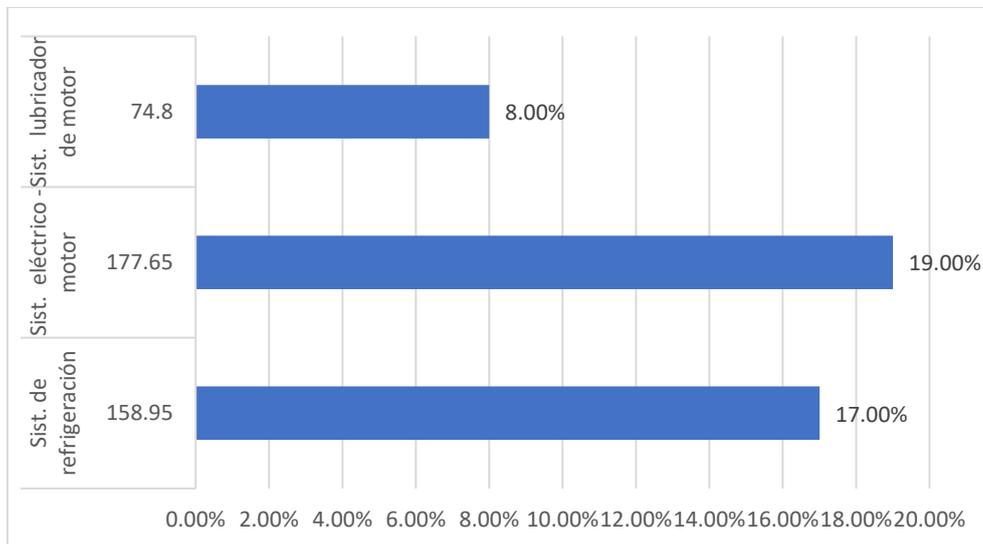


Figura 8. Horas inoperativas por paradas no programadas en motor, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

4.1.6 Costo de los equipos inoperativos.

Tabla 8.

Costo de paradas de camiones.

Tipos de fallas	Horas inoperativas	Costo \$
Sist. Admisión de escape	177.65	\$ 319 770.00
Sist. block culatas	224.4	\$ 403 920.00
Sist. de combustible	121.55	\$ 218 790.00
Sist. de refrigeración	158.95	\$ 286 110.00
Sist. eléctrico - motor	177.65	\$ 319 770.00
Sist. lubricador de motor	74.8	\$ 134 640.00
Total	935	\$ 1 683 000.00

Nota: Área mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

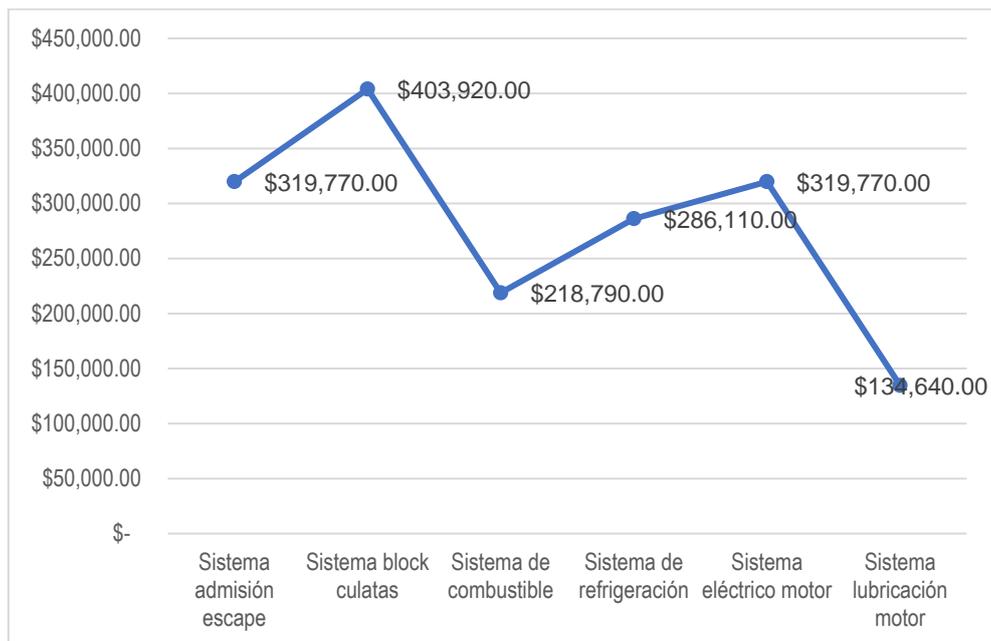


Figura 9. Costo de paradas de camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Para la Empresa Minera Antamina- área de mantenimiento, cada hora inoperativa de los camiones de acarreo tiene un costo de 1 800 dólares.

Como un resultado que sabemos que, en el segundo semestre de 2020, el costo de paradas no programadas aumentará a 1 683 000.00 dólares, solamente para paradas no relacionados con el motor del sistema.

4.1.7 Determinación sobre los tiempos promedios sobre las reparaciones y las disponibilidades operativas de los camiones de acarreo.

Se examinó el rendimiento de los indicadores críticos de mantenimiento, la disponibilidad y el tiempo medio entre fallos (MTTR), utilizando una tecnología que recogía datos sobre las horas de funcionamiento perdidas debido al mantenimiento no planificado de la flota de camiones (tiempo medio de reparación).

Los indicadores individuales contienen información relevante que debe interpretarse para proponer las principales alternativas para la mejora en el rendimiento de la flota de camiones, con especial énfasis en los modos de fallo más frecuentes.

4.1.8 Análisis de tiempos promedios de la reparación

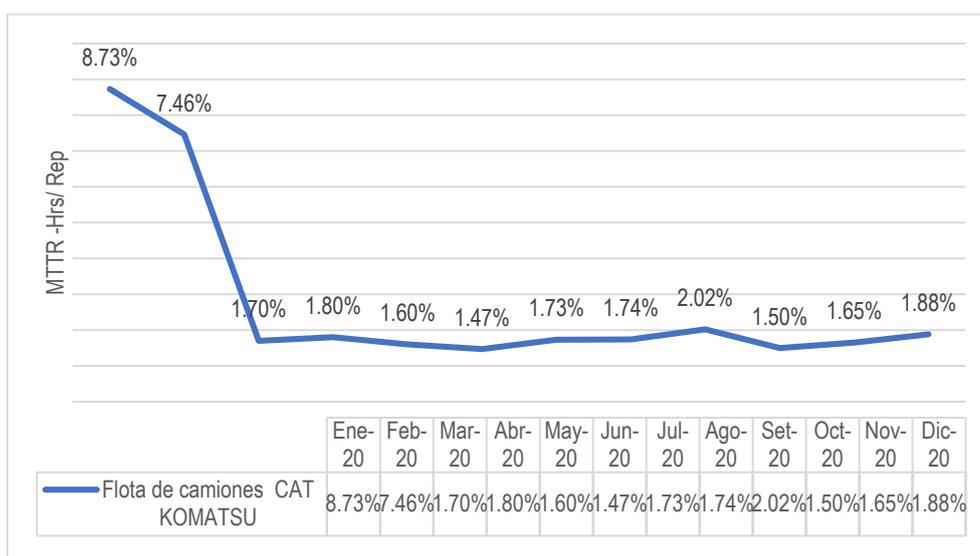


Figura 10. Comportamiento de los tiempos promedios de reparación de componentes de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

La figura 10, ilustra el comportamiento de los tiempos de mantenimiento de la flota de vehículos de transporte en el año 2020 en enero y febrero; este indicador fue de 8,73 Horas/rep. y 7,46 Horas/rep. respectivamente. Un valor significativamente superior a estas cifras se justifica por las perturbaciones esporádicas que se produjeron o provocaron cambios en los componentes principales durante estos meses, lo que hizo necesario un tiempo adicional de inactividad.

Aunque un bajo tiempo medio de reparación (MTTR) indica que el área de mantenimiento, ha completado las reparaciones a un ritmo óptimo de acuerdo con los objetivos del personal de ejecución, en el análisis de los siguientes meses podemos ver que el tiempo medio de reparación (MTTR) mínimo fue de 1,47 horas por reparación y

el tiempo medio máximo de reparación fue de 2,02 horas por reparación. Estos tipos de dificultades se deben investigarse a fondo para reducir o eliminar sus consecuencias y consecuencias.

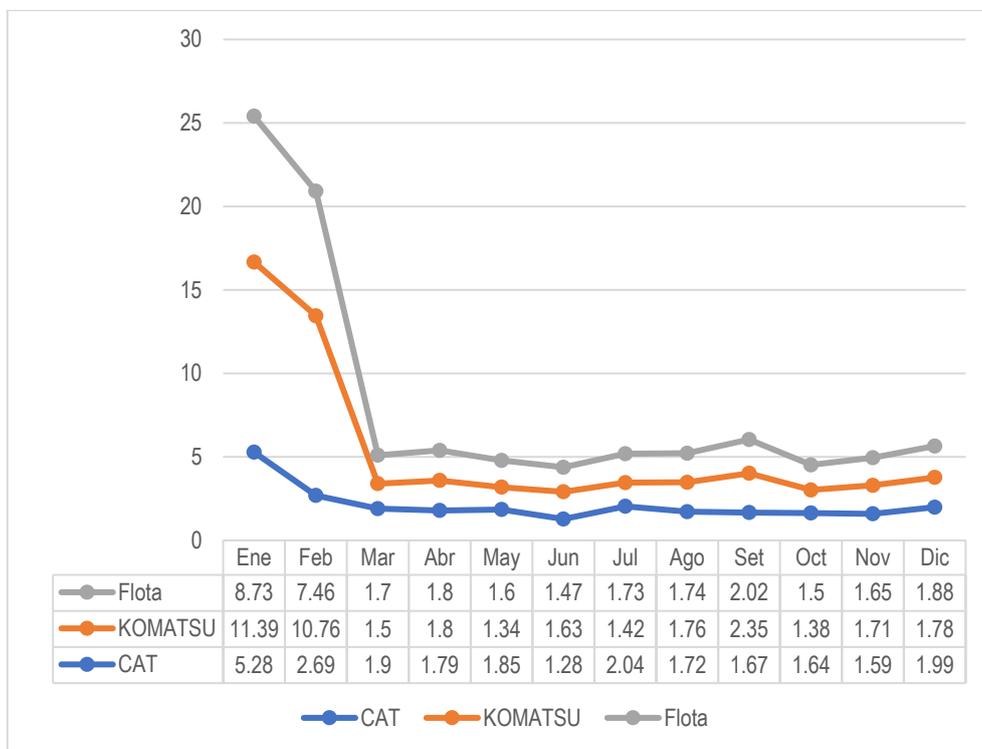


Figura 11. Tendencias de la MTTR en Camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En la figura 11, el rendimiento de la flota de camiones mineros durante 2020 se muestra comparando los modelos de equipo que forman parte de la flota. Se puede ver que, durante los meses de enero y febrero, el modelo KOMATSU tuvo el valor más alto de MTTR con 11,3 Horas/rep y 10,7 Horas/rep, respectivamente, mientras que el MTTR para la flota CAT obtuvo valores de 5,28 Horas/rep y 2,69 Horas/rep durante los meses de enero y febrero. Basándose en los datos presentados, se puede concluir que la flota de CAT experimentó un aumento del tiempo de inactividad como resultado de importantes reparaciones al equipo. Aunque los valores de la flota KOMATSU fueron más altos en los últimos dos meses del año en comparación con el resto del año, esto también podría indicar que las reparaciones y el diagnóstico y/o la solución compleja fueron más comunes durante este periodo de tiempo.

Tendencia del MTTR por Flota

El MTTR, como se puede ver, produce resultados acerca de los valores similares para ambos camiones mineros Komatsu y CAT en los meses posteriores a febrero, lo que permite extraer conclusiones similares, según la figura 11. KOMATSU se presentó con un MTTR de 2,20 Horas / rep y un CAT y un MTTR de 3,99 Horas / rep, condicionado a la experiencia y habilidad del personal para la ejecución y reparación inmediata de la flota KOMATSU, caso contrario que se produzcan fallos recurrentes que no se resuelven de forma oportuna, lo que es una mala calidad de reparación. Basándose en un análisis general del MTTR, en el que se pueden seleccionar generalmente los principales valores mensuales para cada uno de los equipos y modelos de flota en general.

Tabla 9.

Cuadro resumen del MTTR por Flota

MTTR (Horas / Rep)	CAT	KOMATSU	Flota
Enero	5,28	11,39	8,73
Febrero	2,69	10,76	7,46
Marzo	1,9	1,5	1,7
Abril	1,79	1,8	1,8
Mayo	1,85	1,34	1,6
Junio	1,28	1,63	1,47
Julio	2,04	1,42	1,73
Agosto	1,72	1,76	1,74
Setiembre	1,67	2,35	2,02
Octubre	1,64	1,38	1,5
Noviembre	1,59	1,71	1,65
Diciembre	1,99	1,78	1,88
Total	25,44	38,82	33,28

Nota: Área mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

4.1.9 Análisis de la disponibilidad operativa

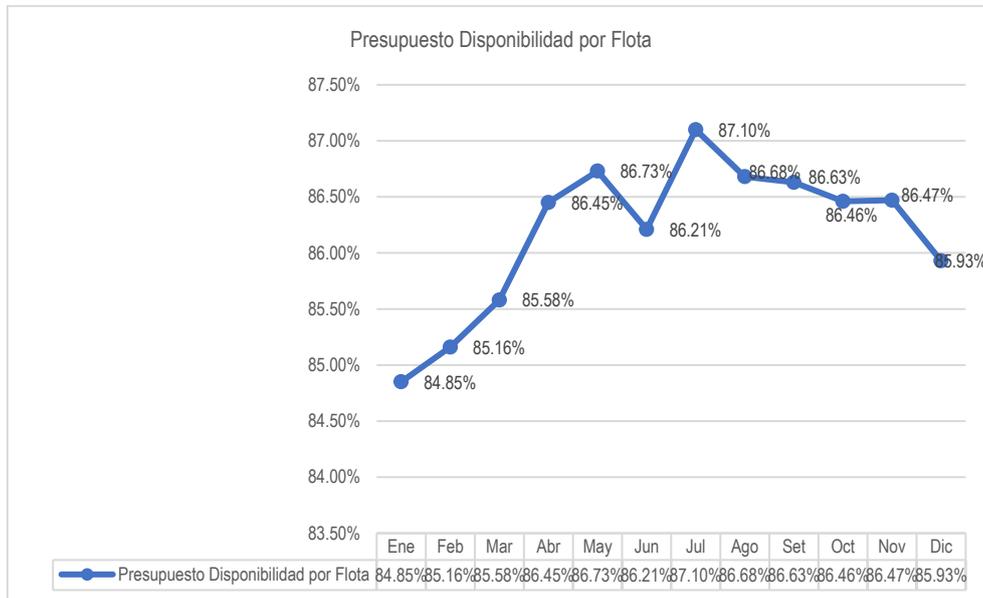


Figura 12. Presupuesto Disponibilidad por Flota, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Realizamos un análisis similar de MTTR utilizando un método deductivo para otro de los indicadores claves en el proceso de análisis y de las disponibilidades operativas de los equipos. En este caso, la Figura 12 muestra el comportamiento de la disposición a lo largo de 2020 con el mes de enero y febrero excluidos. para lograr tasas de disponibilidad del presupuesto que sean significativamente inferiores a los valores esperados del 84,5 % y del 85,16 %, respectivamente.

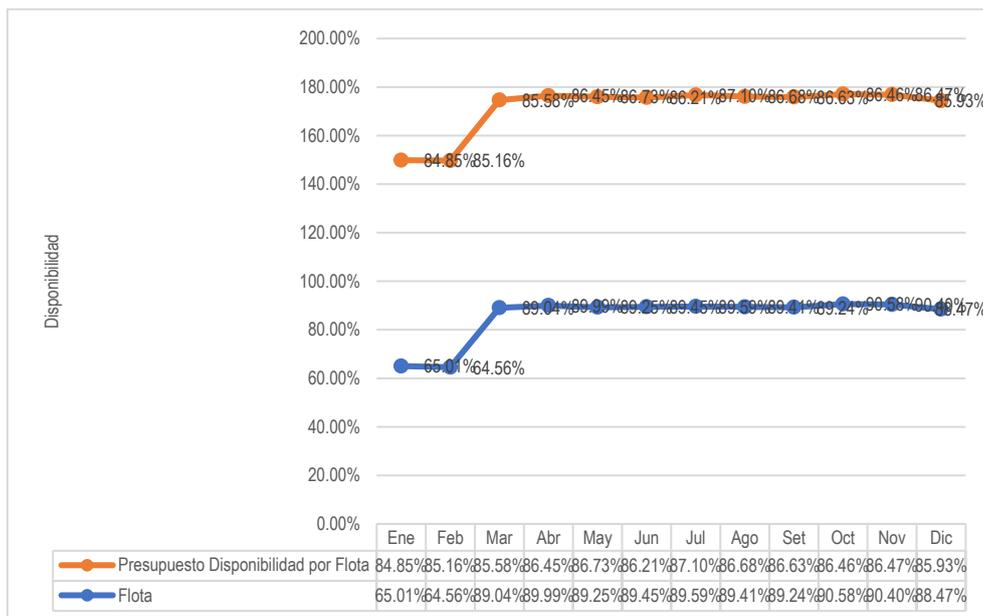


Figura 13. Tendencias de las Disponibilidades Operativas de los Camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Por lo tanto, la situación de las reservas ha mejorado de manera significativa a partir del mes de marzo, cuando la disponibilidad prevista superó hasta un 04 punto porcentual en varias ocasiones (ver tabla). La figura 13 muestra que se registraron valores inferiores de los productos deseables en los meses de enero y febrero, con un 48,58 % y un 46,56 % de manera respectiva, de las disponibilidades de este modelo con un aumento y un valor más alto, con un 86% de las disposiciones principales que son valor más alto. Tras las evaluaciones respectivas del personal de planificación, las estrategias han determinado que los resultados de esta mejora de la baja fiabilidad. El hecho de que esta sustitución de instalación es un caso especial de la empresa que debe tenerse en cuenta; sin embargo, esta ventaja no se aplica de la misma forma en otras empresas mineras.

Tabla 10.*Resumen de la disponibilidad operativa de la flota de camiones mineros durante 2020*

Fecha	KOMATSU	CAT	Flota	Presupuesto Disponibilidad por Flota	Variación de Disponibilidad
Enero	78,70 %	48,57 %	65,01 %	84,85 %	-19,84 %
Febrero	84,32 %	40,56 %	64,56 %	85,16 %	-20,60 %
Marzo	83,53 %	91,92 %	89,04 %	85,58 %	3,46 %
Abril	90,35 %	89,51 %	89,99 %	86,45 %	3,54 %
Mayo	89,02 %	89,55 %	89,25 %	86,73 %	2,52 %
Junio	90,64 %	87,85 %	89,45 %	86,21 %	3,24 %
Julio	90,22 %	88,74 %	89,59 %	87,10 %	2,49 %
Agosto	90,52 %	87,93 %	89,41 %	86,68 %	2,73 %
Setiembre	90,22 %	87,92 %	89,24 %	86,63 %	2,61 %
Octubre	91,46 %	89,41 %	90,58 %	86,46 %	4,12 %
Noviembre	91,28 %	89,23 %	90,40 %	86,47 %	3,93 %
Diciembre	89,83 %	86,66 %	88,47 %	85,93 %	2,54 %
Total	88,66 %	82,39 %	85,83 %	86,94 %	-1,11 %

Nota: Área mantenimiento por la Empresa Minera Antamina. 2021.

La evaluación y el diseño de la operación del MTTR ha llegado a una conclusión general. Se puede evidenciar, tras una mejora de una manera muy significativa en la reserva a partir del mes de marzo del año 2020, un solo aumento alcanzado de acuerdo con la aplicación del plan de mejora en los procesos de reparación se tiene que tratar como un resultado exitoso del MTTR. donde aparece como una de las causas de los equipos de altas frecuencias y las reparaciones de mala calidad ejecutados por los empleados.

4.1.10 Casos críticos antes de implementación acerca del sistema dispatch

Con la finalidad de poder entender el tema vamos a proponer ejemplos, los cuales nos permitirán demostrar de forma clara y comprensible cómo el no asistir a un pequeño error puede culminar en una falla crítica detuvieron el trabajo, afectando la disponibilidad de equipos.

Caso 1.

El 28 de julio de 2020 a las 02:23 de la mañana, el operador del camión CAT informó de un bajo nivel de aceite del motor, y el motor del equipo se apagó inmediatamente.

Al llegar al lugar, el área de mantenimiento evalúa el equipo y descubre una fuga de aceite en la parte baja del motor, con un reguero de aceite que llega a 15 metros hasta la parte trasera del camión causada por un bloqueo producido mientras el equipo estaba en movimiento.

Tras descargar los datos del ECM, se determinó que una temperatura elevada en el cilindro 9RB, causó la fractura del muelle del inyector, lo que provocó una inyección excesiva de combustible en la cámara de combustión, la dilución del aceite, la pérdida de la película lubricante y el posterior contacto del cilindro con el metal sin la lubricación adecuada, provocando su rigidez.

El remolque se utilizó para llevar el equipo a la reparación después de que el motor averiado hubiera cumplido 13.448 horas de funcionamiento.

El 31 de julio de 2020, a las 14:37, el equipo salió del taller, acumulando un total de 84,23 horas de detención en el proceso.



Figura 14. Tomas aéreas de la ubicación del tajo norte con referencia a las coordenadas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

PRESUPUESTO PR.N° 0015-16

31 de agosto de 2015

OS	:	200039611		
CLIENTE	:	COMPANIA MINERA ANTAMINA S.A		
TEL/FAX.	:			
AT.	:	Ing° Armando Moyonero / Daniel Bernuy		
CC.	:			
REFER.	:	Tipo Reparación	General	Motivo
		Componente	Motor	OH
		Modelo	QSK78	Cargo
		Serie	66302434	Equipo
		Horas Comp.	13,448.0	Camion OHT
				Cod. Cliente
				HT089
				Horas Equipo
				13,457.0

Estimados señores:

Por la presente les hacemos llegar el presupuesto por la reparación en nuestro MRC HHP del motor indicado en la referencia.

1 Trabajos a realizar en nuestros Talleres:

- 1.1. Desarmado de motor
- 1.2. Elaboracion de listado de repuestos y de trabajos de terceros
- 1.3. Reparacion de motor
- 1.4. Prueba de motor en dinamómetro.

2 Presupuesto de reparación:

2.1. Mano de obra reparación	US\$	43,425.00
2.2. Varios		3,386.00
2.3. Trabajos de terceros		24,166.00
2.4. Repuestos Reparación Std		515,700.50
2.5. Descuento Culatas (18 und mejora de producto)		-31,500.00
2.6. Devolución cores		-46,674.00
	Sub Total Reparacion Std US \$	508,503.50
2.7. Repuestos Adicionales		
2.7.1. Repuestos Faltantes		2,904.76
	Sub total Adicionales US \$	2,904.76
2.8. Mejora de Producto		
2.8.1. Repuestos de riel de combustible	Qty 1.00	0.00
	Sub total Mejora de Producto US \$	0.00

Total Reparacion US \$ 511,408.26

Mas IGV

Figura 15. Presupuestos de reparaciones emitidos por la Empresa Minera Antamina Cummins Perú. 2021.

