



UPA Universidad
Politécnica Amazónica

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

Autor: Bach. Luis Miguel Benavides Vásquez.

ORCID: 0000-0002-1652-6934

Asesor: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

ORCID: 0000-0002-9018-9569

Registro: UPA-PITIM0013

Bagua Grande – Perú

2022

Dedicatoria

A Dios todo poderoso por darme el ser y la sabiduría; siempre me has ayudado a salir adelante, en todo momento. En especial en los más difíciles.

A mis padres Rosa Elvira Vásquez Santa Cruz y Medardo Benavides Barboza, a mis hermanos Johnny Omar, Ángel Medardo, Vivian Katherine, y a mis hijos Santiago y Daniela quienes son fuente de inspiración, este logro es de ustedes por guiarme diariamente e impulsar el cumplimiento de mis metas. Aunque muchas veces el camino es un poco complicado me han motivado con sus consejos y aptitudes a realizar uno de mis primeros sueños. Tomando en cuenta que este es el primer escalón para lograr subir a la escalera de la vida.

Agradecimiento

Agradecer a la Municipalidad Distrital de Cajaruro por la información proporcionada para la presente tesis, en especial agradecer también a mi Asesor Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez por haberme guiado para culminar esta tesis.

Autoridades universitarias

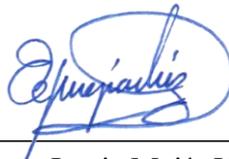
Rector : Dr. Ever Salome Lázaro Bazán
Coordinador de Escuela : Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Visto bueno del asesor

Yo Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez, Coordinador y Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica, dejo constancia de haber asesorado al tesista Bach. Luis Miguel Benavides Vásquez, en su tesis titulada “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba-Amazonas”. Asimismo, se deja constancia que se han levantado las observaciones señaladas en las revisiones previas a esta presentación.

Por lo indicado, doy fe y visto bueno.

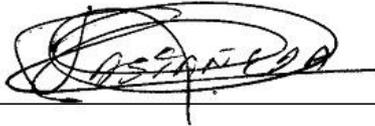
Bagua Grande, 08 de septiembre 2022.



Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Asesor

Jurado evaluador



MSc. Ing. Juan José Castañeda León
Presidente



Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán
Secretario



MSc. Ing. Emilio Periche Chunga
Vocal

Declaración jurada de no plagio

Yo, Luis Miguel Benavides Vásquez, identificado con DNI 76254256, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba-Amazonas”.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.
6. Se ha respetado las consideraciones éticas en la investigación.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir todas las cargas pecuniarias que pudiera derivarse para la Universidad Politécnica Amazónica en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del cumplimiento de lo declarado, y que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias o sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Bagua Grande, 08 de septiembre del 2022.



Luis Miguel Benavides Vásquez

DNI 76254256

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Autoridades universitarias	iv
Visto bueno del asesor.....	v
Jurado evaluador.....	vi
Declaración jurada de no plagio	vii
Índice	viii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. Introducción.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación del problema	3
1.4. Hipótesis	5
1.5. Objetivo general.....	5
1.6. Objetivos específicos	5
II. Marco teórico.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación:	7
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Mantenimiento	10
2.2.2. Programa de mantenimiento	10
2.2.3. Gestión del mantenimiento	10
2.2.4. Importancia del mantenimiento	11

2.2.5.	Funciones de mantenimiento	11
2.2.6.	Tipos de mantenimiento.....	14
2.2.7.	Pasos para implementar un programa de mantenimiento preventivo.	15
2.2.8.	Análisis de criticidad de los equipos de cada sistema.....	16
2.2.9.	Aplicación del manual de mantenimiento.....	17
2.2.10.	Valor actual neto	17
2.2.11.	Tasa interna de retorno.....	18
2.3.	Definición de términos.....	19
III.	Material y métodos	21
3.1.	Diseño de investigación	21
3.2.	Población, muestra y muestreo	21
3.3.	Determinación de variables.....	22
3.4.	Fuentes de información.....	22
3.5.	Métodos.....	22
3.6.	Técnicas e instrumentos	22
3.7.	Procedimiento	23
3.8.	Análisis estadístico.....	24
3.9.	Consideraciones éticas	24
IV.	Resultados.....	25
4.1.	Data histórica de los fallos y paradas de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.	25
4.2.	Determinación de los indicadores de mantenimiento MCD de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.	28
4.3.	Establecimiento de las actividades de mantenimiento en el tiempo adecuado de