Caso 2.

Cuando hay humo excesivo que proviene del tubo de escape delantero y un ruido extraño (golpeo) que proviene dentro del motor, se determina que el embrague debe ser inspeccionado.

Se descubrió que había aceite entre el múltiple de escape y el turbo delantero derecho RBR. Se inspeccionó la centrifuga, y se descubrieron partículas metálicas. Se

desmontaron las fundas de los equilibradores 1, 2, y 3 RB, y se descubrió la rosca de inyección 2RB rota, lo que hizo que la inyección se rompiera, permitiendo la filtración del aceite a los depósitos posteriores.

Los componentes que se dañaron incluyen: el extractor de inyectores y el inserto de guía del extractor de inyectores.



Figura 16. Varilla de empuje de inyector, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

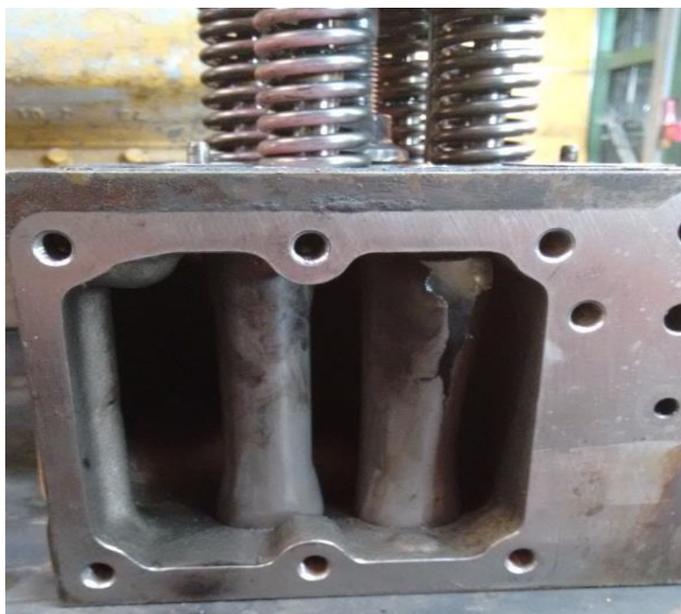


Figura 17. Inserto guidor de varilla de inyector, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Tabla 11.

Reportes de fallas preliminar.

ANTAMINA		REPORTE DE FALLA PRELIMINAR						Mantenimien toMina																			
		FRACTURA VARILLA DE EMPUJE DE INYECTOR																									
EQUIPO:	HT110	FLOTA:	930	FECHA DE REPORTE:	31/07/2015	TIEMPO DETENCION	11	NUMERO DE REPORTE:																			
FECHA DE FALLA :	27/07/2015	Inicio	3:36	Fin:																							
1. DESCRIPCIO																											
Origen del análisis de falla																											
La falla se ha presentado antes? (Indicar frecuencia)																											
Se ha detectado alguna condición operativa anormal?																											
¿Afecta a la seguridad o medio ambiente?																											
2. ALCANCE DE LA DESCRIPCIO																											
Describir la																											
Motor presenta excesivo humo en el tubo de escape posterior y ruido extraño (golpeteo) en el interior, se determina inspeccionar culatas																											
Se encontro aceite entre el múltiple de escape y turbo posterior derecho RRR. Se inspeccionó el centrifugo, encontrando partículas metálicas																											
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	6												
1	2	3	4	5	6																						
Evento 1	ROTURA DE VARILLA DE INYECTOR (REUSADO, TIENE 10336				Evento 4	HUMO EN EXCESO POR TUBO DE ESCAPE																					
Evento 2	ROTURA DE INSERTO DE VARILLA				Evento 5	BLOW BY ELEVADO.																					
Evento 3	PASE DE ACEITE A AFTERCOOLER				Evento 6																						
Componentes Dañados																											
Item 1	VARILLA DE EMPUJE DE INYECTOR				Item 4																						
Item 2	ROTURA DE INSERTO DE VARILLA DE INYECTOR				Item 5																						
Item 3					Item 6																						
3. ALCANCE DE LA DESCRIPCIO																											
Describir la accion correctiva																											
Componentes Cambiados																											
Item 1					Item 4																						
Item 2					Item 5																						
Item 3					Item 6																						
Se ha realizado algunas pruebas																											
EN PROCESO DE																											
4. PROBABLE CAUSA DE LA DESCRIPCIO																											
Describir las probables causas:																											
DAÑO A LA PARTE FRACTURADA NO PERMITE DETERMINAR LA CAUSA. HA SIDO BORRADO DEBIDO AL TRABAIO POSTERIOR																											
5. OPORTUNIDADES DESCRIPCIO																											
Describir las																											
ENVÍO DE PARTE FRACTURADA A EVALUACIÓN METALGRÁFICA PARA DETERMINAR POSIBLE FALLA DE																											
6. DESCRIPCIO																											
1	SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS A REALIZAR DE LAS PARTES.																										
2																											
7.																											
HT110																											
COMPONENT METALOGRAPHY DATA																											
EQUIPOID	COMPONENTE	ESTADO	FECHA	Oil Hour	Comp. Hour	Fe	Al	Cu	Pb	Sn	Cr	Si	Na	K	PQ	TBN	Wat	Dilu	Visq	Soot	Oxi	Nit	Sulf	Filtro	Rejilla	ELC	VIM
HT110	HT110EN032	Operation	7/12/2015	432	1441	9.5	0.9	1.3	1.1	0.0	0.30	2.0	2.5	1.1	25	0.0	0.00	14.9	0.39	4.67	7.80	12.34					
			7/11/2015	276	1284	0.2	1.0	1.3	0.6	0.3	0.20	1.9	2.6	1.0	31	0.0	0.00	14.9	0.37	3.13	6.32	10.45					
			6/27/2015	514	1009	17.2	1.2	2.5	2.3	0.0	0.40	4.6	3.1	1.8	26	0.0	0.00	14.9	0.59	4.91	8.59	15.77	NO				
			6/26/2015	487	982	16.9	1.2	2.2	2.3	0.3	0.40	4.2	2.6	0.9	23	8.46	0.0	0.00	14.6	0.59	4.99	8.74	15.76				
			6/14/2015	280	775	10.6	1.1	1.4	0.7	0.0	0.30	4.8	2.5	1.5	18	0.0	0.00	14.2	0.42	3.22	6.93	10.82	PMMA				
			6/13/2015	240	735	9.5	1.0	1.3	1.0	0.0	0.20	2.2	2.3	1.5	20	0.0	0.00	14.5	0.36	2.70	6.44	9.84					
			5/31/2015	439	495	15.3	1.0	2.3	1.0	0.0	0.20	4.8	2.3	1.2	28	9.0	0.00	14.4	0.41	3.99	7.71	10.92	NO				
			5/29/2015	393	450	15.3	1.0	2.3	1.0	0.0	0.20	5.0	2.3	1.0	26	8.08	0.0	0.00	14.4	0.43	3.22	7.19	10.85				
			3/19/2015	253	253	9.3	1.0	2.7	1.4	0.2	0.20	4.9	2.9	2.0	22	0.0	0.00	14.4	0.27	1.85	4.51	6.26					

Nota: Empresa Minera Antamina, 2021.

4.1.11 Controles de la propuesta de solución

El sistema DISPATCH se usa para mejorar el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio entre reparaciones en el programa de mantenimiento de los componentes de los camiones de transporte; sin embargo, diseñamos mecanismos para supervisar y comparar los resultados de la implementación con los objetivos establecidos.

La figura 18, ilustra la disponibilidad media mensual de los camiones de transporte a lo largo de un año y el valor deseado que se debe alcanzar.

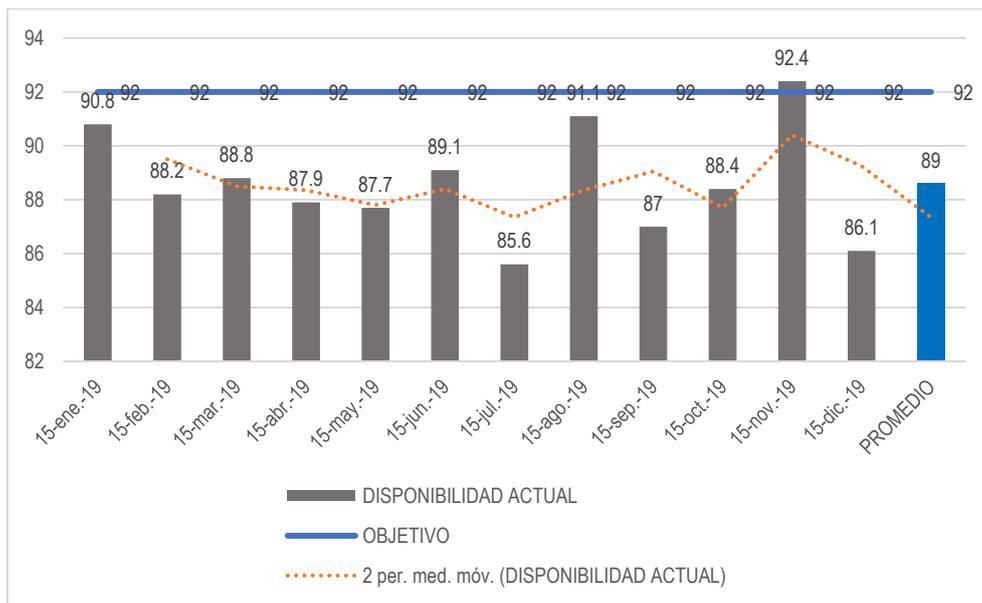


Figura 18. Disponibilidad mecánica de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

El nuevo enfoque dará lugar a un objetivo de disponibilidad del 92 %. Esta mayor disponibilidad se traduce en un aumento de las horas de trabajo de los camiones y, por tanto, de los ingresos. MTBF (Horas): El tiempo medio entre fallos es una métrica que indica el tiempo medio entre fallos sucesivos no planificados durante el transcurso de la operación.

En la figura 19, se muestra el valor medio del MTBF para un año, junto con el valor objetivo.

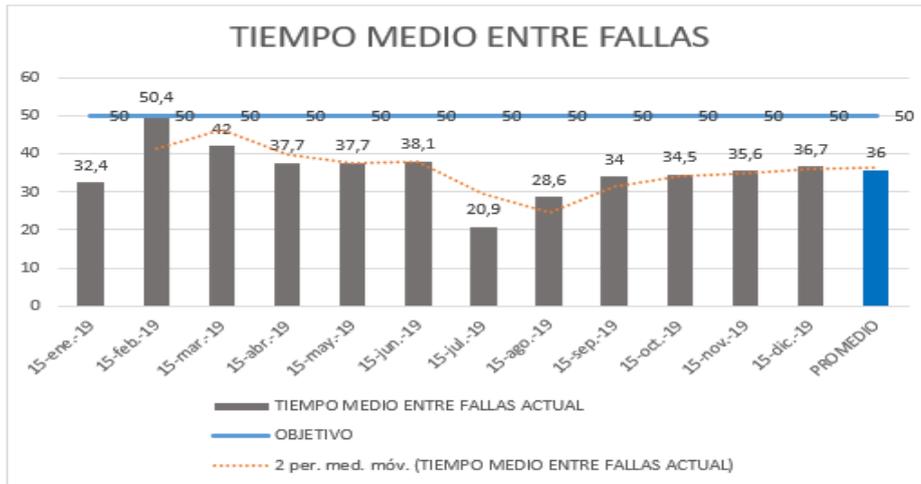


Figura 19. MTBF promedio de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

MTRR (Horas): La indicación del tiempo medio de reparación (MTRR) indica la capacidad de reacción del equipo de mantenimiento en términos de tiempo (horas) necesario para resolver una avería imprevista.

En la figura 20 se muestra el valor medio del MTTR a lo largo de un año, junto con el valor objetivo.

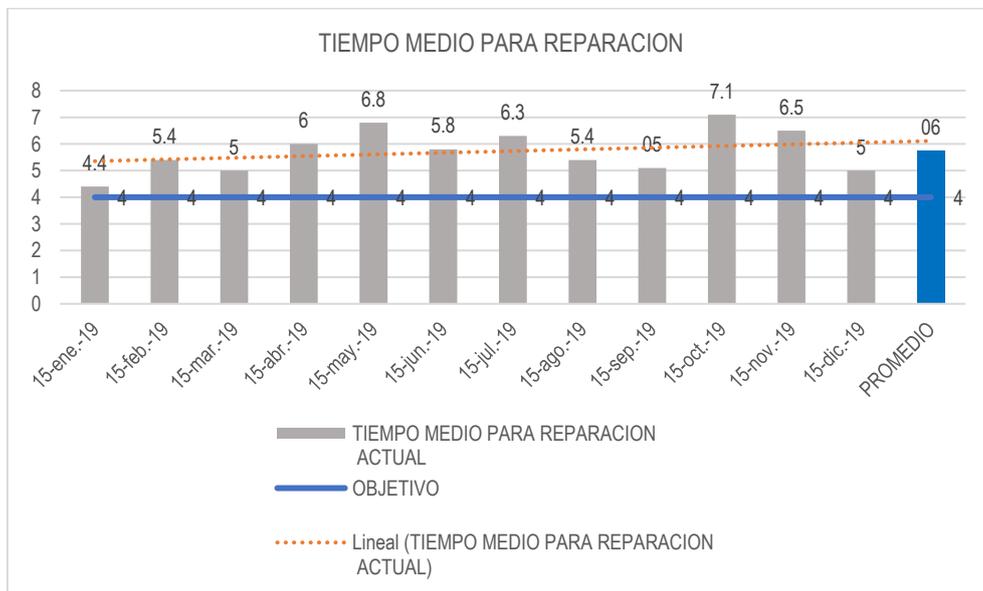


Figura 20. MTTR promedio de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Número paradas programadas versus no programadas

Es la relación entre los sucesos planificados y los no programados en un período de un mes, expresada en forma de porcentaje. El sistema de dispatch permite ampliar los sucesos planificados anticipando los imprevistos mediante el despliegue de un plan de mantenimiento basado en el análisis del modo de fallo.

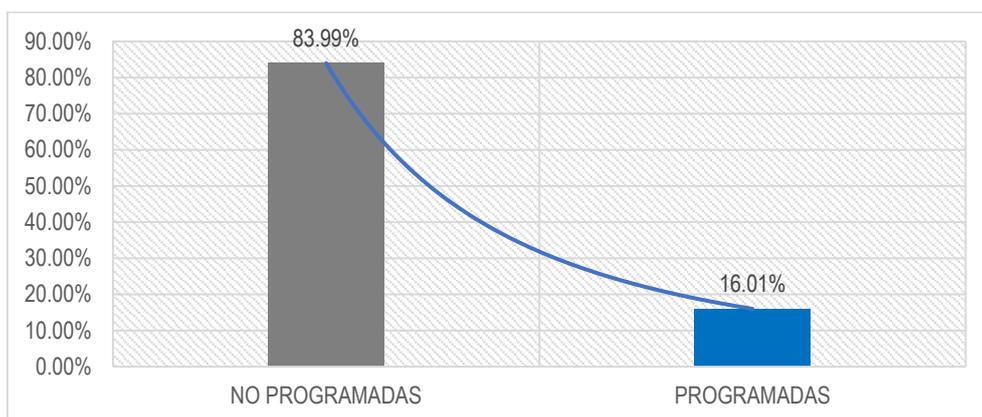


Figura 21. Porcentaje de paradas programadas versus no programadas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En la figura anterior indica la relación entre las pausas planificadas y las no planificadas.

Del mismo modo, el siguiente gráfico compara el número de ocurrencias planificadas frente a las no planificadas.

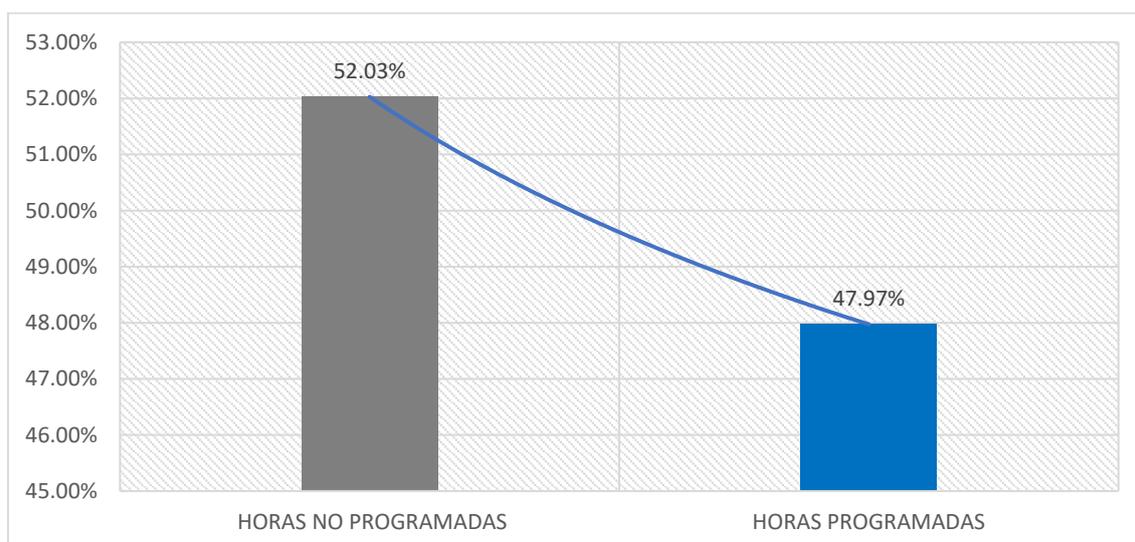


Figura 22. Cantidad de horas de paradas programadas versus no programadas por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Según el historial actual del taller de mantenimiento de la empresa Antamina, los eventos planificados representan solo el 16 % de todos los eventos, aunque duran casi tanto como los no programados. El objetivo es aumentar el número de eventos planificados manteniendo su eficacia en términos de tiempo de ejecución. Fiabilidad: Es una métrica que indica la probabilidad de que un equipo funcione sin fallos inesperados durante 24 horas consecutivas.

La figura 23 ilustra la fiabilidad media de los vehículos durante un periodo de 12 meses y el valor objetivo que se debe alcanzar.

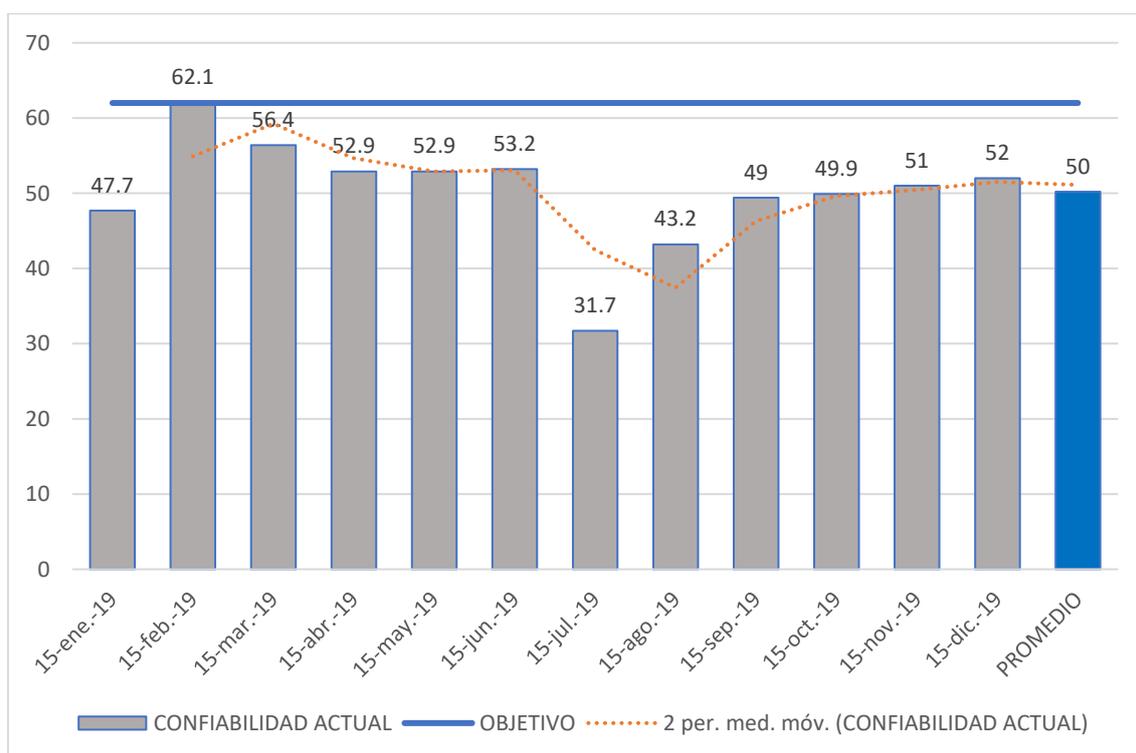


Figura 23. Confiabilidad promedio de los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Utilizando los datos actuales de los camiones, descubrimos que los camiones pueden tener una alta disponibilidad y a la vez ser poco fiables. En la actualidad, la operación minera de Antamina no mide la fiabilidad; en su lugar, Komatsu y Caterpillar gestionan la relación con el cliente únicamente sobre la base de la disponibilidad mecánica. Sin embargo, sugerimos que se controle la fiabilidad utilizando el nuevo enfoque de mantenimiento basado en el RCM.

Tabla 12.

Costo de mantenimiento antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH de MTBF y MTTR

Tipo de fallas	ANTES DE LA APLICACIÓN		DESPUES DE LA APLICACIÓN	
	Horas	Costo \$	Horas	Costo \$
	Inoperativas		Inoperativas	
Sistema admisión escape	177,65	\$ 319 770,00	77,61	\$ 139 698,00
Sistema block culatas	224,4	\$ 403 920,00	24,2	\$ 43 560,00
Sistema de combustible	121,55	\$ 218 790,00	21,55	\$ 38 790,00
Sistema de refrigeración	158,95	\$ 286 110,00	58,96	\$ 106128,00
Sistema eléctrico motor	177,65	\$ 319770,00	177,65	\$ 319 770,00
Sistema lubricación motor	74,8	\$ 134 640,00	74,8	\$ 134 640,00
TOTAL	935	\$ 1 683 000,00	434,77	\$ 782 586,00

Nota: Área mantenimiento por la Empresa Minera Antamina. 2021.

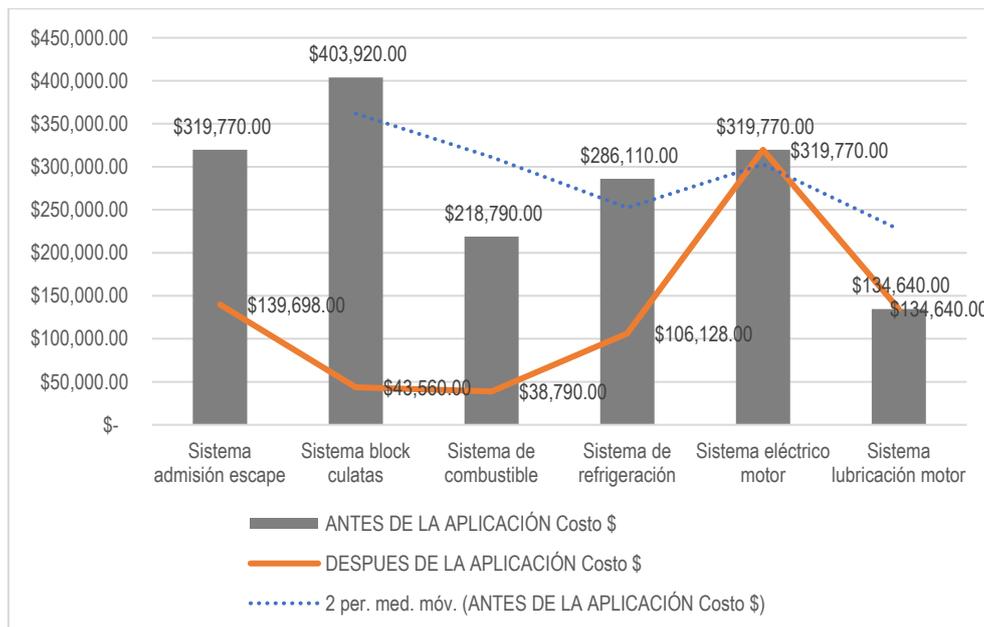


Figura 24. Costo de mantenimiento antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH de MTBF y MTTR

Nota: Área mantenimiento por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En el siguiente resultado, se puede apreciar que disminuyó el costo de mantenimiento de los componentes de manera significativa; por lo tanto, la investigación es viable.

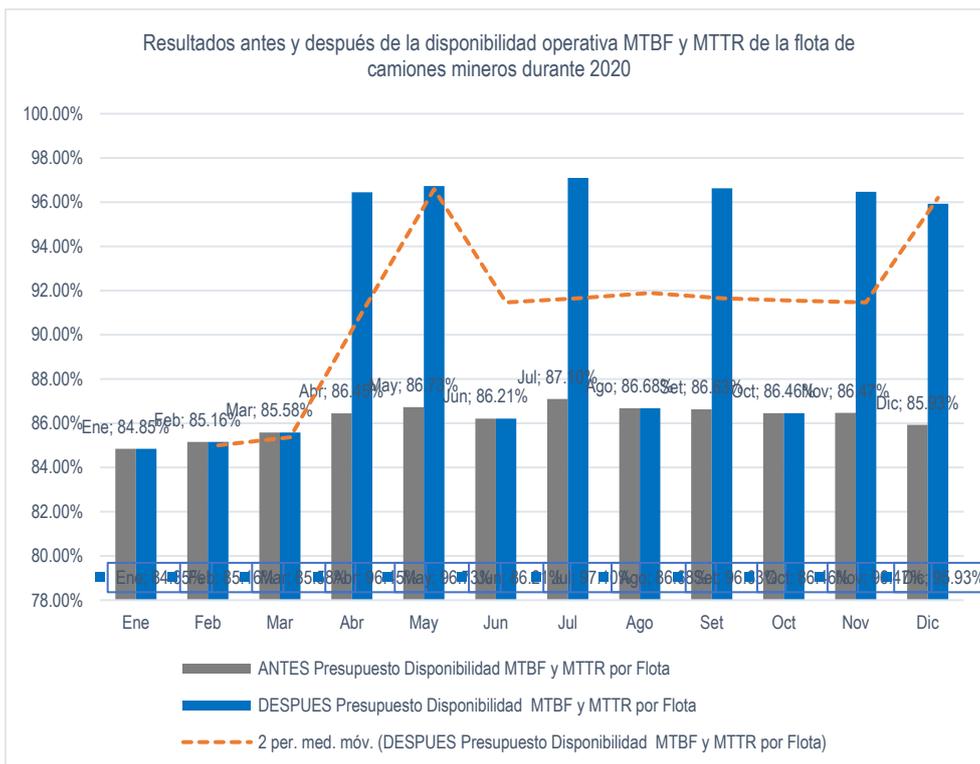


Figura 25. Resultados antes y después de la disponibilidad operativa de la flota de camiones mineros durante 2020.

Nota: Área mantenimiento por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Según los resultados, se pueden evidenciar que después de la aplicación del sistema DISPATCH, mejora de manera significativa el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina; por lo tanto, la empresa minera mejora en su programa de mantenimiento, así mismo reduce los costos de mantenimiento mejorando de un 86.21 % a un máximo 97.10 % de la disponibilidad mecánica.

Tabla 13.

Resultados de la Disponibilidad MTBF y MTTR antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH

FECHA	ANTES			DESPUES			Variación de Disponibilidad
	KOMATSU	CAT	Disponibilidad MTBF y MTTR	KOMATSU	CAT	Disponibilidad MTBF y MTTR	
Ene	78.70 %	48.57 %	63.64 %	92.70 %	90.57 %	91.64 %	-28.00 %
Feb	84.32 %	40.56 %	62.44 %	90.32 %	90.56 %	90.44 %	-28.00 %
Mar	83.53 %	91.92 %	87.73 %	89.53 %	91.92 %	90.73 %	-3.00 %
Abr	90.35 %	89.51 %	89.93 %	92.35 %	89.51 %	90.93 %	-1.00 %
May	89.02 %	89.55 %	89.29 %	87.02 %	95.55 %	91.29 %	-2.00 %
Jun	90.64 %	87.85 %	89.25 %	95.65 %	97.85 %	96.75 %	-7.51 %
Jul	90.22 %	88.74 %	89.48 %	97.22 %	98.74 %	97.98 %	-8.50 %
Ago	90.52 %	87.93 %	89.23 %	97.52 %	97.93 %	97.73 %	-8.50 %
Set	90.22 %	87.92 %	89.07 %	96.22 %	97.92 %	97.07 %	-8.00 %
Oct	91.46 %	89.41 %	90.44 %	94.46 %	89.41 %	91.94 %	-1.50 %
Nov	91.28 %	89.23 %	90.26 %	98.28 %	89.23 %	93.76 %	-3.50 %
Dic	89.83 %	86.66 %	88.25 %	95.84 %	96.66 %	96.25 %	-8.01 %
Total	88.66 %	82.39 %	85.53 %	98.66 %	98.39 %	98.53 %	-13.00 %

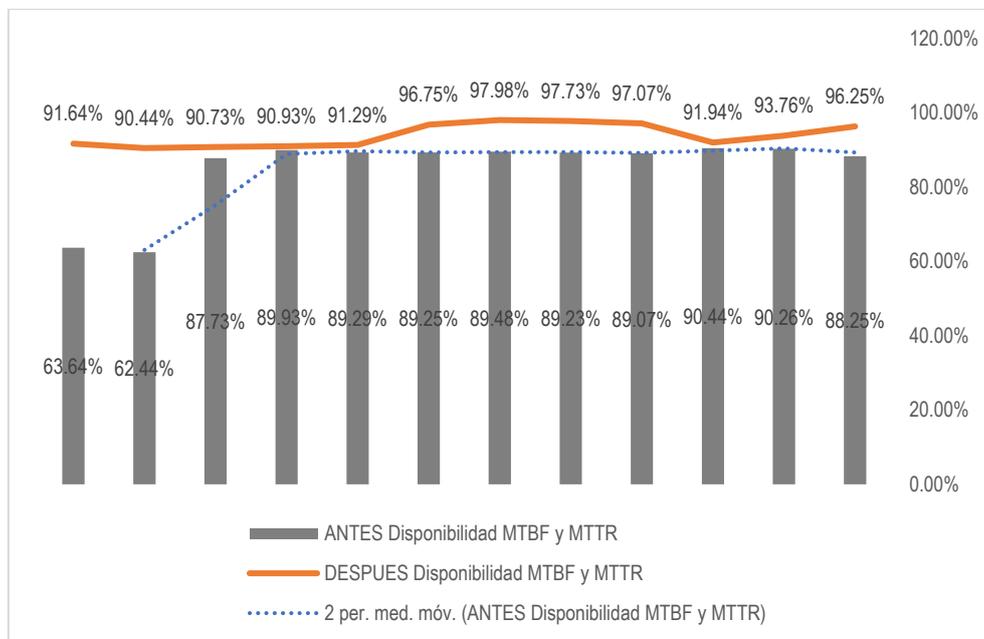


Figura 26. Resultados de la Disponibilidad MTBF y MTTR antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH

Nota: Área mantenimiento por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Según los resultados se puede evidenciar que antes de la aplicación del sistema DISPATCH el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina, en el mes de enero estuvo con un 62.44 % y en el mes octubre con un 90.44 % de disponibilidad de los componentes. Después de la implementación del sistema DISPATCH el MTBF y MTTR, mejoró considerablemente la disponibilidad de los componentes de 90.44 % hasta un 97.98 % durante la operación y producción.

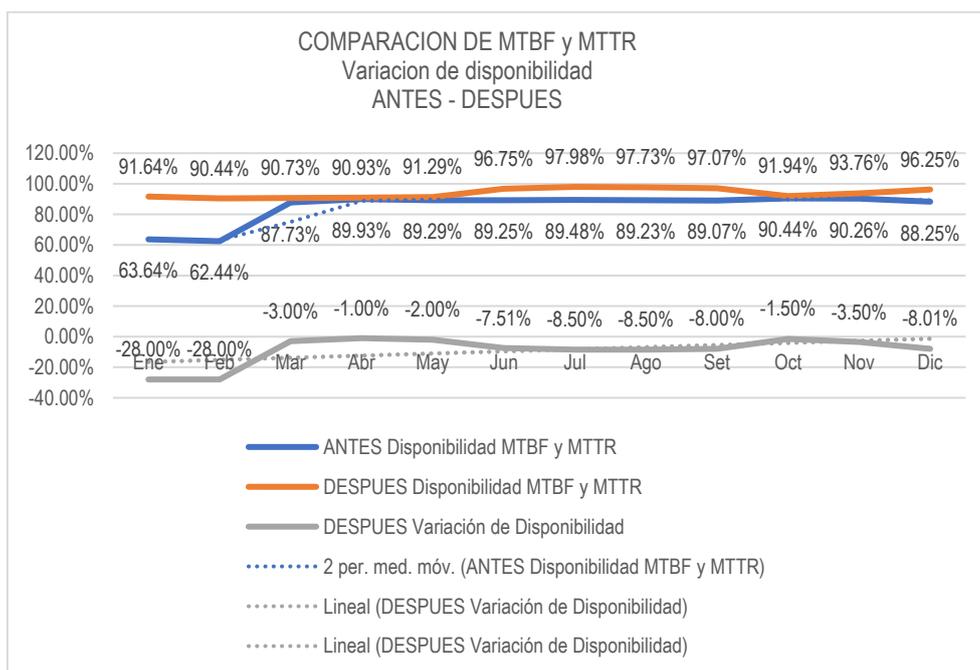


Figura 27. Resultados diferencia de la disponibilidad MTBF y MTTR antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH.

Según los resultados se pueden evidenciar que, antes y después de la aplicación del sistema DISPATCH el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina, la diferencia de mejora fue en el mes de enero -28.00, mientras en el mes de diciembre la diferente fue de 8.01 % de mejora de MTBF y MTTR; es decir con la implementación mejoró la vida útil y la disponibilidad en la producción.

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

La implementación de este proyecto se cuenta con los valores de costo de implementación y costo mensual por el servicio de monitoreo.

Tabla 14.

Costo de cambio de los componentes en los camiones Mineros

EQUIPOS	COSTO DE COMPONENTES	Repuestos adicionales	MTBF		MTTR		HRS POR MES			HRS POR MES			Numero trabajadores	Costo por hora de reparación	Costo total mano de obra	Costo total		
			Antes	Después	Antes	Después	Numero de errores			Tiempo de reparación						Antes	Después	Ahorro
							Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro						
CAMBIO CILINDRO DE DIRECCIÓN	\$ 4 400,00	\$ 1 200,00	140,67	649,32	5,34	5,05	18,00	12	6	252	152	100	2	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 5 960,00	\$ 5 600,00	\$ 360,00
CAMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	421	509,23	9,5	9,3	65,00	42,25	22,75	582	452	130	6	\$ 10,00	\$ 3 900,00	\$ 510 700,00	\$ 506 800,00	\$ 3 900,00
CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	89,31	22,43	4,09	3,31	18,00	15,5	2,5	285	120	165	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	28,32	40,77	4,75	4,12	6,00	2	4	252	85	167	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	23,4	72,55	3,74	2,86	6,00	4,2	1,8	258	52	206	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	34,86	47,78	7,87	6,83	12,00	8	4	385	152	233	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	54,04	80,53	3,05	2,69	24,00	18	6	250	175	75	6	\$ 10,00	\$ 1 440,00	\$ 173 940,00	\$ 172 500,00	\$ 1 440,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	25,11	86,83	3,4	2,87	12,00	9,5	2,5	185	135	50	6	\$ 10,00	\$ 720,00	\$ 14 170,00	\$ 13 450,00	\$ 720,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	230,14	368,45	2,02	1,88	48,00	42,3	5,7	450	200	250	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	48,39	78,62	1,95	1,76	3,00	1,3	1,7	120	85	35	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
CAMBIO BARRA DE DIRECCIÓN	\$ 19 723,00	\$ 2 367,00	46,78	59,44	4,26	3,09	6,00	2,3	3,7	230	85	145	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 22 210,00	\$ 22 090,00	\$ 120,00
CAMBIO SUSPENSIÓN DELANTERA RH Y LH	\$ 350 000,00	\$ 37 800,00	79,75	103,48	5,16	4,99	18,00	15,5	2,5	350	78	272	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 388 340,00	\$ 387 800,00	\$ 540,00
CAMBIO SUSPENSIÓN POSTERIORES LH Y RH	\$ 260 000,00	\$ 32 400,00	47,26	82,97	5,59	4,95	12,00	7,4	4,6	252	122	130	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 292 760,00	\$ 292 400,00	\$ 360,00
CAMBIO INYECTORES MOTOR MEDIA VIDA	\$ 11 700,00	\$ 320,00	110,56	146,29	8,62	6,21	24,00	12,5	11,5	350	136	214	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 12 980,00	\$ 12 020,00	\$ 960,00
CAMBIO DE ALTERNADOR GENERADOR AC	\$ 6 920,00	\$ 600,00	91,42	387,53	3,55	2,39	12	8,3	3,7	50	20	30	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 8 000,00	\$ 7 520,00	\$ 480,00
CAMBIO CARDAN DE MANDO DE BOMBAS	\$ 1 878,00	\$ 200,00	24,89	26,17	1,68	1,59	3	2	1	150	77	73	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 2 138,00	\$ 2 078,00	\$ 60,00
CAMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	49	105,07	2,11	1,77	65,00	42,25	22,75	252	152	100	4	\$ 10,00	\$ 2 600,00	\$ 509 400,00	\$ 506 800,00	\$ 2 600,00
CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	24,5	43,95	3,6	3,43	18,00	15,5	2,5	582	452	130	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	12,77	40,91	2,46	2,25	6,00	2	4	285	120	165	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	28,43	46,63	2,34	2,12	6,00	4,2	1,8	252	85	167	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	22,39	33,9	2,63	1,67	12,00	8	4	258	52	206	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	30,45	35,61	2,03	1,64	24,00	18	6	385	152	233	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 173 460,00	\$ 172 500,00	\$ 960,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	26,75	39,58	2,18	1,37	12,00	9,5	2,5	250	175	75	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 13 930,00	\$ 13 450,00	\$ 480,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	29,34	48,04	2,34	1,34	48,00	42,3	5,7	185	135	50	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	78,28	111,06	1,3	1,19	3,00	1,3	1,7	450	200	250	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
CAMBIO BARRA DE DIRECCIÓN	\$ 19 723,00	\$ 2 367,00	37,21	81,78	1,97	0,81	6,00	2,3	3,7	120	85	35	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 22 210,00	\$ 22 090,00	\$ 120,00
CAMBIO SUSPENSIÓN DELANTERA RH Y LH	\$ 350 000,00	\$ 37 800,00	13,99	34,03	10,09	5,44	18,00	15,5	2,5	230	85	145	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 388 340,00	\$ 387 800,00	\$ 540,00
CAMBIO SUSPENSIÓN POSTERIORES LH Y RH	\$ 260 000,00	\$ 32 400,00	10,96	15,89	2,9	2,24	12,00	7,4	4,6	350	78	272	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 292 760,00	\$ 292 400,00	\$ 360,00
CAMBIO INYECTORES MOTOR MEDIA VIDA	\$ 11 700,00	\$ 320,00	42,1	50,85	3,01	2,55	24,00	12,5	11,5	252	122	130	2	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 12 500,00	\$ 12 020,00	\$ 480,00
CAMBIO DE ALTERNADOR GENERADOR AC	\$ 6 920,00	\$ 600,00	64,5	121,18	9	6,39	12	8,3	3,7	350	136	214	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 8 000,00	\$ 7 520,00	\$ 480,00
CAMBIO CARDAN DE MANDO DE BOMBAS	\$ 1 878,00	\$ 200,00	21,77	43,49	13,58	10,24	3	2	1	50	20	30	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 2 138,00	\$ 2 078,00	\$ 60,00
CAMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	577	2062,2	8,85	5,6	65,00	42,25	22,75	150	77	73	4	\$ 10,00	\$ 2 600,00	\$ 509 400,00	\$ 506 800,00	\$ 2 600,00

CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	39,85	93,27	4,72	3,4	18,00	15,5	2,5	252	152	100	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	32,39	49,82	4,05	3,29	6,00	2	4	582	452	130	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	40,57	57,91	6,17	5,99	6,00	4,2	1,8	285	120	165	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	297	396,67	7,67	5,63	12,00	8	4	252	85	167	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	137,88	166,57	5,96	4,02	24,00	18	6	258	52	206	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 173 460,00	\$ 172 500,00	\$ 960,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	1167	1801,3	9,89	7,6	12,00	9,5	2,5	385	152	233	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 13 930,00	\$ 13 450,00	\$ 480,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	28,32	40,77	4,75	4,12	48,00	42,3	5,7	250	175	75	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	23,4	72,55	3,74	2,86	3,00	1,3	1,7	185	135	50	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
CAMBIO BARRA DE DIRECCIÓN	\$ 19 723,00	\$ 2 367,00	28,32	40,77	4,75	4,12	6,00	2,3	3,7	450	200	250	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 22 210,00	\$ 22 090,00	\$ 120,00
CAMBIO SUSPENSIÓN DELANTERA RH Y LH	\$ 350 000,00	\$ 37 800,00	23,4	72,55	3,74	2,86	18,00	15,5	2,5	120	132	-12	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 388 340,00	\$ 387 800,00	\$ 540,00
CAMBIO SUSPENSIÓN POSTERIORES LH Y RH	\$ 260 000,00	\$ 32 400,00	34,86	47,78	7,87	6,83	12,00	7,4	4,6	230	85	145	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 292 760,00	\$ 292 400,00	\$ 360,00
CAMBIO INYECTORES MOTOR MEDIA VIDA	\$ 11 700,00	\$ 320,00	54,04	80,53	3,05	2,69	24,00	12,5	11,5	350	78	272	2	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 12 500,00	\$ 12 020,00	\$ 480,00
CAMBIO DE ALTERNADOR GENERADOR AC	\$ 6 920,00	\$ 600,00	25,11	86,83	3,4	2,87	12	8,3	3,7	252	122	130	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 8 000,00	\$ 7 520,00	\$ 480,00
CAMBIO CARDAN DE MANDO DE BOMBAS	\$ 1 878,00	\$ 200,00	230,14	368,45	2,02	1,88	3	2	1	350	136	214	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 2 138,00	\$ 2 078,00	\$ 60,00
CB6:B20AMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	48,39	78,62	1,95	1,76	65,00	42,25	22,75	50	20	30	4	\$ 10,00	\$ 2 600,00	\$ 509 400,00	\$ 506 800,00	\$ 2 600,00
CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	46,78	59,44	4,26	3,09	18,00	15,5	2,5	150	77	73	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	28,32	40,77	4,75	4,12	6,00	2	4	252	152	100	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	23,4	72,55	3,74	2,86	6,00	4,2	1,8	582	452	130	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	34,86	47,78	7,87	6,83	12,00	8	4	285	120	165	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	54,04	80,53	3,05	2,69	24,00	18	6	252	85	167	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 173 460,00	\$ 172 500,00	\$ 960,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	25,11	86,83	3,4	2,87	12,00	9,5	2,5	258	52	206	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 13 930,00	\$ 13 450,00	\$ 480,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	230,14	368,45	2,02	1,88	48,00	42,3	5,7	385	152	233	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	48,39	78,62	1,95	1,76	3,00	1,3	1,7	250	175	75	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
CAMBIO BARRA DE DIRECCIÓN	\$ 19 723,00	\$ 2 367,00	23,4	72,55	3,74	2,86	6,00	2,3	3,7	185	135	50	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 22 210,00	\$ 22 090,00	\$ 120,00
CAMBIO SUSPENSIÓN DELANTERA RH Y LH	\$ 350 000,00	\$ 37 800,00	28,32	40,77	4,75	4,12	18,00	15,5	2,5	450	200	250	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 388 340,00	\$ 387 800,00	\$ 540,00
CAMBIO SUSPENSIÓN POSTERIORES LH Y RH	\$ 260 000,00	\$ 32 400,00	23,4	72,55	3,74	2,86	12,00	7,4	4,6	120	85	35	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 292 760,00	\$ 292 400,00	\$ 360,00
CAMBIO INYECTORES MOTOR MEDIA VIDA	\$ 11 700,00	\$ 320,00	34,86	47,78	7,87	6,83	24,00	12,5	11,5	230	85	145	2	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 12 500,00	\$ 12 020,00	\$ 480,00
CAMBIO DE ALTERNADOR GENERADOR AC	\$ 6 920,00	\$ 600,00	28,32	40,77	4,75	4,12	12	8,3	3,7	350	78	272	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 8 000,00	\$ 7 520,00	\$ 480,00
CAMBIO CARDAN DE MANDO DE BOMBAS	\$ 1 878,00	\$ 200,00	23,4	72,55	3,74	2,86	3	2	1	252	122	130	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 2 138,00	\$ 2 078,00	\$ 60,00
CB6:B20AMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	34,86	47,78	7,87	6,83	65,00	42,25	22,75	350	136	214	4	\$ 10,00	\$ 2 600,00	\$ 509 400,00	\$ 506 800,00	\$ 2 600,00
CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	54,04	80,53	3,05	2,69	18,00	15,5	2,5	50	20	30	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	25,11	86,83	3,4	2,87	6,00	2	4	150	77	73	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	230,14	368,45	2,02	1,88	6,00	4,2	1,8	252	152	100	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	23,4	72,55	3,74	2,86	12,00	8	4	582	452	130	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	28,32	40,77	4,75	4,12	24,00	18	6	285	120	165	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 173 460,00	\$ 172 500,00	\$ 960,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	23,4	72,55	3,74	2,86	12,00	9,5	2,5	252	85	167	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 13 930,00	\$ 13 450,00	\$ 480,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	34,86	47,78	7,87	6,83	48,00	42,3	5,7	258	52	206	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	110,56	146,29	8,62	6,21	3,00	1,3	1,7	385	152	233	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
CAMBIO BARRA DE DIRECCIÓN	\$ 19 723,00	\$ 2 367,00	91,42	387,53	3,55	2,39	6,00	2,3	3,7	250	175	75	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 22 210,00	\$ 22 090,00	\$ 120,00

CAMBIO SUSPENSIÓN DELANTERA RH Y LH	\$ 350 000,00	\$ 37 800,00	24,89	26,17	1,68	1,59	18,00	15,5	2,5	185	135	50	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 388 340,00	\$ 387 800,00	\$ 540,00
CAMBIO SUSPENSIÓN POSTERIORES LH Y RH	\$ 260 000,00	\$ 32 400,00	49	105,07	2,11	1,77	12,00	7,4	4,6	450	200	250	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 292 760,00	\$ 292 400,00	\$ 360,00
CAMBIO INYECTORES MOTOR MEDIA VIDA	\$ 11 700,00	\$ 320,00	24,5	43,95	3,6	3,43	24,00	12,5	11,5	120	85	35	2	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 12 500,00	\$ 12 020,00	\$ 480,00
CAMBIO DE ALTERNADOR GENERADOR AC	\$ 6 920,00	\$ 600,00	12,77	40,91	2,46	2,25	12	8,3	3,7	230	85	145	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 8 000,00	\$ 7 520,00	\$ 480,00
CAMBIO CARDAN DE MANDO DE BOMBAS	\$ 1 878,00	\$ 200,00	28,43	46,63	2,34	2,12	3	2	1	350	78	272	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 2 138,00	\$ 2 078,00	\$ 60,00
CB6:B20AMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	23,4	72,55	3,74	2,86	65,00	42,25	22,75	252	122	130	4	\$ 10,00	\$ 2 600,00	\$ 509 400,00	\$ 506 800,00	\$ 2 600,00
CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	28,32	40,77	4,75	4,12	18,00	15,5	2,5	350	136	214	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	23,4	72,55	3,74	2,86	6,00	2	4	50	20	30	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	34,86	47,78	7,87	6,83	6,00	4,2	1,8	150	77	73	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	78,28	111,06	1,3	1,19	12,00	8	4	252	152	100	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	37,21	81,78	1,97	0,81	24,00	18	6	582	452	130	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 173 460,00	\$ 172 500,00	\$ 960,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	13,99	34,03	10,09	5,44	12,00	9,5	2,5	285	120	165	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 13 930,00	\$ 13 450,00	\$ 480,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	10,96	15,89	2,9	2,24	48,00	42,3	5,7	252	85	167	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	42,1	50,85	3,01	2,55	3,00	1,3	1,7	258	52	206	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
CAMBIO BARRA DE DIRECCIÓN	\$ 19 723,00	\$ 2 367,00	64,5	121,18	9	6,39	6,00	2,3	3,7	385	152	233	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 22 210,00	\$ 22 090,00	\$ 120,00
CAMBIO SUSPENSIÓN DELANTERA RH Y LH	\$ 350 000,00	\$ 37 800,00	21,77	43,49	13,58	10,24	18,00	15,5	2,5	250	175	75	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 388 340,00	\$ 387 800,00	\$ 540,00
CAMBIO SUSPENSIÓN POSTERIORES LH Y RH	\$ 260 000,00	\$ 32 400,00	577	2062,2	8,85	5,6	12,00	7,4	4,6	185	135	50	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 292 760,00	\$ 292 400,00	\$ 360,00
CAMBIO INYECTORES MOTOR MEDIA VIDA	\$ 11 700,00	\$ 320,00	23,4	72,55	3,74	2,86	24,00	12,5	11,5	450	200	250	2	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 12 500,00	\$ 12 020,00	\$ 480,00
CAMBIO DE ALTERNADOR GENERADOR AC	\$ 6 920,00	\$ 600,00	28,32	40,77	4,75	4,12	12	8,3	3,7	120	85	35	4	\$ 10,00	\$ 480,00	\$ 8 000,00	\$ 7 520,00	\$ 480,00
CAMBIO CARDAN DE MANDO DE BOMBAS	\$ 1 878,00	\$ 200,00	23,4	72,55	3,74	2,86	3	2	1	230	85	145	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 2 138,00	\$ 2 078,00	\$ 60,00
CAMBIO DE MOTOR	\$ 499 000,00	\$ 7 800,00	23,4	72,55	3,74	2,86	65,00	42,25	22,75	350	78	272	4	\$ 10,00	\$ 2 600,00	\$ 509 400,00	\$ 506 800,00	\$ 2 600,00
CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE	\$ 35 000,00	\$ 2 000,00	34,86	47,78	7,87	6,83	18,00	15,5	2,5	252	122	130	3	\$ 10,00	\$ 540,00	\$ 37 540,00	\$ 37 000,00	\$ 540,00
CAMBIO BOMBA DE LEVANTE	\$ 11 200,00	\$ 60,00	78,28	111,06	1,3	1,19	6,00	2	4	350	136	214	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 11 380,00	\$ 11 260,00	\$ 120,00
CAMBIO BOMBA DE DIRECCIÓN	\$ 14 400,00	\$ 300,00	37,21	81,78	1,97	0,81	6,00	4,2	1,8	50	20	30	2	\$ 10,00	\$ 120,00	\$ 14 820,00	\$ 14 700,00	\$ 120,00
CAMBIO DE BLOWER	\$ 17 800,00	\$ 400,00	13,99	34,03	10,09	5,44	12,00	8	4	150	77	73	2	\$ 10,00	\$ 240,00	\$ 18 440,00	\$ 18 200,00	\$ 240,00
CAMBIO MT	\$ 170 000,00	\$ 2 500,00	10,96	15,89	2,9	2,24	24,00	18	6	252	152	100	4	\$ 10,00	\$ 960,00	\$ 173 460,00	\$ 172 500,00	\$ 960,00
CAMBIO RADIADOR	\$ 13 000,00	\$ 450,00	23,4	72,55	3,74	2,86	12,00	9,5	2,5	582	452	130	3	\$ 10,00	\$ 360,00	\$ 13 810,00	\$ 13 450,00	\$ 360,00
CAMBIO DE TOLVA	\$ 150 000,00	\$ 9 820,00	34,86	47,78	7,87	6,83	48,00	42,3	5,7	285	120	165	4	\$ 10,00	\$ 1 920,00	\$ 161 740,00	\$ 159 820,00	\$ 1 920,00
CAMBIO FILTRO NANOFORCE	\$ 1 929,00	\$ 7 716,00	54,04	80,53	3,05	2,69	3,00	1,3	1,7	252	85	167	2	\$ 10,00	\$ 60,00	\$ 9 705,00	\$ 9 645,00	\$ 60,00
Total										27777	13612	14165	294	\$ 1 000,00	\$ 64 260,00	\$ 11 016 933,00	\$ 10 952 673,00	\$ 64 260,00

Procedemos a mostrar el ahorro en costos y tiempo con base en los indicadores alcanzados para demostrar los beneficios para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de los camiones. Esto se hace de tal manera que a través de un costo por hora por equipo que considera tanto mano de obra y repuestos, se obtiene un costo total antes y después junto con un ahorro de \$ 64,260.00, lo que representa un uso eficiente de los recursos de la empresa, como resultado de enfocar los esfuerzos en mejorar el programa de mantenimiento.

El costo de cambio de componentes en MTBF y MTTR el programa de mantenimiento de los componentes de camiones caso Antamina, ascienden a un total de \$ 1.682.323,00 en caso de MTTR; por lo tanto, según especificaciones el cambio de componentes, varía según la falla que presenta cada componente durante la operación, es decir, CAMBIO DE BLOWER su costo de componentes es de \$ 17.800,00 y los materiales adiciones que se usan para el cambio su costo es de \$ 400,00, la mano de obra asciende a \$ 240,00 por 12 horas de trabajo; el cambio de componente total es de \$ 18 440,00. Por lo tanto, es viable económicamente el sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones.

4.2.1 Costo de implementación de la mejora

Existen tres opciones que se pueden considerar para adquirir el servicio como se pueden apreciar en la figura siguiente:

Opciones de Servicios MineCare®

Opción	Precio Mensual (USD)	Total Personal	Esquema Actual (L-V 9 am a 6 pm)	Adicional I (Noches hábiles 9 pm a 5 am)	Adicional II (Feriados, fines de semana 9am a 6pm y sus noches de 9 pm a 5am)
Opción 1 (Esquema Actual)	25,000	01 Administrador MineCare 02 Analistas MineCare	01 Administrador MineCare 02 Analistas MineCare		
Opción 2	31,250	01 Administrador MineCare 03 Analistas MineCare	01 Administrador MineCare 02 Analistas MineCare	01 Analista MineCare en turno	
Opción 3	37,500	01 Administrador MineCare 04 Analistas MineCare	01 Administrador MineCare 02 Analistas MineCare	01 Analista MineCare en turno	01 Analista MineCare en turno

Figura 28. Opciones del servicio mensual del sistema DISPATCH

Fuente: (Modular Mining Systems, 2015).

La Empresa Minera Antamina, optó por la Opción número 3, con un valor de 37 500.00 dólares, mensuales por el servicio de monitoreo a cargo de 1 administrador

de Sistema Dispatch y 04 analistas que operan en un horario de 12 horas de lunes a viernes.

El costo de la implementación en los equipos elegidos para este proyecto asciende a un total de 3 000 000,00 dólares.

Costo de la implementación del sistema DISPATCH, según la muestra está conformada por 50 camiones Komatsu y 50 camiones Caterpillar que suma un total de 100 camiones.

Tabla 15.

Costo de la implementación del sistema DISPATCH

Número de camiones	Descripción	Equipo	Modelo	Serie	Costo	Unidad	Total
1	Implementación del sistema DISPATCH	HT001	793F - 930E	A31238	\$ 30 000,00	100 camiones	\$ 3 000 000,00

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

4.2.2 Retorno de la inversión

4.2.2.1 Costo Horas hombre evitadas

Tabla 16.

Costo mensual por descarga manual de data

Número de camiones	Descripción	Equipo	Modelo	Serie	Costo	Costo mensual	Und.	TOTAL
1	Descarga manual de data	HT001	793F -930E	A31238	\$ 15,00	\$ 60,00	100 camiones	\$ 6 000,00

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

Las horas hombre que fueron empleadas de manera mensual para la descarga de data es de un total 200 horas hombre, lo que significó un ahorro de \$ 6 000,00 dólares mensuales.

4.2.2.2 Horas operativas evitadas

Las horas que se dejaron de emplear para la descarga de data de cada uno de los camiones KOMATSU y CATERPILLAR de diferentes series, suman, un total de 200

horas, estas horas detenidas le costaba a la empresa un total de 720 000,00 dólares, tal como se puede apreciar en la muestra de la tabla.

Se puede apreciar que el costo mensual según la Implementación del sistema DISPATCH en un total de 100 camiones KOMATSU y CATERPILLAR y el costo evaluado fue por 12 meses.

Tabla 17.

Costo mensual de los camiones KOMATSU y CATERPILLAR detenidos.

Descripción	Equipo	Modelo	Serie	Costo por vez	Costo mensual	Und.	TOTAL
Detención por descarga de data	HT001	793F - 930E	A31238	\$ 1 800,00	\$ 7 200,00	100 camiones	\$ 720 000,00

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

4.2.3 Reducción de horas de mantenimiento por paradas no programadas

Tabla 18.

Comparación de los semestres 2020 y 2021 para las paradas no programadas.

	Niveles	Horas	%
	No programado semestre 2020	809	66,69 %
	No programado semestre 2021	404	33,31 %
	Reducción	405	50,06 %

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

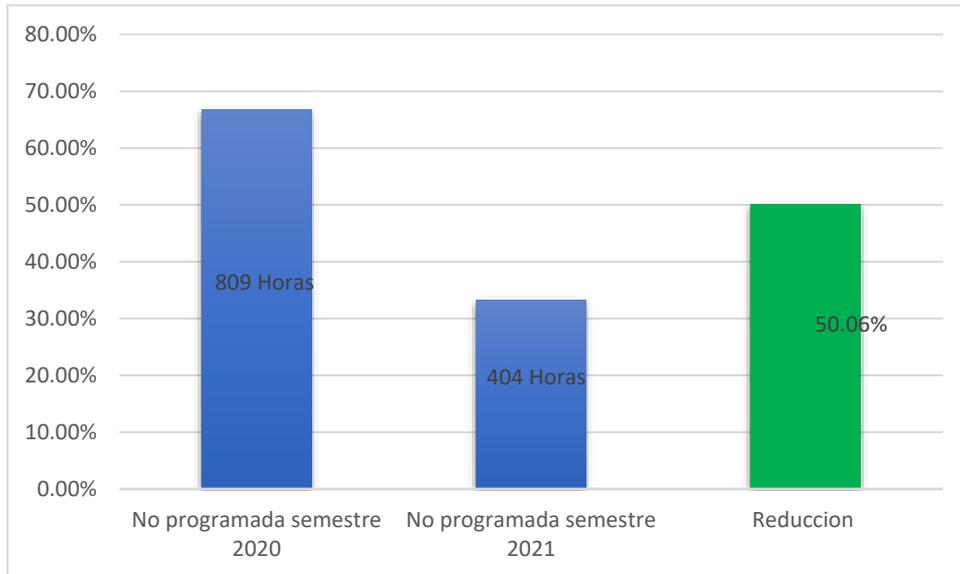


Figura 29. Horas de mantenimiento por paradas no programadas
Fuente: Elaboración propia.

Se consiguió reducir el número de horas por paradas de mantenimiento no programadas en un total de 50.06 %, respecto del último semestre del año 2020 y el primer semestre del año 2021 que fue monitoreado por el sistema.

Se logró disminuir en 404 horas las paradas no programadas que representan un monto total de 727 200 dólares, estas horas se sumaron a la producción.

4.2.4 Resumen de los costos de Inversión en la implementación del sistema DISPATCH

Se puede mostrar en la tabla de acuerdo con el resultado de las ganancias económicas, lo que se ha logrado en el transcurso de 12 meses con el uso del sistema DISPATCH.

Tabla 19.

Inversión en la implementación del sistema DISPATCH y ahorro mensual por gastos evitados en doce meses.

Concepto	Gasto
Implementación del sistema DISPATCH en 100 camiones	
a) Instalación	\$ -3 000 000,00
b) Costo Mensual del servicio (\$ 37 500.00 x 12 meses)	\$ -450 000,00
Costo Horas hombre evitadas (\$ 6 000.00 x 12 meses)	\$ 72 000,00
Horas inoperativas evitadas (\$ 720 000.00 x 12 meses)	\$ 8 640 000,00
Horas por paradas no programadas evitadas	\$ 727 200,00
TOTAL	\$ 5 989 200,00

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

En este caso, la empresa invirtió en la implementación del sistema DISPATCH y logró evitar horas hombre, horas inoperativas y horas por paradas no programadas, obteniendo como resultado el ahorro de \$ 5 989 200,00 en doce meses de funcionamiento del software.

Como en todo proyecto, el costo generado por la inversión debe ser recuperado, muchas veces el retorno de la inversión se proyecta al plazo de un año.

Debido a que la información económica de la empresa es manejada de forma confidencial por el área de finanzas, no es posible realizar cálculos financieros exactos de un estado anterior y actual, tan solo se puede mostrar un resumen de los costos conocidos, además el presente trabajo está desarrollado y enfocado estrictamente al área de mantenimiento.

Tabla 20.*Proyección de un año de los costos para la flota de 100 camiones.*

Concepto	Unidad	Proyección 01 año
Implementación del sistema DISPATCH en 100 camiones		
a) Instalación, pago por única vez por cada camión (100 camiones)	\$ 30 000,00	\$ 3 000 000,00
b) Costo fijo del servicio (mensual)	\$ 37 500,00	\$ 450 000,00
Costo horas hombre evitadas (mensual)	\$ 60,00	\$ 2 016 000,00
Horas operativas sumadas a la producción mantenimiento (mensual)	\$ 72 000,00	\$ 864 000,00
Reducción de horas por paradas no programadas mantenimiento (aprox. mensual)	\$ 121 200,00	\$ 1 454 400,00
TOTAL		\$ 7 784 400,00

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

En este caso, la empresa deja de perder la suma de 7 784 400,00 dólares en un periodo de 01 año, a partir de la fecha inicial de la implementación del sistema DISPATCH en el área de mantenimiento para sus respectivos cambios de componentes, es decir, mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 21.*Proyección de los costos para la flota de 200 camiones en el periodo de dos años.*

Concepto	Unidad	Proyección a dos años
Implementación de Sistema Dispatch en 200 camiones		
a) Instalación, pago por única vez por cada camión (200 camiones)	\$ 30 000,00	\$ 6 000 000,00
b) Costo fijo del servicio (mensual)	\$ 37 500,00	\$ 900 000,00
Costo horas hombre evitadas (mensual)	\$ 60,00	\$ 3 456 000,00
Horas operativas sumadas a la producción mantenimiento (mensual)	\$ 72 000,00	\$ 5 932 800,00
Reducción de horas por paradas no programadas mantenimiento (aprox. mensual)	\$ 121 200,00	\$ 2 908 800,00
TOTAL		\$ 19 197 600,00

Nota: Reporte de PMS Empresa Minera Antamina. 2021.

En la proyección de la flota de camiones conformada por 200 camiones CATERPILLAR y KOMATSU en un periodo de dos años, se cuenta con los resultados que la empresa Antamina evita perder siendo un total de \$ 19 197 600,00. Los resultados demuestran claramente que el impacto de la implantación del sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes en la flota de camiones, es económicamente conveniente y sostenible para la empresa, además de ser sostenible en el tiempo con una reducción de 404 horas las paradas y un ahorro de \$ 7 784 400,00 anuales.

4.2.5 Comprobación de la hipótesis

Tabla 22.

Comprobación de la hipótesis en los camiones mineros

	Media	Desviación estándar	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilatera)
			Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
Antes sistema dispatch							
Después sistema dispatch	,12800	,09184	,01728	,06509 ,20091	5,059	8	,001
Antes MTBF							
Después MTBF	,27667	,03082	,01027	,25297 ,30036	25,929	8	,003
Antes MTTR							
Después MTTR	,06000	,03240	,01080	,03509 ,08491	5,655	8	,001
Antes Tiempo de operación							
Después Tiempo de operación	-,51222	,31732	,10577	-,75614 -,26831	-4,743	8	,001
Antes Tiempo entre fallas							
Después Tiempo entre fallas	28,44444	16,91760	5,63920	15,44042 40,44846	5,144	8	,002

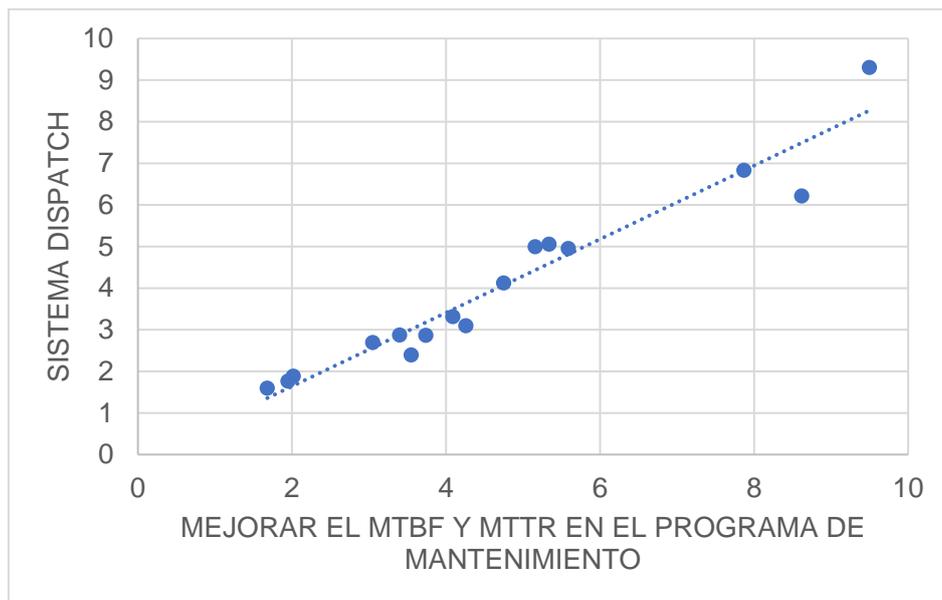


Figura 30. Mejora del MTBF Y MTTR

Para la aplicación del sistema DISPATCH en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina; se ha encontrado una optimización de sus indicadores adecuada, en especial la utilización con una “t” de 25 929; en tanto a la confiabilidad alcanzó un 5,05 % lo cual también es positivo; en líneas generales con una siguiente bilateral es menor de 0,05 %, lo cual indica que hay una mejora significativa entre la aplicación del sistema DISPATCH y el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes.

4.3 DISCUSIÓN

En cuanto al objetivo general, al aplicar el sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina – 2021, se verificó que el nuevo método, dio lugar a un objetivo de disponibilidad en un 92 %. Este resultado indica que a mayor disponibilidad se traduce en un aumento de las horas de trabajo de los camiones y, por tanto, de los ingresos en MTBF (Horas). El tiempo medio entre fallos, es una métrica que indica el tiempo medio entre fallos sucesivos no planificados durante el transcurso de la operación. De la misma manera según el historial en el taller de mantenimiento, los eventos planificados representan solo el 16 % de todos los eventos, aunque duran casi tanto como los no programados. La finalidad de esta investigación, es aumentar el número de eventos planificados, manteniendo su eficacia en términos de tiempo de ejecución. Igualmente, en la etapa de la fiabilidad, se puede observar la probabilidad de

que un equipo funcione sin fallos inesperados durante 24 horas consecutivas. En la actualidad, la operación minera de Antamina no mide la fiabilidad; en su lugar, Komatsu y Caterpillar gestionan la relación con el cliente únicamente sobre la base de la disponibilidad mecánica. Sin embargo, sugerimos que se controle la fiabilidad utilizando el nuevo enfoque de mantenimiento basado en el RCM. Estos resultados son coincidentes con los presentados por Bustamante (2018), Optimización de la productividad de los camiones pesados; Se estableció un límite de tiempo de 60 minutos para la duración de las pausas y 20 minutos para el cambio de turno, lo que permitió cuantificar las toneladas que dejaron de moverse, como resultado de los retrasos que superaban el límite de tiempo establecido. Ello supuso un total de 426 284 toneladas de mineral y 475 843 toneladas de descarga, que posteriormente se valoraron en un total de 13 445 975,8 dólares por el material que dejó de producirse. Por su parte según Leiva (2019) en su estudio acerca la “Implementación del sistema dispatch: control de los equipos de carguío y acarreo en minería a cielo abierto para la optimización de los costos operativos”, en el control de costos del área de operación minera de cualquier empresa minera para las máquinas responsables del área, se basa en tiempo efectivo, debido a que la liquidación o valoración es en dólares/hora efectiva (\$/Hora Efectiva), por lo que es necesario la Evaluación e Implementación de Sistema de Control de Equipos a Tajo Abierto (DISPATCH).

En cuanto al objetivo específico, analizar el proceso actual de mantenimiento de los componentes en flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina, se pudo observar que se registraron valores inferiores de los productos deseables en los meses de enero y febrero con un 48,58 % y un 46,56 % de manera respectiva, de las disposiciones siguientes que son más de este modelo de aumento y un valor más alto, con un 86 % de las disposiciones principales que son valor más alto. Tras las evaluaciones respectivas el personal de planificación y las estrategias, se han determinado que los resultados de esta mejora de baja fiabilidad, la misma que se retiró del servicio para ser sustituible, fueron el resultado de esta mejora de baja fiabilidad. Se puede evidenciar, tras una mejora de una manera muy significativa en la reserva a partir del mes de marzo del año 2020, un solo aumento alcanzado de acuerdo con la aplicación del plan de mejora en los procesos de reparación, se tiene que tratarse como un resultado exitoso del MTTR, donde aparece como una de las causas los equipos de altas frecuencias y las reparaciones de mala calidad ejecutados por los empleados. Estos resultados son coincidentes con los presentados por Chura (2019), realizó la investigación titulada “Propuesta de plan de control de uso para la flota de camiones de

acarreo”, a partir de los resultados se ha determinado, descrito y realizado un análisis de manera general de los equipos pesados, sus respectivos eventos que generan mayor retraso en este proceso, obteniendo que los retrasos con mayor impacto en la utilización de la flota de transporte son: carguío con una frecuencia de 32,8 seguido de 23,8 % de suministro, 9,7 % de cambio de turno, 7,0 % de mantenimiento y 5,1 % de tiempo de inactividad de los equipos, que son desafíos importantes que pueden mejorarse.

Identificar la disponibilidad mecánica de los componentes con la aplicación del sistema DISPATCH en la flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina, según los resultados, aumentaron significativamente la disponibilidad de los componentes, estos resultados son coincidentes con los presentados por Vilavila (2018) en su estudio acerca del “Sistema acerca de los controles de las operaciones mineras empleando Dispatch”, optimización de las operaciones en la minería a cielo abierto con la base de datos utilizando el sistema de Dispatch e información en tiempo real, lo que permitió un aumento del 7 % en la producción y también en la reducción de los costos directos de operaciones y de igual manera en la producción, tiempo medio de espera para camión excavadora 3,10 minutos, tiempo medio de espera para camión excavadora / excavadora 2,53 minutos, tiempo medio de espera para camión excavadora / excavadora 2,6 minutos, tiempo medio de espera para camión 2, 7 minutos trituradora, tiempo medio de espera para excavadora / excavadora 3,8 minutos, tiempo promedio de espera para la excavadora de 3.8 minutos. Logro de los siguientes rendimientos: el rendimiento promedio de los camiones fue de 222 toneladas / horas de operación. El rendimiento promedio de las palas fue de 3 000 toneladas/ horas efectivas.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE MEJORAS PROPUESTAS

5.1 PROPUESTAS DE MEJORA

Los miembros del equipo de trabajo propusieron las principales iniciativas para aplicar en el plan de mejora propuesto:

- El mantenimiento, las operaciones y la logística trabajan en equipo.
- Focus en la planificación y programación proactiva, así como en el esfuerzo del personal con los objetivos.
- Este ciclo continúa basado en la mejora continua, la obtención de resultados de los indicadores y el desarrollo de mejores planes para su aplicación.
- La gestión disciplinada de los materiales a través de una gestión adecuada del inventario, mantener la cantidad de piezas de repuesto y consumibles en consonancia con el plan de mantenimiento del equipo.

5.1.1 El objetivo de DISPATCH

El objetivo del sistema DISPATCH®, es mejorar el programa de reparación de componentes de los camiones de transporte de la Empresa Minera Antamina utilizando datos al instante. Este despliegue permite a la mina aumentar la productividad y reducir los gastos de explotación. El sistema DISPATCH® optimiza mediante el uso de las siguientes herramientas:

- Aplicaciones de seguridad.
- Asignación automática de camiones.
- Seguimiento de equipos auxiliares.
- Asignación automática de combustible.
- Seguimiento de los indicadores vitales del equipo.
- Seguimiento del mantenimiento.

- Seguimiento y mezcla del mineral.
- Herramientas de información.

Maximizar la utilización de los equipos

- Calcular los índices de carga y la duración de las esperas.
- Evaluar y optimizar los tiempos de carga, la longitud de las colas, los retrasos de funcionamiento y el mantenimiento, entre otros factores.
- Alinear los recorridos largos y cortos entre las unidades de carga y los turnos para maximizar la eficiencia.
- Supervisar y enviar equipos complementarios para garantizar una cobertura completa.

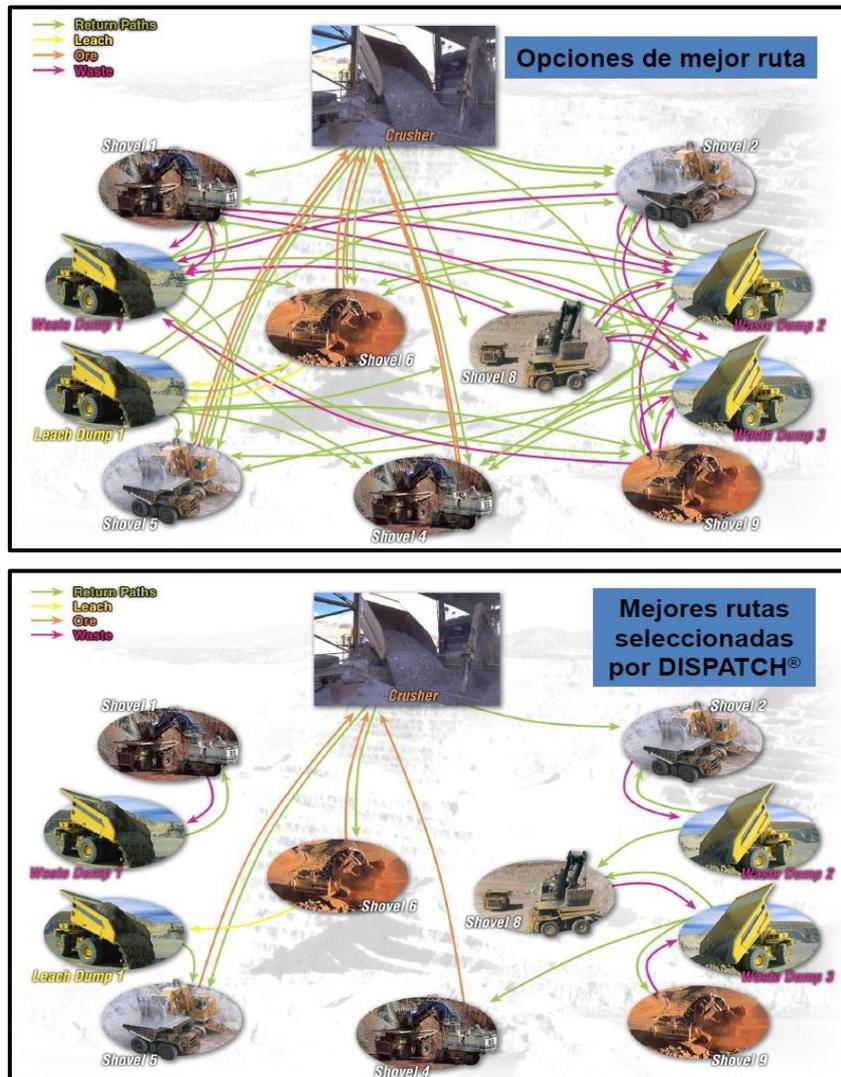


Figura 31. Sistema de Dispatch en el área de mantenimiento, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

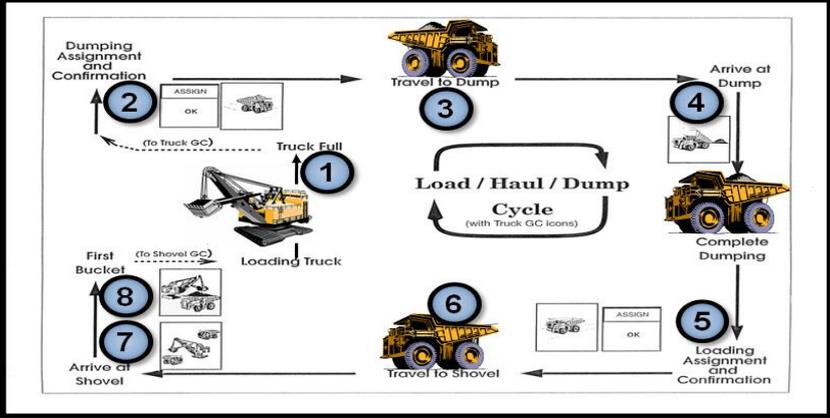
Dispatch herramienta de producción en mantenimiento

El sistema DISPATCH® es una herramienta muy importante para la administración de la flota y tiene varias funciones importantes.

- DISPATCH® recolector de las informaciones.
- DISPATCH® herramienta acerca de los almacenamientos de informaciones.
- DISPATCH® solucionador de los problemas en un tiempo real.
- DISPATCH® controlador de los tiempos y los costos.

Tabla 23.

Dispatch herramienta sobre las producciones en mantenimientos

OBJETIVOS	ACCIONES
	<p>El sistema DISPATCH® recibe, envía y almacena datos de forma continua. Actualiza los registros, toma decisiones de asignación y genera informes utilizando datos históricos y en tiempo real.</p> <p>El sistema DISPATCH® recoge la información de dos maneras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recolección pasiva de información. • Recolección interactiva de información.
<p>DISPATCH® como un recolector de información.</p>	
<p>DISPATCH® como herramienta de almacenamiento de información.</p>	<p>El sistema DISPATCH® almacena toda la información que recibe en tres bases de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Base de datos de la mina. • Base de datos del turno. • Base de datos resumen.
<p>DISPATCH® como solucionador de</p>	<p>El sistema DISPATCH® está configurado para funcionar de forma dinámica y utiliza un enfoque de tres algoritmos para abordar los problemas en tiempo real.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo MR (Mejor Ruta).

problemas en
tiempo real.

- Modelo PL (Programación Lineal).
- Modelo PD (Programación Dinámica).

El sistema DISPATCH® obtiene información y actualiza regularmente sus bases de datos (principalmente la de la mina). Calcula constantemente datos como:

DISPATCH®
como un
controlador de
tiempos y costos.

- Tiempos de viaje de los camiones.
- Tiempos de mantenimiento de los equipos pesados en zona de trabajo.
- Tiempos sobre la carga.
- Tiempos sobre la espera en cola.
- Tiempos sobre el acuatamiento.
- Tiempos sobre la carga de combustible.
- Conteos sobre la carga.

Fuente: Antamina, 2021.

Dispatch como solucionador de problemas en tiempo real.

El sistema DISPATCH® examina continuamente sus imágenes (o modelo) de la mina, a partir de la información de la base de datos del área de mantenimiento, genera la elección óptima de asignación de camiones para maximizar el mantenimiento y la producción de equipos.

- El objetivo de DISPATCH® es optimizar el mantenimiento y la producción de la mina basado en información en tiempo real.

Dispatch controlador de tiempo y costo

Es posible identificar y catalogar los fallos o eventos individuales que se producen durante los turnos de mantenimiento o la producción, y también al medir el tiempo de cada ocurrencia, se pueden añadir consideraciones de coste a estos eventos de sincronización, lo que permite a la mina analizar y prever con precisión el rendimiento del negocio.

Instalación del sistema hardware Dispatch en los camiones mineros.

Estándares acerca del hardware Dispatch en los camiones propuesta por la empresa Modular.



Figura 32. instalación del Hardware del sistema Dispatch en los camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Como resultado de lo anterior, se tuvieron que hacer varias modificaciones para satisfacer las prioridades; en el caso de los camiones, los componentes de hardware de Dispatch son:

Tabla 24.

Componentes del sistema Dispatch en producción en mantenimiento

Nº	Componente
1	PTX B
2	Cable Harness
3	Caja nema
4	Acces Point (AP)
6	Switch
7	Transiver MEMS
8	Elevador de voltaje (EV)
9	Llave termomagnética
10	Antena Wireless
11	Antena GPS

Nota: Hardware Dispatch instalado en camiones, por la Empresa Minera Antamina. 2021.



Figura 33. Hardware Dispatch instalado en camiones por la Empresa Minera Antamina. 2021.

5.1.2 Instalación de software Dispatch.

De manera paralela los trabajos sobre la instalación del sistema Dispatch, se procedió a instalar en la compañía minera Antamina S.A.

Tabla 25.

Sistema sobre el sistema Dispatch instalado en la compañía minera Antamina S.A.

Sistema Intellimine®	Baja Precisión
Dispatch®	Camiones de acarreo

Nota: Instalación del sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Se debía contar con servidores debidamente licenciados para los sub sistemas del sistema de gestión Dispatch.

Debe tener los servidores totalmente licenciados para los sub - sistemas Dispatch.

Tabla 26.

Servidores acerca del sistema Dispatch

Sistema Intellimine®	Servidor	VLAN	Sistema Operativo	Función	Tipo
Dispatch®			Windows	OMS Server	
Nextgen 6.4	PEKTYASRV816	174	2008 R2	Application	Físico
Dispatch®	PEKTYASRV851	110	Windows	Server	Virtual
Nextgen 6.4			2008 R2	Provision 3 Server	

Nota: Instalación del sistema Dispatch en la Empresa Minera Antamina S.A., por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Se cuenta con las siguientes Licencias:

Tabla 27.

Licencias del sistema de gestión Dispatch.

Licencias	Cantidad
Dispatch® Core 6.x App Serv	1
Dispatch® Aux Grader 6.x App Serv	1
Dispatch® Fuel Mgmt 6.x App Serv	1
Dispatch® Fuel Mgmt 6.x App Clnt	40
Dispatch® Comp Tracking 6.x App Serv	1
Dispatch® Speedalert 6.x App Serv	1
Dispatch® Tirealert 6.x App Serv	1
Dispatch® Blending 6.x App Serv	1
Dispatch® KPI Dashboards 6.x App Srv.	1
Dispatch® Navigation Aid 6.x App Srv.	1
Dispatch® Navigation Aid 6.x App Clnt	40

Fuente: Instalación del sistema de software Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Tabla 28.

Licencias del sistema de gestión Dispatch.

Acción	Descripción
Implementación Dispatch Nextgen	<p>Implementación Dispatch para la empresa minera Antamina, con la implementación de un nuevo sistema Dispatch que funciona sobre Windows y con bases de datos SQL, el cual ha pasado por una completa reingeniería para soportar las nuevas necesidades de la minería actual, está desarrollado totalmente sobre los estándares de software a nivel mundial como son NET®, Microsoft® SQL, Microsoft® Reporting Services, Share Domain Services, sobre esta base o motor común están diferentes sistemas que conforman la plataforma Intellimine como son Dispatch, Provision y Minecare los cuales comparten la misma estructura de bases de datos, el sistema Dispatch Nextgen está compuesto por 3 Servidores: servidor OMS (OMS Server), servidor de aplicaciones (Application Server) y el servidor de base de datos (Database Server), equipos Dispatch de campo y las máquinas de los usuarios que se observan en la figura 21.</p>

Nota: Instalación del sistema de software Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

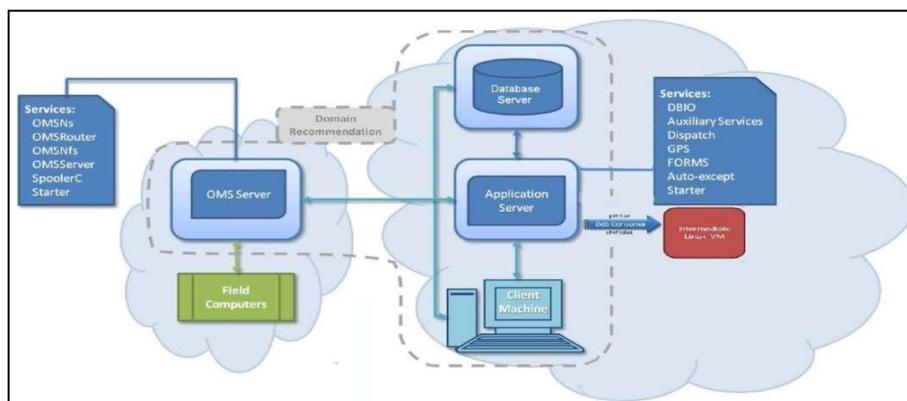


Figura 34. Componente Implementación del sistema Dispatch Scope of work, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Las respectivas configuraciones del Enum C y Config. prv es la configuración más importante sobre el sistema Dispatch, donde se ha evaluado las principales características para la Empresa Minera Antamina como los equipos, los materiales, las respectivas ubicaciones, el deflactor, los turnos de trabajo, guardias, manejos del tiempo entre otras, en seguida se presenta los módulos:

En la figura 35, se puede evidenciar la pantalla de inicio del sistema Dispatch.

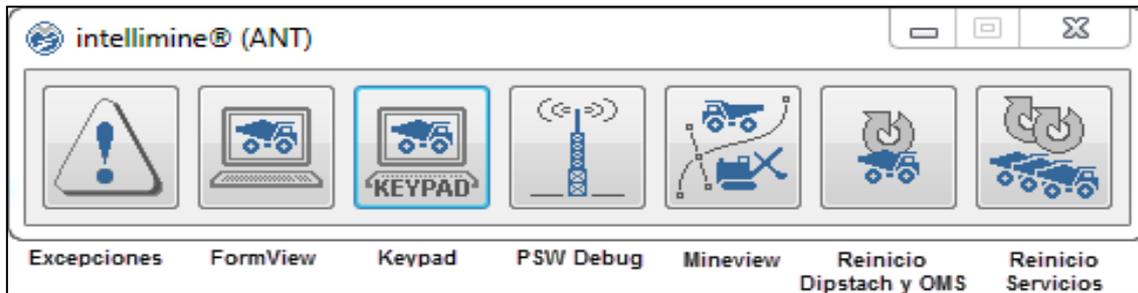


Figura 35. Panel de control sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

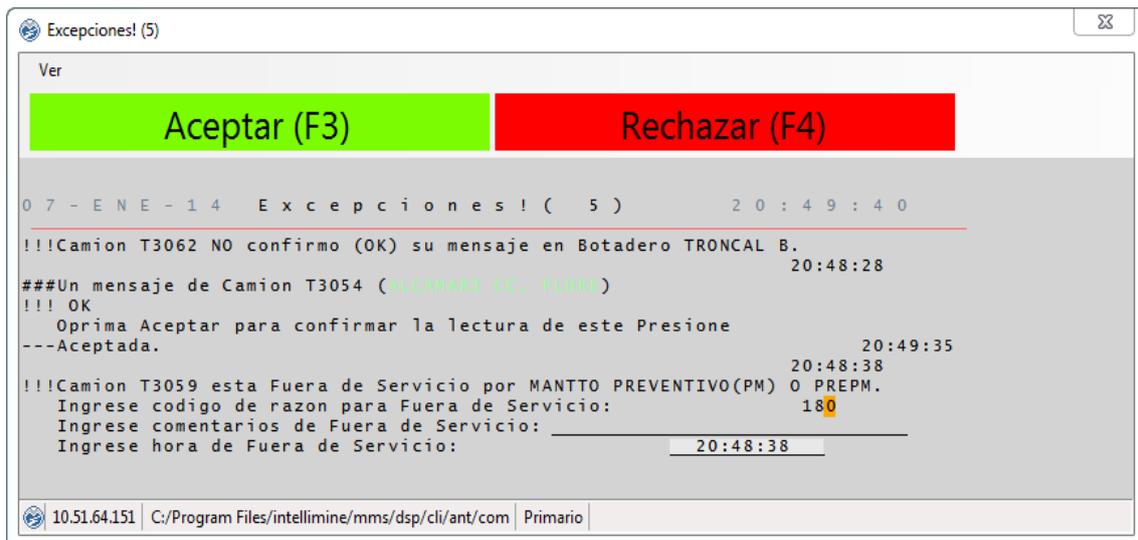


Figura 36. se observa la pantalla de excepciones del sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En la figura 37, se puede evidenciar el keypad que se muestra de los utilitarios del sistema Dispatch

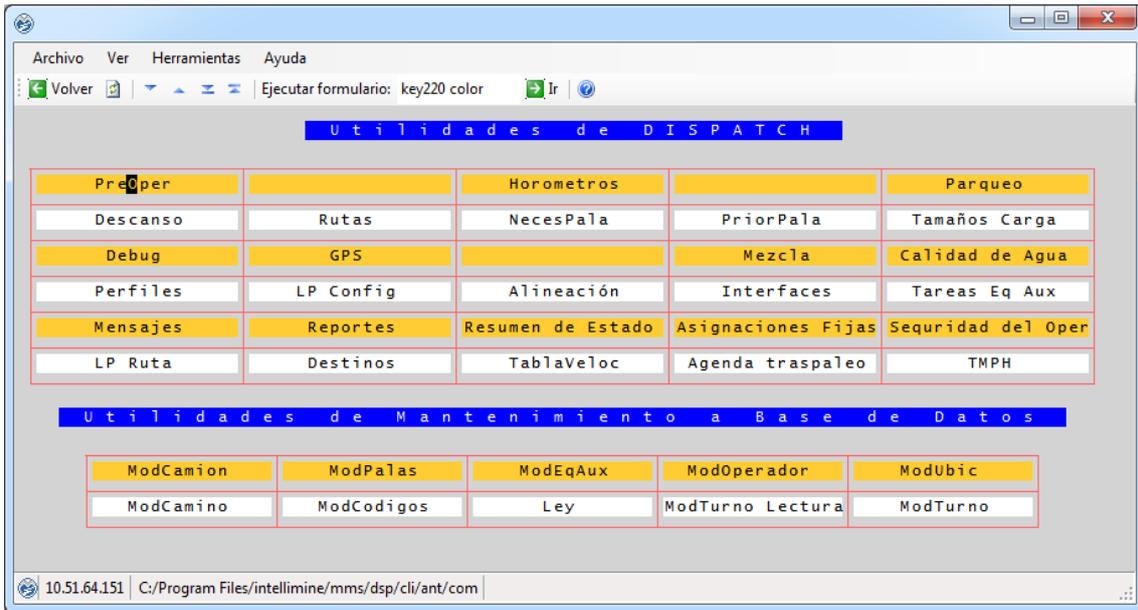


Figura 37. Keypad sistema Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En la figura 38, se puede evidenciar el Haulroute que monitorea la ubicación y el estado como se encuentra los equipos para la administración de los camiones mineros en tiempo real.

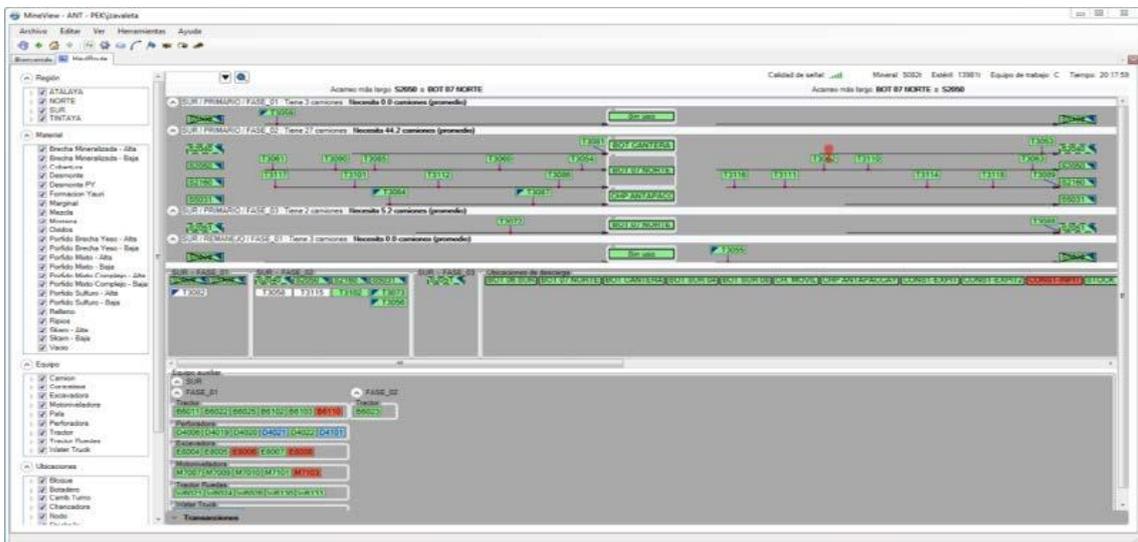


Figura 38. Haulroute Sistema Dispatch Antamina, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En la figura 39, se puede evidenciar el Minegraphics que monitorea los respectivos equipos hasta con tres mapas de ubicaciones en tiempo real para poder gestionar los equipos.

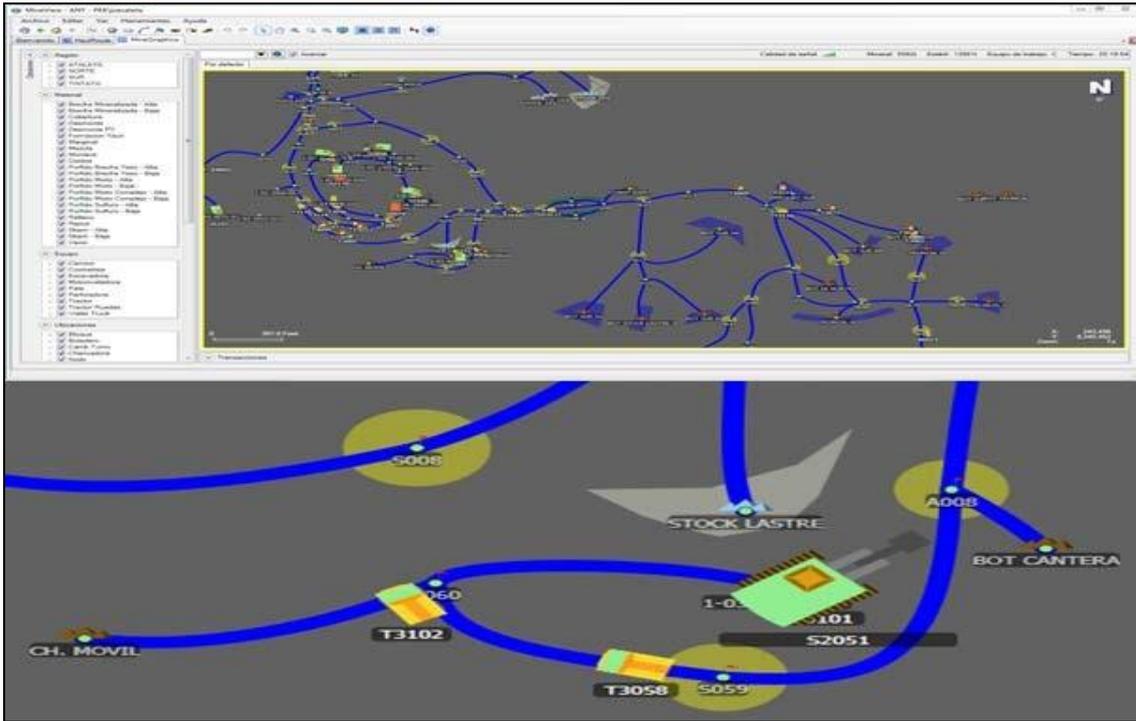


Figura 39. Sistema Minegraphics Dispatch NextGen, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En seguida, se presenta los principales Módulos:

En la figura 40, se observa el Minegraphics que monitorea los respectivos equipos de camiones de acarreo, el avance de los camiones, el movimiento en tiempo real de los camiones, etc.

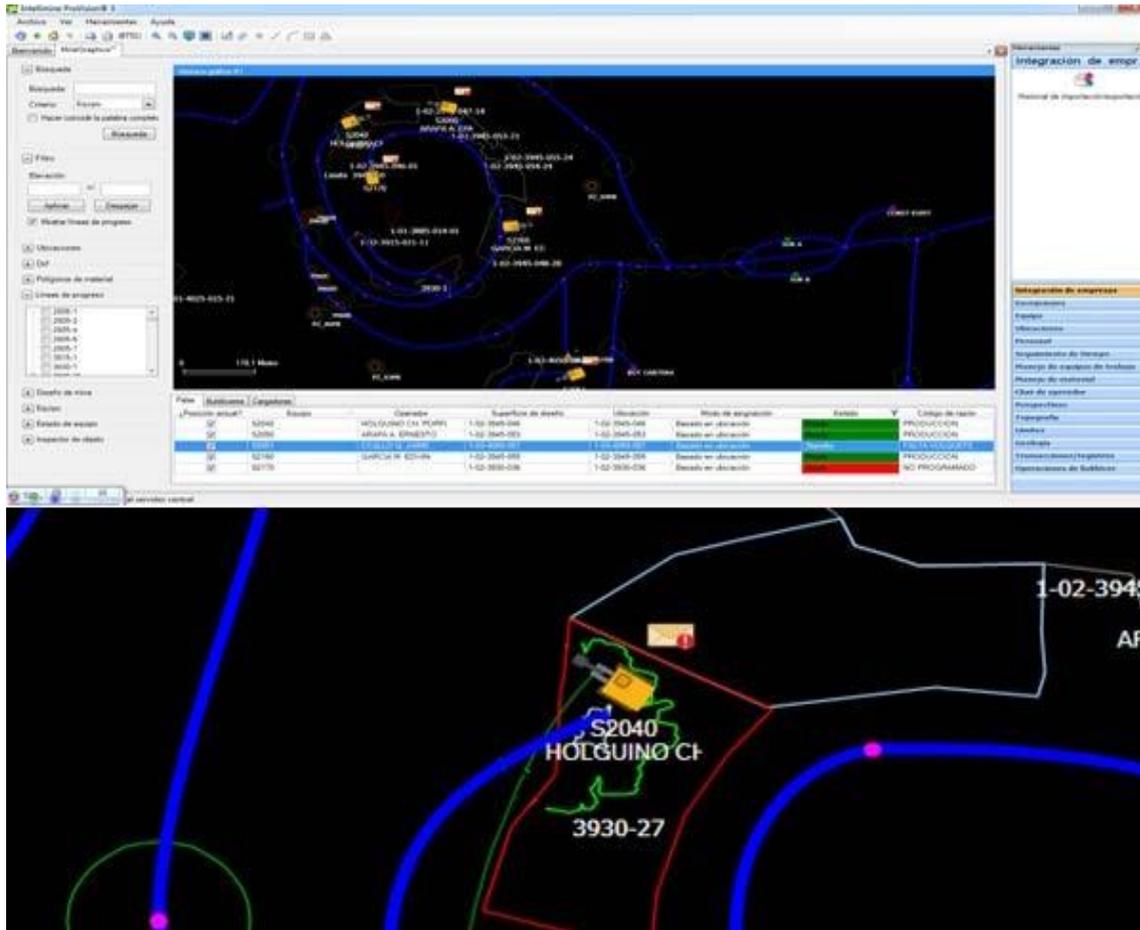


Figura 40. Minegraphics Provision 3, Sistema Dispatch Antamina, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Tabla 29.

Implementación de Mine-care

Acción	Descripción
Implementación de Minecare	El sistema de mantenimiento Minecare, es un subsistema de Intellimine que es una herramienta de mantenimiento diseñada para reducir los costos del ciclo de vida de equipos móviles, a través de la administración en tiempo real de los procesos de mantenimiento y del estado de los equipos. Minecare consta de 1 servidor central instalado como virtual machine y 1 servidor de base de datos que interactúa con el servidor central del sistema Dispatch Nextgen, usa la misma arquitectura de comunicaciones.

En la figura 41 se evidencia los componentes del Minecare.

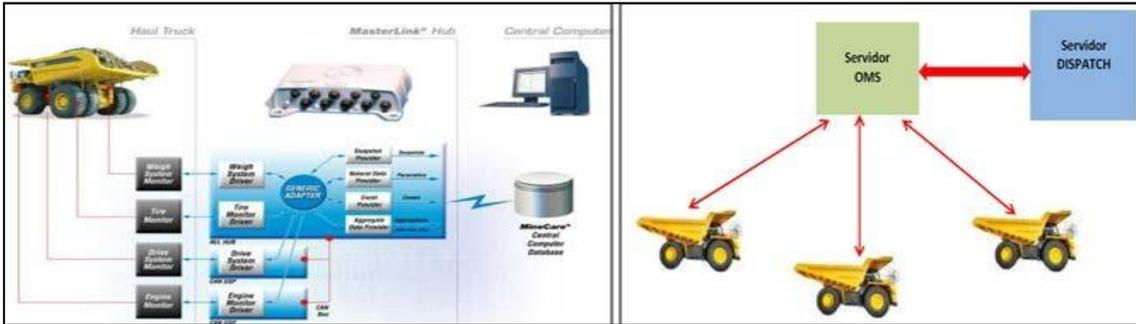


Figura 41. Componentes de Minecare Sistema Scope of work, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

En la figura 42, Se puede apreciar el módulo acerca de los manejos de eventos, monitoreos en tiempos reales de signos vitales, análisis acerca de las tendencias, seguimiento de tiempos, lista de actividades de time tracking.

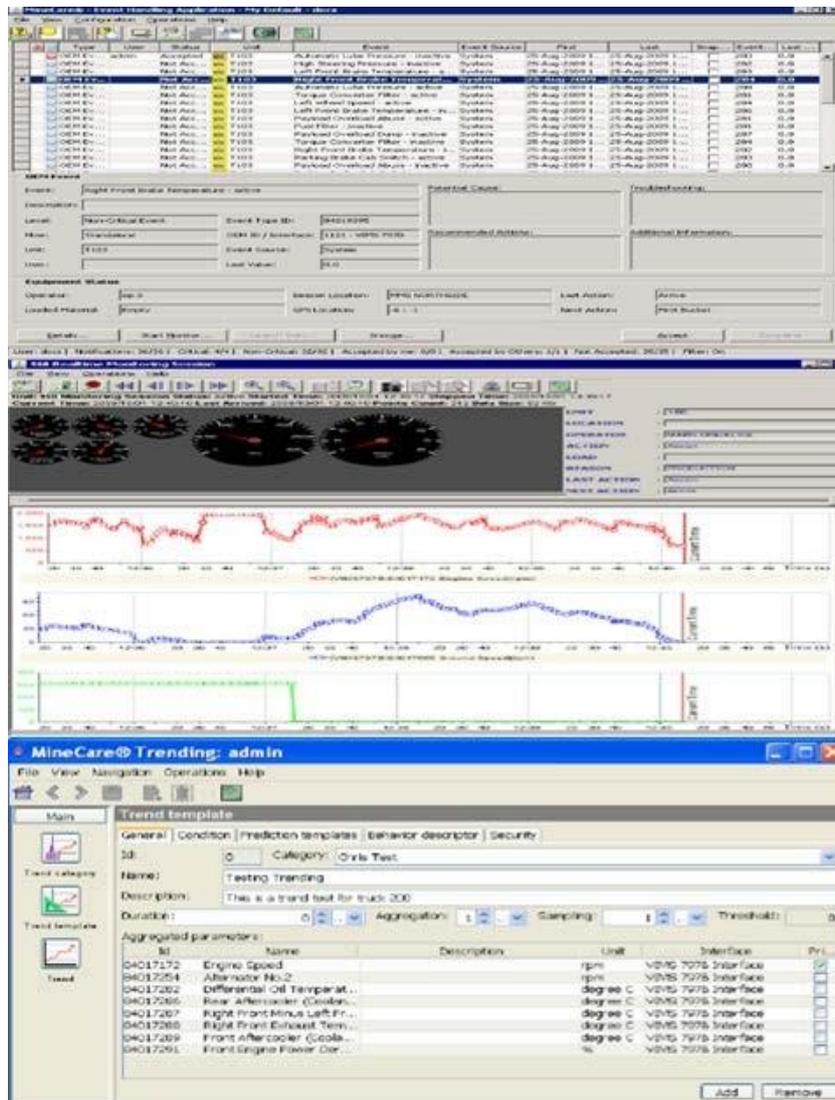


Figura 42. Módulos de Minecare, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Tabla 30.

Sala de control Dispatch

Acción	Descripción
Sala de control dispatch	<p>Debido a la importancia del sistema Dispatch en el performance de los equipos mineros, se decidió que se debía implementar una sala de despacho que cuente con todas las comodidades correspondientes y con las herramientas necesarias para que los despachadores puedan realizar los trabajos eficientemente. El costo de la implementación de esta sala de despacho fue de US\$ 80,000 fue asumido por el presupuesto de proyecto</p> <p>Componentes de la Sala de despacho:</p> <ul style="list-style-type: none">• 1 Dataroom (1 workstation para Dispatch operaciones, 1 workstation para monitoreo en tiempo real, 1 workstation para Dispatch mantenimiento).• 1 Mesa de control• 5 Monitores controlados por el despachador de operaciones para el manejo del sistema Dispatch.• 6 Televisores controlados por el despachador de operaciones para el manejo de reportes en tiempo real, cámaras de Video (4) para observar la mina en tiempo real, radar mina, Sistema MEMS, etc.• 2 Monitores y 2 televisores controlados por el despachador de mantenimiento para el manejo del Dispatch y Minecare.• 3 CPU para elaboración de reportes y visitas.• 3 Radios de comunicación UHF, 2 anexos y 2 celulares.• La sala de control cuenta con 1 UPS que permite 3 horas de Autonomía y 1 grupo electrógeno que soporta una carga de hasta 40A para cortes de energía y Dispatch no pare.

En la figura 43 Sala de control del sistema Dispatch



Figura 43. Sala de control Dispatch Foto sala de control Dispatch, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

5.1.3 Disponibilidad de camiones mineros

Debido a aplicación del sistema DISPATCH realizado en las instalaciones de la Cía. Minera Antamina, no hacía falta realizar el cálculo de la disponibilidad, pues este era recogido directamente de la plataforma DISPATCH, otorgando mayor veracidad y objetividad. En la siguiente figura podremos apreciar detalladamente el comportamiento de la disponibilidad mes a mes durante el año 2020.

Tabla 31.*Disponibilidad mensual*

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS - MHC			
Turno	Fecha	930E-SE	CAT 793F
NOCHE	23/06/2021	91.2	100
NOCHE	24/06/2021	90	34.7
NOCHE	25/06/2021	95.1	92.2
NOCHE	26/06/2021	95.1	73.8
NOCHE	27/06/2021	92.8	97.1
NOCHE	28/06/2021	93.1	100
DÍA	29/06/2021	93.5	40.7
DÍA	30/06/2021	93.2	73.8
DÍA	01/07/2021	89	100
DÍA	02/07/2021	90.1	7.9
DÍA	03/07/2021	85.4	100
DÍA	04/07/2021	88.5	93
DÍA	05/07/2021	88.5	93
PROMEDIO GENERAL		91.4	76.1

Nota: Disponibilidad - KOMATSU 930E – SE, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

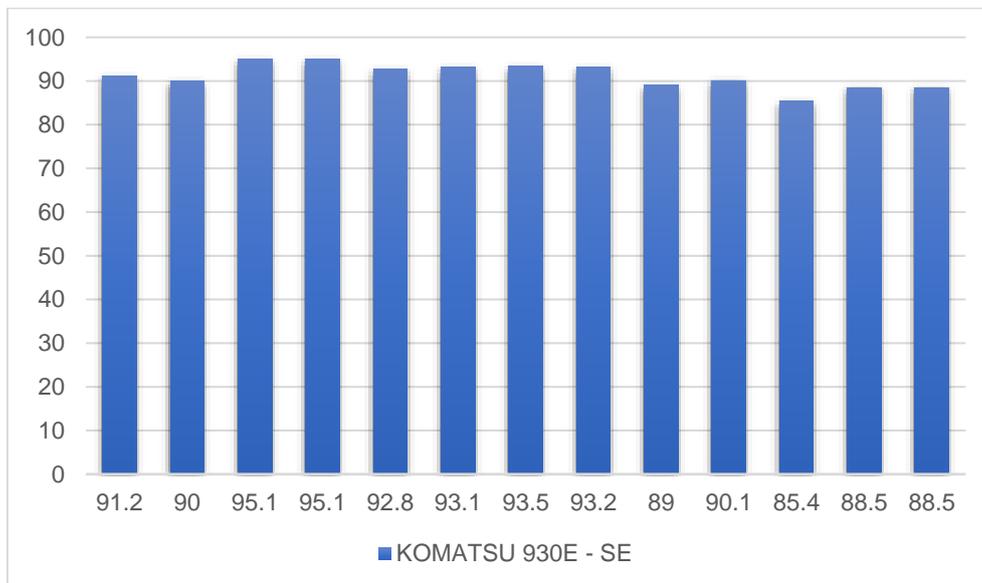


Figura 44. Disponibilidad - KOMATSU 930E – SE, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

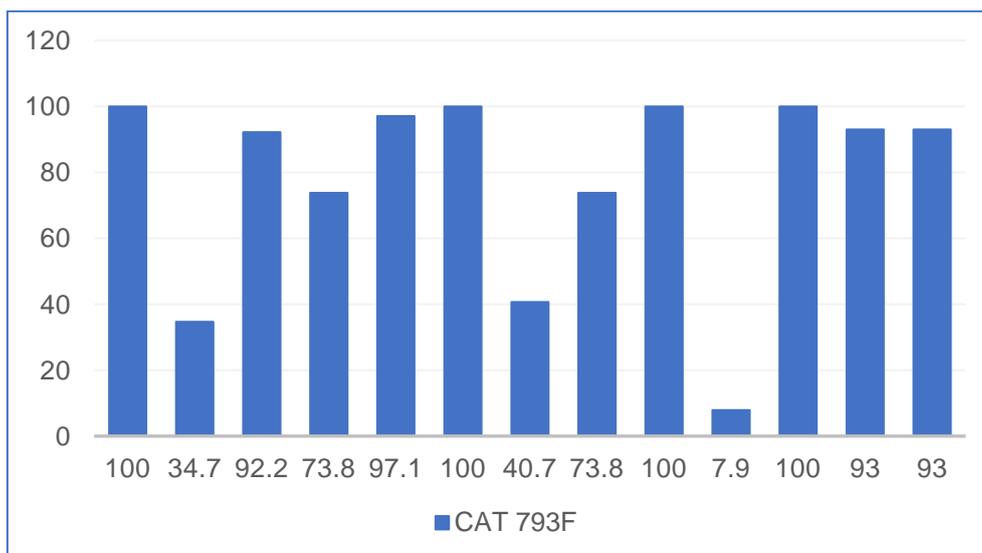


Figura 45. Disponibilidad – CAT, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Tabla 32.

Equipos atendidos MTTR

FECHA	EQUIPOS ATENDIDOS	MTTR
23/06/2021	9	2:18
24/06/2021	7	1:49
25/06/2021	4	1:45
26/06/2021	6	2:14
27/06/2021	10	1:49
28/06/2021	5	0:32
29/06/2021	5	1:15
30/06/2021	12	1:22
01/07/2021	9	1:24
02/07/2021	7	2:04
03/07/2021	13	1:35
04/07/2021	7	2.25
05/07/2021	5	3.34
TOTAL	99	0.49

Nota: Equipos atendidos en el campo - MTTR, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

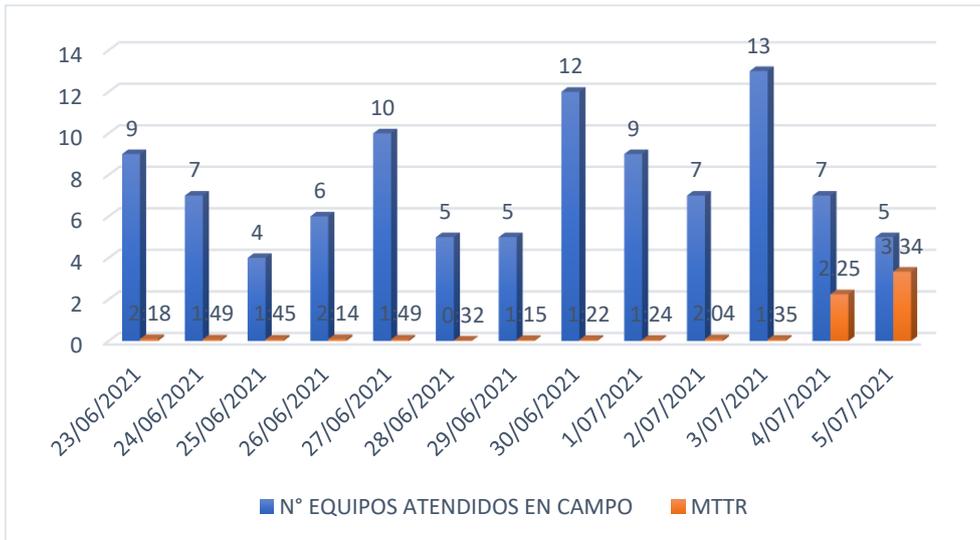


Figura 46. Equipos atendidos en el campo - MTTR, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Tabla 33.

Reporte de PMS realizados de la guardia

REPORTE DE PMS REALIZADOS DE LA GUARDIA MHC DEL 23/06/2021 AL 06/07/2021														
N	Equipo	PM	Fecha y hora parada dispatch	Guardia Inicia PM (A/B/C/D)	TUR NO DE INICIO DEL PM	Mecánico responsable Inicio DEL PM	FECHA DE FIN DE +HORA REAL TERMINO DEL PM	Tiempo real de hora s de PM	Guardia QUE TERMINA EL PM	Mecánico responsable que terminó el PM	Fecha /hora de Entrega de Equipo Operativo en Dispatch	FECHA Y HORA de la primera parada después del PM	HORA S DE LA PRIME RA PARA DA	Motivo de la Parada
1	HT1 31	PM8	23/6/2021 22:16	MHC	NOC HE	JUAN PAXI	24/6/2021 7:44	9:28	MHC	JUAN PAXI	24/6/2021 7:44		0:00	NO PRESENTA PARADA
2	HT1 42	PM2	25/6/2021 20:33	MHC	NOC HE	JUAN PAXI	26/6/2021 5:07	8:34	MHC	JUAN PAXI	26/6/2021 5:07	30/06/2021 23:13	114:06	FUGA ACEITE POR TAPA LLENADO ACEITE MOTOR
3	HT1 68	PM2	28/6/2021 20:34	MHC	NOC HE	JUAN PAXI	29/6/2021 5:50	9:16	MHC	JUAN PAXI	29/6/2021 5:50	29/06/2021 07:39	1:49	INSTALAR SEGUR SISTEMA AFEX
4	HT1 57	PM6	1/7/2021 7:58	MHC	DÍA	JUAN PAXI	1/7/2021 17:40	9:42	MHC	JUAN PAXI	1/7/2021 17:40	05/07/2021 17:15	95:35	ALARMA MOTOR DE ARRANQUE
5	HT0 67	PM5	2/7/2021 8:00	MHC	DÍA	JUAN PAXI	2/7/2021 19:00	11:00	MHC	JUAN PAXI	2/7/2021 23:55		0:00	NO PRESENTA PARADA
6	HT0 63	PM5	3/7/2021 9:56	MHC	DÍA	JUAN PAXI	3/7/2021 18:15	8:19	MHC	JUAN PAXI	3/7/2021 18:15		0:00	NO PRESENTA PARADA
7	HT1 08	CAMB. ACEITE MOTOR	24/6/2021 1:03	MHC	NOC HE	EMILIO MIRANDA	24/6/2021 2:30	1:27	MHC	EMILIO MIRANDA	24/6/2021 2:30	26/06/2021 07:00	52:30	PROBLEMAS DE ARRANQUE
8	HT1 18	CAMB. ACEITE MOTOR	23/6/2021 21:59	MHC	NOC HE	EMILIO MIRANDA	23/6/2021 23:40	1:41	MHC	EMILIO MIRANDA	23/6/2021 23:40	30/06/2021 02:33	146:53	FARO RETROCESO QUEMADO

9	HT1 44	PM2	27/6/2021 20:07	MHC	NOC HE	EMILIO MIRANDA	28/6/2021 5:21	9:14	MHC	EMILIO MIRANDA	28/6/2021 5:21	28/06/2021 14:52	9:31	REGULAR ASIENTO OPERADOR
1	HT3 00	PM8	30/6/2021 7:00	MHC	DÍA	EMILIO MIRANDA	30/6/2021 18:15	11:15	MHC	EMILIO MIRANDA	30/6/2021 18:15	05/07/2021 20:36	122:21	FUGA ACEITE HIDRÁULICO LÍNEA BOMBA LEVANTE
1	HT1 11	PM4	1/7/2021 8:17	MHC	DÍA	EMILIO MIRANDA	1/7/2021 18:00	9:43	MHC	EMILIO MIRANDA	1/7/2021 18:00		0:00	NO PRESENTA PARADA
1	HT1 28	PM4	3/7/2021 9:05	MHC	DÍA	EMILIO MIRANDA	3/7/2021 22:15	13:10	MHC	EMILIO MIRANDA	3/7/2021 22:15		0:00	NO PRESENTA PARADA
1	HT0 89	PM2	5/7/2021 9:05	MHC	DÍA	EMILIO MIRANDA	5/7/2021 19:20	10:15		EMILIO MIRANDA	5/7/2021 19:20		0:00	NO PRESENTA PARADA
1	HT1 24	PM	6/7/2021 9:09	MHC	DÍA	EMILIO MIRANDA	6/7/2021 19:00	9:51		EMILIO MIRANDA	6/7/2021 19:00		0:00	NO PRESENTA PARADA
1	HT1 57	PM4	26/6/2021 20:10	MHC	NOC HE	LUIS ARAUCO	27/6/2021 6:01	9:51	MHC	LUIS ARAUCO	27/6/2021 6:01	28/06/2021 14:57	32:56	REGULAR ESPEJO LH
1	HT1 68	PM2	2/7/2021 5:23	MHC	DÍA	LUIS ARAUCO	2/7/2021 17:36	12:13	MHC	LUIS ARAUCO	2/7/2021 17:36		0:00	NO PRESENTA PARADA
1	HT0 97	PM8	4/7/2021 9:27	MHC	DÍA	LUIS ARAUCO	4/7/2021 18:30	9:03	MHC	LUIS ARAUCO	4/7/2021 18:30		0:00	NO PRESENTA PARADA

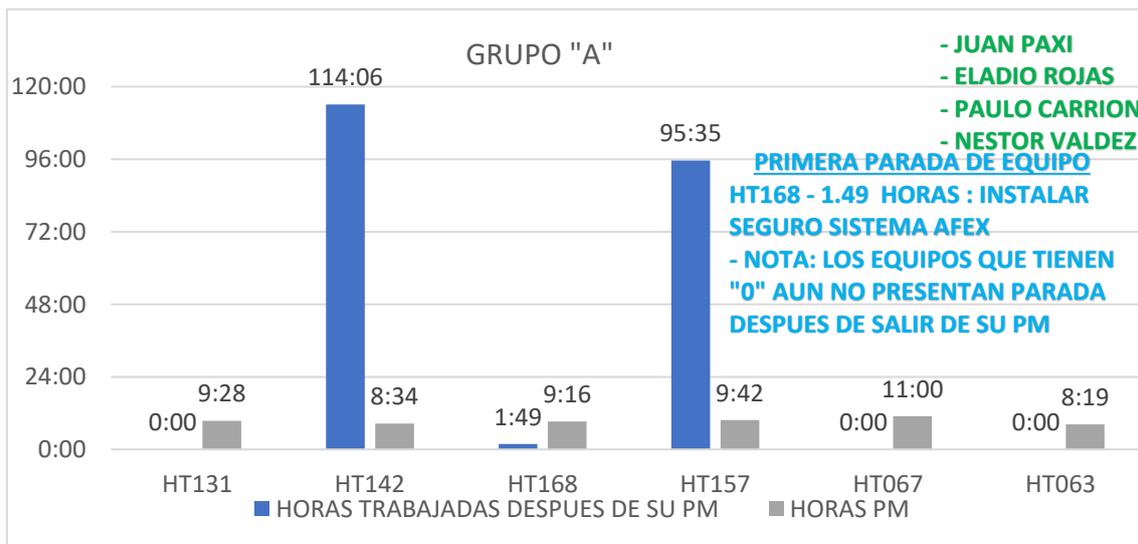


Figura 47. Resultados del grupo A- reporte de PMS realizados de la guardia, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Se puede evidenciar, después de realizar PMS, en el grupo A se observa que hay una disponibilidad significativa en tiempo real de horas después de su PM que equivale a un 114.05 y 95.35, de los camiones de acarreo.

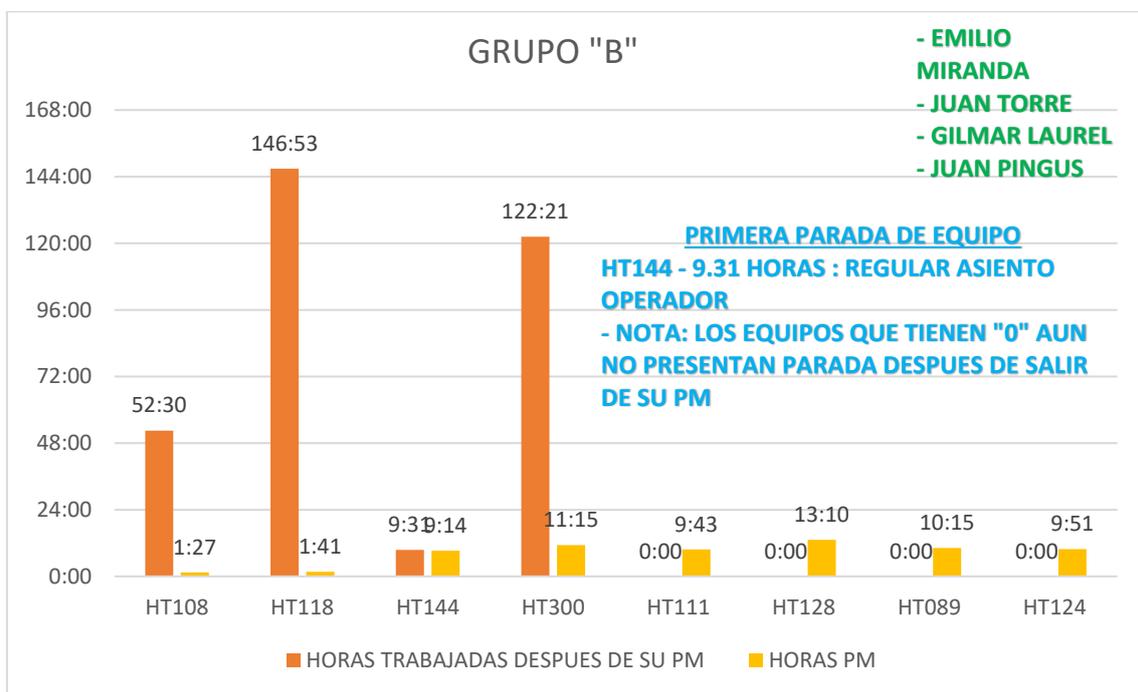


Figura 48. Resultados del grupo A- reporte de PMS realizados de la guardia, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Se puede evidenciar, después de realizar PMS en el grupo B, se observa que hay una disponibilidad significativa en tiempo real de horas después de su PM que equivale a un 146.53 y 122.21, de los camiones de acarreo

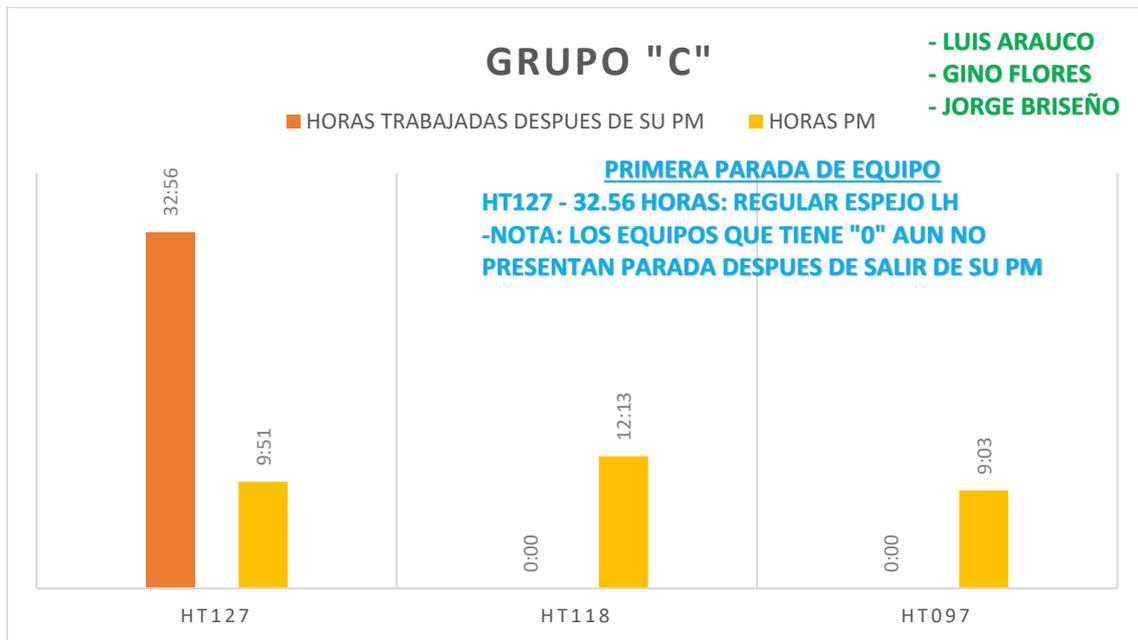


Figura 49. Resultados del grupo A- reporte de PMS realizados de la guardia, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Se puede evidenciar, después de realizar PMS en el grupo C, se observa que hay una disponibilidad significativa en Tiempo real de horas después de su PM que equivale a un 32.56, de los camiones de acarreo.

5.1.4 Reducción de horas por paradas no programadas

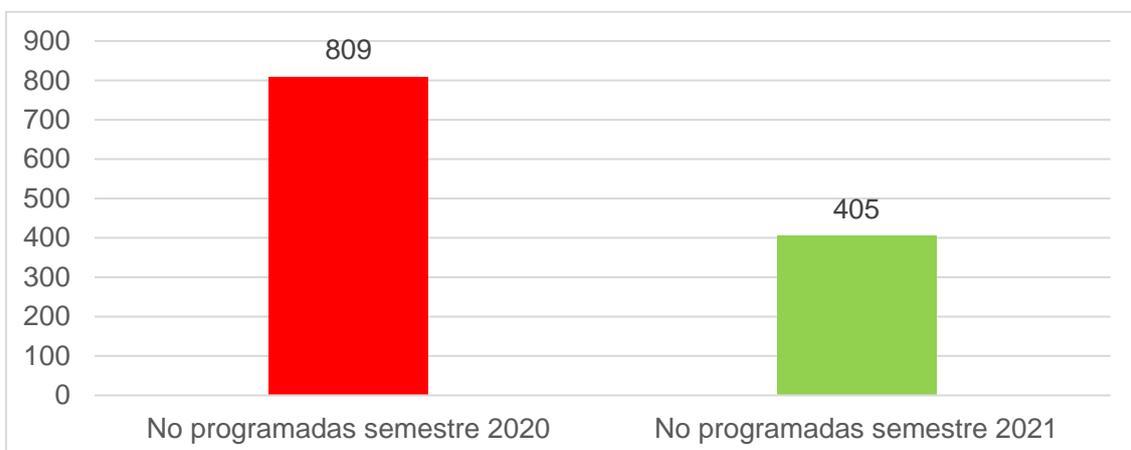


Figura 50. Reducción de horas por paradas no programadas, por la Empresa Minera Antamina. 2021.

Se consiguió reducir el número de horas por paradas no programadas en 50.06% respecto del último semestre del año 2020 y el primer semestre del año 2021 que fue monitoreado por el sistema dispatch según (ANEXO N° 2).

Se logró disminuir en 404 horas las paradas no programadas, estas horas se sumaron a la producción.

Comparación de los semestres 2020 y 2021 para las paradas no programadas.

CONCLUSIONES

Primera: En cuanto a la aplicación, el sistema DISPATCH para mejorar el MTBF y MTTR en el programa de mantenimiento de los componentes de camiones, mejoró significativamente la planificación y las estrategias de mantenimiento, permitiendo anticipar las fallas de los componentes, así como la reducción de tiempo de parada.

Segunda: Se identificó la disponibilidad mecánica de los componentes con la aplicación del sistema DISPATCH en la flota de camiones de acarreo en la Empresa Minera Antamina, tuvo un impacto positivo en la disponibilidad mecánica, con una diferencia favorable del 90,1 % alcanzada en el mes de junio, en el último mes en el que se realizó la supervisión de las pruebas, demostrando la eficacia del sistema.

Tercera: Se analizó el proceso actual de mantenimiento de los componentes en flota de camiones de acarreo, se detectó un aumento significativo de los eventos potenciales tras la aplicación del sistema que pudo haber dado lugar a fallos críticos, que habrían provocado que el camión se hubiera quedado con fallas críticas durante un periodo de tiempo prolongado. Con la implementación del sistema DISPATCH en el taller de mantenimiento, se mejoró significativamente el estado actual, permitiendo una evaluación más precisa de la criticidad de la falla, lo que dio lugar a un aumento del 25,17 % en el tiempo medio entre las fallas.

RECOMENDACIONES

Primera: se recomienda utilizar una propuesta de mejora para minimizar los eventos o fallas de los subcomponentes.

Segunda: Se recomienda la instalación del Sistema Dispatch en toda tipo de maquinaria pesada para evitar fallas catastróficas que generen gastos y malas atenciones a los clientes.

Tercera: Actualización constante de guías y capacitación del personal en el uso de las nuevas tecnologías para tener efectividad en la intervención del equipo.

Cuarta: Incorporación de nuevo personal especializado para apoyar en el proceso de reparación y mantenimiento de las maquinarias y equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALFARO, A. Implementación de un Sistema Dispatch para incrementar la productividad de acarreo en la mina El Toro – Summa Gold Corporation S.A.C. Tesis (Título de Ingierno de Minas) Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2022. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3206248?locale=es>
- ALAVEDRA, C. et al. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. Revista Ingeniería Industrial, 2016, 34. [Fecha de Consulta: 6 marzo 2023]. ISSN 1025-9929. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/3837>.
- ANAGUANO, R. Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura: caso empresa Vicunha. Tesis (Título de Magister en Dirección de Empresas). Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, 2018. 135 pp. [Fecha de Consulta: 6 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6344>.
- BUELVAS, C. y MARTÍNEZ, K. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe, 2014. Disponible en: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf>
- BUSTAMANTE, J. Optimización de la productividad de los equipos de carguío y acarreo en Gold Fields La Cima S.A. mediante la disminución de las demoras operativas más significativas. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3232730>
- CÁCERES, R. y LEÓN, A. Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo caterpillar 793f de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional. Tesis (Título de Ingeniero de Energía). Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2017. 208 pp. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2803>
- CASTILLO, J. Factor equivalente entre la flota de carguío y acarreo y su aplicación en el área de Dispatch en minera Yanacocha. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9227>.

- CATERPILLAR. Mantenimiento y asistencia, Cat. 2000. Disponible en: https://www.cat.com/es_ES/support/maintenance.html.
- CHURA, W. Propuesta de un plan de control de utilización para flotas de acarreo de una mina a tajo abierto. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Continental, 2019. 101 pp. Disponible en <https://repositoriodemo.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7109>
- COKCHI, H. Dispatch, la tecnología con la que Antamina controla su flota de camiones. Energiminas. 4 diciembre 2018 [en línea]. [Fecha de Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://energiminas.com/dispatch-la-tecnologia-con-la-que-antamina-controla-su-flota-de-camiones/>.
- CRUZ, V. Mejora del plan de mantenimiento preventivo y su impacto en la disponibilidad de la perforadora sks12 en una empresa minera. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2020. 138. pp. [Fecha de Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42801>
- ECHEVARRÍA, E. y ECHEVARRÍA, M. Implementación del sistema MineCare para la mejora en la disponibilidad de la flota de acarreo KOMATSU 930E de la Cía. Minera Antamina. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016. 120 pp. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13036>
- LEIVA, D. Implementación del sistema dispatch: control de equipos de carguío y acarreo en minería a cielo abierto para optimizar costos operativos en la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A. Mina 5 - Marcona – Perú. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4316>
- MODULAR MINING, 2018. El sistema de gestión de flota (FMS) DISPATCH ayuda a la mina a optimizar su ciclo de transporte y a reducir drásticamente los tiempos de inactividad de los camiones, 2018. [Consulta: 18 febrero 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3SOX8pA>
- NAMAY, D. y RAMOS, E. Diseño de un plan de gestión de mantenimiento de los camiones mineros CAT 793 para incrementar la productividad de acarreo de una empresa minera cajamarquina, S.R.L., 2019. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019. 187 pp. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24363>

- OCHOA, I. Diseño e informatización de un plan de mantenimiento preventivo para los vehículos de la empresa conducir. Tesis (Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz). Loja: Universidad Nacional de Loja. [Fecha de Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/21547>
- PADILLA, C. Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Automotriz). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2012. 214 pp. [Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>
- PARRA, A. 2019. Análisis del metrado de las tareas de mantenimiento preventivo para la mejora de la disponibilidad mecánica de los equipos auxiliares en la Compañía Minera Antamina Perú, 2019. Tesis (Bachiller en Ingeniería Industrial). Arequipa: Universidad Continental. 2019. 84 pp. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8392>
- PALENCIA, C., 2014. Mantenimiento predictivo: Pasos para hacerlo [2022]. [en línea]. [Consulta: 6 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-predictivo/>.
- RAMÍREZ, N. y URRUTIA, R., 2019. Diseño de un plan de gestión de mantenimiento de los camiones mineros CAT 793 para incrementar la productividad de acarreo de una empresa minera cajamarquina, S.R.L., 2019. , pp. 187.
- ROSALES, C. Rentabilidad | Mantenimiento & Mentoring Industrial. 2016. [Fecha de Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://mantenimiento-mi.es/etiqueta/rentabilidad>.
- RUBIO, W. Plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavita. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico. Tunja: Universidad Santo Tomas. 2019. [Fecha de Consulta: 29 agosto 2021]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/19188>
- SAAVEDRA, J. y SALAZAR, J. Implementación de una central de control y monitoreo portátil para reducir los costos de carguío y acarreo de la contrata M.J.B. Transportes Sagitario S.A.C. en la mina los Andes Perú Gold, 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. 68 pp. [Fecha de Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14946>

- SÁNCHEZ, L., 2018. El Dispatch. Trabajo minero en forma remota. Revista de la Escuela de Antropología, no. XXIV, pp. 1-14. ISSN 2618-2998. DOI 10.35305/revistadeantropologia.v0iXXIV.69.
- SUÁREZ GUERRA, L.M., 2018. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la rentabilidad de la empresa de transportes y turismo Emicer E.I.R.L, 2018. Tesis (Título de Ingeniera Industrial). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018. [Fecha de Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25287>
- TORRE, A. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad de la empresa Corpomecator S. R. L. Lima 2021. Trabajo de Suficiencia (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4731405>
- VARGAS CUETO, E.L. y HERMOZA SALAS, A., 2014. Sistema de información para monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una compañía minera. En: Accepted: 2017-06-20T16:41:00Z, Universidad Inca Garcilaso de la Vega [en línea], [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/694>.
- VARGAS, E. y HERMOZA, A. Sistema de información para monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una compañía minera. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. COMTEL 2014: VI Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones, 2014. [Fecha de Consulta: 7 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/694>
- VILAVILA, J. Sistema de control de operaciones mineras empleando Dispatch en Mina a Tajo Abierto. Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. [Fecha de Consulta: 7 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3852>

ANEXOS

Anexo N° 1: Instrumento de recolección de reporte de paradas de dispatch

Fecha	Equipo	nameb (Reason)	Flota	Ipo de Pa	Tempo
01-Ene	HT105	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793C	Planificado	1.17
01-Ene	HT119	Maint 43000 SM - RUEDAS Y LLANTAS	793C	Planificado	4.30
01-Ene	HT134	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793C	Planificado	5.08
01-Ene	HT120	Maint 42501 NP - SISTEMA DE FRENOS	793C	Correctivo	1.50
01-Ene	HT109	Maint 99999 NP - ACCIDENTE OPERACIONES	793C	Correctivo	0.98
01-Ene	HT153	Maint 12501 NP - SISTEMA DE COMBUSTIBLE	793D	Correctivo	0.68
01-Ene	HT119	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793C	Planificado	4.47
01-Ene	HT113	Maint 14501 NP - SISTEMA DE ARRANQUE	793C	Correctivo	0.53
01-Ene	HT143	Maint 10001 NP - MOTOR	793D	Correctivo	1.32
01-Ene	HT127	Maint 43001 NP - RUEDAS Y LLANTAS	793C	Correctivo	0.32
01-Ene	HT105	Maint 70501 NP - CHASIS GUARDAS Y PLATAFORMAS	793C	Correctivo	1.55
01-Ene	HT147	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	0.48
01-Ene	HT119	Maint 70501 NP - CHASIS GUARDAS Y PLATAFORMAS	793C	Correctivo	3.03
01-Ene	HT134	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT144	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT145	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT140	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT154	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT148	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT129	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793C	Planificado	23.98
01-Ene	HT132	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT138	Standby 999 OUT OF PLAN	793D	Correctivo	23.98
01-Ene	HT141	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	23.98
01-Ene	HT150	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	15.38
01-Ene	HT125	Standby 999 OUT OF PLAN	793C	Correctivo	23.98
01-Ene	HT123	Standby 999 OUT OF PLAN	793C	Correctivo	23.98
01-Ene	HT110	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793C	Planificado	0.02
02-Ene	HT142	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	0.05
02-Ene	HT149	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	0.83
02-Ene	HT136	Maint 72501 NP - TOLVA / TORRE / GANZO	793C	Correctivo	1.60
02-Ene	HT113	Maint 14501 NP - SISTEMA DE ARRANQUE	793C	Correctivo	0.57
02-Ene	HT142	Maint 42000 SM - RUEDAS Y LLANTAS	793D	Planificado	3.55
02-Ene	HT142	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	0.17
02-Ene	HT136	Maint 99999 NP - ACCIDENTE OPERACIONES	793D	Correctivo	1.42
02-Ene	HT141	Maint 75000 SM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PR	793D	Planificado	6.12
02-Ene	HT143	Maint 10001 NP - MOTOR	793D	Correctivo	1.08
02-Ene	HT147	Maint 43001 NP - SISTEMA DE DIRECCION	793D	Correctivo	6.83
02-Ene	HT126	Maint 72501 NP - TOLVA / TORRE / GANZO	793C	Correctivo	1.65
02-Ene	HT109	Maint 99999 NP - ACCIDENTE OPERACIONES	793C	Correctivo	0.32
02-Ene	HT133	Maint 14001 NP - SISTEMA ELECTRICO	793D	Correctivo	0.65
02-Ene	HT137	Maint 10000 SM - MOTOR	793D	Planificado	0.33
02-Ene	HT126	Maint 72001 NP - SUSPENSION Y GATAS	793C	Correctivo	0.65
02-Ene	HT127	Maint 72001 NP - SUSPENSION Y GATAS	793C	Correctivo	3.55
02-Ene	HT128	Maint 72001 NP - SUSPENSION Y GATAS	793C	Correctivo	0.95
02-Ene	HT128	Maint 10001 NP - MOTOR	793C	Correctivo	0.03
02-Ene	HT128	Maint 10001 NP - MOTOR	793C	Correctivo	0.67
02-Ene	HT147	Maint 43001 NP - SISTEMA DE DIRECCION	793D	Correctivo	0.35
02-Ene	HT128	Maint 10001 NP - MOTOR	793C	Correctivo	0.77
02-Ene	HT150	Maint 99999 NP - ACCIDENTE OPERACIONES	793D	Correctivo	0.57
02-Ene	HT141	Maint 70500 SM - CHASIS GUARDAS Y PLATAFORMAS	793D	Planificado	14.87
02-Ene	HT110	Maint 74001 NP - DISPOSITIVOS DE PROTECCION ALAR	793C	Correctivo	0.12
02-Ene	HT128	Maint 13501 NP - SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE MOT	793C	Correctivo	0.90
02-Ene	HT115	Maint 73001 NP - CABINA	793C	Correctivo	0.35

Anexo N° 2: Mantenimiento de componentes campo

Registro fotográfico del proceso de reparación por mantenimiento no programado

Durante estas actividades de mantenimiento se procedió a realizar las guías de observación para el análisis respectivo

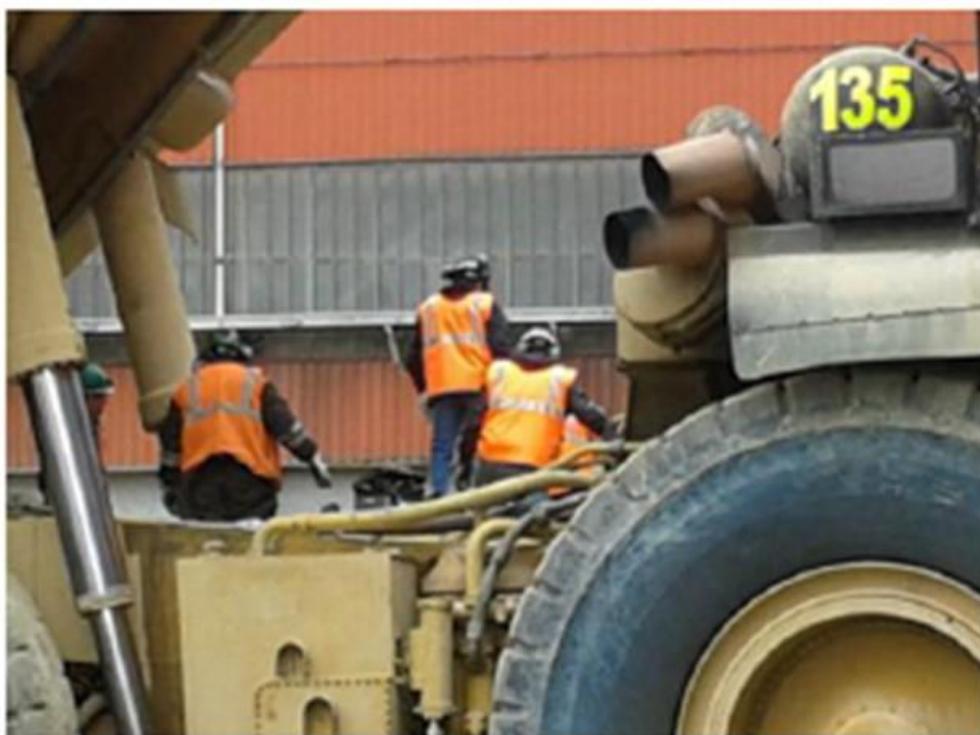
Reparación del Mando Final Derecho



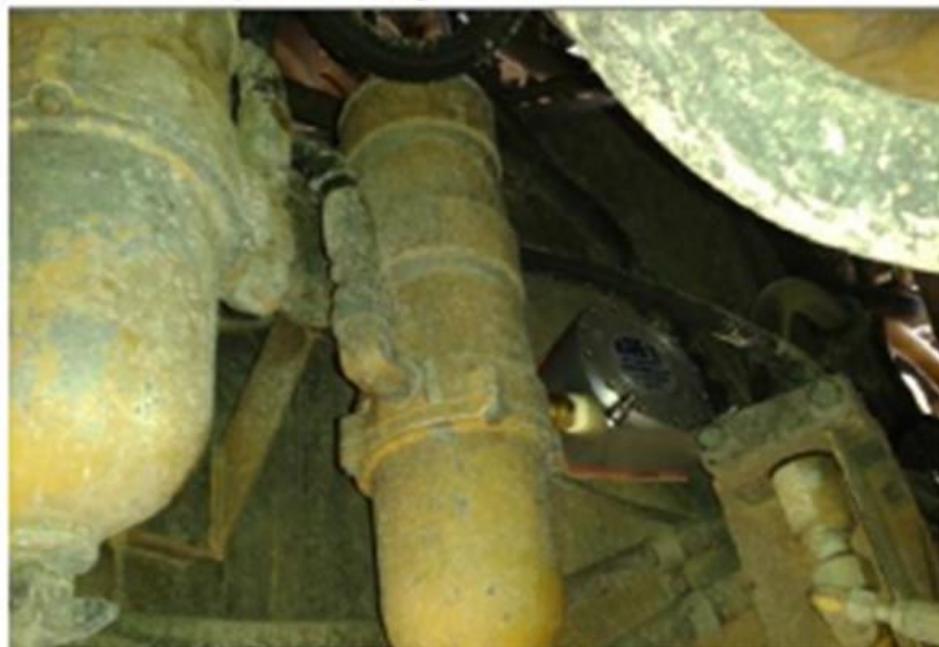
Falla de inyector por contaminación del combustible



Evaluación de funcionamiento de la transmisión



Separador de agua de combustible saturado



Problemas de alta temperatura en turbos de altas RPM



Cambio de Mecanismo del mando de Bombas por falla



Anexo N° 3 Programa de mantenimiento

Equipo	Fecha	Hora	Duración	Estado	Cód.	Categoría	Razón	Comentarios	Cód.	Razón	Comentarios
HT201	31-jul-20	19:00:00	36:00:00	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FERREYROS	x		x
HT202	31-jul-20	19:00:00	12:00:00	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FERREYROS	x		x
HT108	01-AGO-20	03:11:10	00:01:31	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NA38 T CAMB TURBO BAJA CENTRAL RH	x		Detención de 1 minuto
WT09	01-AGO-20	10:58:25	00:10:12	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ASPERSORES	No aplica		x
WT09	01-AGO-20	11:22:38	00:02:01	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ASPERSORES	No aplica		x
WT09	01-AGO-20	11:29:31	00:03:45	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ASPERSORES	No aplica		x
WT09	01-AGO-20	12:29:24	02:05:51	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ASPERSORES	No aplica		x
WT01	01-AGO-20	17:50:31	07:26:07	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ENTRA AGUA A LA CABINA	No aplica		x
WT010	01-AGO-20	15:25:40	03:34:20	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	TEMPERATURA DE REFRIGERANTE	No aplica		x
HT901	01-AGO-20	16:22:54	11:19:43	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE BAJO	No aplica		x
HT901	01-AGO-20	0.68256944	0.47202546	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE BAJO	No aplica		x
HT201	02-AGO-20	19:00:00	12:00:00	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FERREYROS	x		x
HT915	02-AGO-20	21:54:25	03:21:34	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	CALEFACCIÓN	No aplica		x
HT201	03-AGO-20	11:00:00	24:02:40	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FERREYROS	x		x
HT163	03-AGO-20	18:47:15	00:12:45	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-MÚLTIPLES ALARMAS	x		x
WT08	03-AGO-20	17:23:20	38:21:19	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE	No aplica		x
WT900	03-AGO-20	18:25:27	23:15:28	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica		x
HT914	03-AGO-20	18:24:10	00:35:50	Det.E	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	LUCES INTERMITENTES	No aplica		x

HT20 1	04- AGO-20	19:07:15	11:52:45	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FALTA PERS FERREYR	x	x
HT13 2	04- AGO-20	18:53:48	00:06:12	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-LLANTAS	601	NA53 T CAMBIO LLANTAS POS 5
HT16 6	04- AGO-20	05:01:36	00:04:34	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-MÚLTIPLES ALARMAS	x	x
HT16 6	04- AGO-20	06:50:27	00:09:33	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	PROPULSIÓN REDUCIDA	152	NA08C LIMPIEZA TARJETAS PROPULSIÓN
HT16 7	04- AGO-20	09:43:03	00:19:26	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	PA42 T CAMBIO HARNESS MOTOR	6148	
WT0 01	04- AGO-20	07:46:38	00:34:50	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA 42 C FALLA ELECTROVÁLVULA PERNO ROTO
WT0 01	04- AGO-20	08:41:45	17:23:32	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA42 C REPAR ELECTROVÁLVULA
WT0 10	04- AGO-20	08:04:04	00:15:38	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	LLANTAS	No aplica	NA53 T CAMBIO LLANTA POS 3/4
WT0 10	04- AGO-20	16:03:54	09:41:42	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	LLANTAS	No aplica	NA53 T CAMBIO LLANTA POS 3/4
WT0 11	04- AGO-20	18:55:19	01:20:40	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR REFRIGERANTE	No aplica	NA37 C RELLENO REFRIGERANTE 10gl
HT91 5	04- AGO-20	10:57:14	08:32:03	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE	No aplica	NA37 C RELLENO REFRIGERANTE 10gl
HT20 1	05- AGO-20	19:00:00	12:00:00	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FALTA PERS FERREYR	x	x
WT0 09	05- AGO-20	15:32:57	00:45:43	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSOR POSTERIOR
WT0 01	05- AGO-20	07:50:40	35:18:32	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR ASPERSORES	No aplica	NA42 C REPAR. ELECTROVÁLVULA
HT20 1	06- AGO-20	19:00:00	12:00:00	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FALTA PERS FERREYR	x	x
HT10 5	06- AGO-20	18:51:48	00:16:58	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	INSPECCIÓN LLANTAS	601	NA00 C INSPECCIÓN LLANTAS POS 5/NEUMA
HT13 8	06- AGO-20	06:11:33	11:24:26	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM	900	PA49 T PM6/D CAMPOBLANCO
WT0 08	06- AGO-20	06:15:11	00:45:32	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE	No aplica	NA37 C RELLENO REFRIGERANTE
WT0 08	06- AGO-20	08:25:25	01:36:36	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSOR POSTERIOR
WT0 09	06- AGO-20	08:03:31	02:26:33	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR ASPERSOR POSTERIOR

WT9 00	06- AGO-20	14:29:15	03:08:25	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSORES
WT0 11	06- AGO-20	06:41:29	01:39:30	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSORES
HT07 3	07- AGO-20	07:05:23	00:02:03	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NA06 C EVENTOS MÚLTIPLES DE MOTOR	409	NA06 C LIMP. CONECTOR SENSOR FILTRO AIRE
HT08 0	07- AGO-20	18:53:25	00:06:35	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	PA49 C MUESTREO ACEITES	877	
HT11 4	07- AGO-20	18:59:16	00:00:44	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NO ARRANCA	316	NA57 C EQUIPO NO ARRANCA
HT15 0	07- AGO-20	12:41:20	00:08:03	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	PB49 C MUESTREO ACEITE PREDICTIVO	877	
HT16 9	07- AGO-20	05:53:48	01:06:12	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	PA49 T R&I ROD CONTROL	135	
WT0 07	07- AGO-20	07:50:57	00:09:36	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	DESFOGUE PARTE INFERIOR	No aplica	NA18 T FUGA ACEITE HIDRÁULICO
WT0 08	07- AGO-20	06:30:14	00:47:54	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSORES
WT0 08	07- AGO-20	18:02:39	16:09:10	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSORES
WT0 09	07- AGO-20	09:41:59	24:30:21	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	CAMBIO BOMBA LEVANTE	No aplica	NA35 T CAMBIO BOMBA LEVANTE
WT0 01	07- AGO-20	08:55:09	00:10:16	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE	No aplica	NA22 C REPAR. FUGA DE REFRIGERANTE
WT0 01	07- AGO-20	18:23:31	12:02:35	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	SELLO DE POLVO	No aplica	NA07 C CAMBIO SELLO PUERTA RH
WT9 00	07- AGO-20	11:29:50	02:35:19	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	TAPA DE REFRIGERANTE	No aplica	NA43 C REPOSICIÓN TAPA RADIADOR
WT0 10	07- AGO-20	05:24:47	05:37:00	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	LLANTAS	No aplica	ND00 C INSPECCIÓN LLANTAS/NEUMA
WT0 11	07- AGO-20	06:39:40	01:04:52	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE	No aplica	ND37 C RELLENO REFRIGERANTE
WT0 11	07- AGO-20	15:23:17	09:51:13	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	MANGUERA DE DIRECCIÓN	No aplica	NA18 C CAMBIO MANGUERA DIRECCIÓN
HT91 4	07- AGO-20	15:48:55	04:09:14	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR AIRE	No aplica	ND19 C REPAR. FUGA DE AIRE
HT91 5	07- AGO-20	14:59:46	04:04:43	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE	No aplica	ND22 C REPAR. FUGA DE REFRIGERANTE
HT09 4	08- AGO-20	09:52:19	00:07:41	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	ND18 C FUGA ACEITE + CINTURÓN SEG	1706	

HT09 4	08- AGO-20	10:00:00	00:29:06	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	ND18 C FUGA ACEITE + CINTURÓN SEG	1706	
HT13 2	08- AGO-20	09:39:43	08:08:05	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM6 C.CUSICAHUA	900	
HT15 7	08- AGO-20	18:54:14	00:05:46	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NO ARRANCA	308	ND30 C CAMB. BOMBA PRELUBRICACIÓN
HT16 1	08- AGO-20	06:48:50	00:11:10	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ND15 C BOTAPIEDRA RH GOLPEA CON MT	144	
WT0 08	08- AGO-20	22:56:07	00:22:34	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR ASPERSORES	No aplica	ND28 C REPAR. ASPERSORES
WT0 09	08- AGO-20	17:43:23	01:25:14	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	ND28 C REPAR. ASPERSORES
WT0 10	08- AGO-20	01:56:12	04:12:11	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA DE ACEITE HIDRÁULICO	No aplica	ND18 C REPAR. FUGA ACEITE HIDRÁULICO
WT0 10	08- AGO-20	07:44:10	07:44:52	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA DE ACEITE	No aplica	NA18 C AJUSTE CONECTOR MANGUERA
HT09 7	09- AGO-20	06:12:35	11:38:05	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM2	900	PA49 T PM2/D CAMPOBLANCO
HT10 6	09- AGO-20	17:28:06	10:15:33	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM4/R ARIAS	900	
WT0 07	09- AGO-20	00:25:30	06:50:25	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ND42 T EVENTO CTRL TR MOTOR ERROR	No aplica	ND42 T EVENTO CTRL TR MOTOR ERROR
WT0 07	09- AGO-20	09:40:28	08:39:48	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	SISTEMA ELÉCTRICO	No aplica	NA42 T REPAR CABLEADO SIST LEVANTE
WT0 09	09- AGO-20	13:36:58	15:06:52	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES NO ABREN	No aplica	NA28 T REPAR ASPERSORES POSTERIORES
WT0 01	09- AGO-20	16:42:41	02:28:24	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NO TRABAJA LOS ASPERSORES	No aplica	NA28 T REPAR ASPERSORES POSTERIORES
WT9 00	09- AGO-20	14:48:24	02:45:42	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR ASPERSORES)+	No aplica	NA28 T REPAR ASPERSORES POSTERIORES
WT0 10	09- AGO-20	11:32:06	00:02:50	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA DE REFRIGERANTE	No aplica	NA22 C CAMBIO MANGUERA REFRIGERANTE
WT0 11	09- AGO-20	11:10:30	11:22:31	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA DE REFRIGERANTE	No aplica	NA22 C CAMBIO MANGUERA REFRIGERANTE
HT20 1	10- AGO-20	08:52:08	01:29:45	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	CAMBIO CÁMARA CAB	273	NA00 C INSTAL BASE CÁMARA ENTRENAMIENTO
HT20 1	10- AGO-20	10:21:53	03:52:17	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	CAMBIO CÁMARA CAB	273	NA00 C INSTAL BASE CÁMARA ENTRENAMIENTO
HT20 2	10- AGO-20	06:12:34	15:57:32	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM FESA	900	PA49 T PM2/FESA

HT16 4	10- AGO-20	07:35:40	08:22:41	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM2/D CAMPOBLANCO	900	
HT16 4	10- AGO-20	22:40:40	00:11:51	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	VELOCIDAD LIMITADA	605	ND06 C EVENTO VELOCIDAD LIMITADA
WT0 08	10- AGO-20	06:56:28	01:00:59	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	LIMPIA PARA BRISAS NO SE APAGA	No aplica	ND25 C LIMPIA PARABRISA NO APAGA
WT0 08	10- AGO-20	15:17:00	01:48:34	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR LIMPIA PARABRISAS	No aplica	NA56 C AJUSTE PERNO LIMPIAPARABRISA
WT0 08	10- AGO-20	17:37:11	01:22:54	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	PROBLEMAS CON LA TRASMISIÓN	No aplica	NA25 C LIMP. CONECTOR TARJETA MARCHAS
WT0 09	10- AGO-20	08:14:23	06:03:38	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES NO TRABAJAN	No aplica	NA28 C REPAR. ASPERSORES
WT0 10	10- AGO-20	00:59:01	04:14:09	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA ACEITE	No aplica	ND18 C REPAR. FUGA ACEITE MOTOR
WT0 10	10- AGO-20	18:17:12	08:44:00	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	SISTEMA AFEX	No aplica	ND06 C LIMP. CONECTOR SIST AFEX
WT0 11	10- AGO-20	12:54:49	01:40:20	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA DE REFRIGERANTE	No aplica	NA22 C CAMBIO LÍNEA REFRIGERANTE
HT91 4	10- AGO-20	19:02:00	07:28:20	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NO ARRANCA	No aplica	ND57 C ARRANQUE DE EQUIPO
HT15 0	11- AGO-20	08:52:33	10:07:27	Det.E qui	87 8	Det. Equipo Programada	PM	PA49 T PM8/R ARIAS	900	
WT0 07	11- AGO-20	14:39:08	01:29:19	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NO ARRANCA	No aplica	ND57 C ARRANQUE DE EQUIPO
WT0 11	11- AGO-20	11:25:24	01:29:53	Det.E qui	31 9	Det. Equipo No Programa	RESERVORIO DE AGUA + BOMB	POR FUGA DE REFRIGERANTE	No aplica	ND22 C CAMBIO LÍNEA REFRIGERANTE
WT0 11	11- AGO-20	12:55:17	03:07:01	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR FUGA DE REFRIGERANTE	No aplica	ND22 C CAMBIO LÍNEA REFRIGERANTE
HT06 2	12- AGO-20	18:44:31	00:08:35	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-MAQUINA FRIO	667	ND46 C EVENTO MÁQUINA FRIO
HT07 3	12- AGO-20	18:47:26	00:03:30	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-TRANSMISIÓN	667	ND46 C EVENTO MÁQUINA FRIO
HT12 2	12- AGO-20	14:14:22	02:28:48	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	PD30 T CAMBIO MODULO SPECTO	6361	
HT16 6	12- AGO-20	16:47:16	13:31:39	Det.E qui	90 0	Det. Equipo Programada	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	PD49 T EVAL SEÑAL DE BLOWBY	6332	PD49 T EVAL SEÑAL BLOWBY
WT0 08	12- AGO-20	21:34:34	17:08:54	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES	No aplica	NA28 C REPAR ASPERSORES
WT0 11	12- AGO-20	08:44:07	00:40:33	Det.E qui	90 1	Det. Equipo No Programa	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X FUGA DE REFRIGERANTE	No aplica	ND22 C CAMBIO LÍNEA REFRIGERANTE

WT011	12-AGO-20	20:18:59	10:55:53	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	POR RADIADOR	No aplica	NA22 T REPAR TINA SUPERIOR RADIADOR
HT105	13-AGO-20	06:48:30	00:12:16	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	INSPECCIÓN LLANTAS	601	ND00 C INSPECCIÓN LLANTAS
HT123	13-AGO-20	19:06:54	00:12:06	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-TOLVA	280	NA00 C INSPECCIÓN PADS TOLVA
WT008	13-AGO-20	21:00:24	05:42:52	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA DE AIRE	No aplica	NA19 C REPAR FUGA AIRE X ASPERSOR
WT009	13-AGO-20	17:04:23	00:01:26	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ASPERSORES NO TRABAJAN	No aplica	ND28 C REPAR ASPERSORES POSTERIORES
WT009	13-AGO-20	17:07:13	00:00:45	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X ARRANQUE	No aplica	ND57 C ARRANQUE DE EQUIPO
WT010	13-AGO-20	05:22:21	01:36:21	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	AFEX	No aplica	ND42 C LIMPIEZA CONECTOR AFEX
HT914	13-AGO-20	19:36:07	00:40:09	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	QUINTA RUEDA DOBLADA	No aplica	NA10 C ENDEREZADO SOPORTE PIN TORNAMESA
HT915	13-AGO-20	20:45:25	01:02:57	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	REFRIGERANTE BAJO	No aplica	NA37 C RELLENO REFRIGERANTE
HT087	14-AGO-20	11:55:22	00:11:35	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	NO ARRANCA	455	ND57 C ARRANQUE DE EQUIPO
HT104	14-AGO-20	06:44:13	00:15:47	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	FUGA HID.	232	NA18 C EVA.L FUGA ACEITE HIDRÁULICO
HT114	14-AGO-20	06:52:51	00:07:09	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ARRANQUE	455	NA57 C ARRANQUE DE EQUIPO
HT123	14-AGO-20	14:14:49	00:14:09	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	SIST. LEVANTE TOLVA	366	ND02 C EVENTO TOLVA LEVANTADA
HT150	14-AGO-20	15:05:04	00:02:40	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	ARRANQUE	461	ND57 C EQUIPO NO ARRANCA
WT009	14-AGO-20	11:31:10	19:28:50	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	X PERDIDA DE POTENCIA	No aplica	NA44 C CAMBIO FILTROS DE COMBUSTIBLE
HT138	15-AGO-20	05:03:00	00:16:42	Det.E qui	90	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA	C-NO ARRANCA	455	NA57 C ARRANQUE DE EQUIPO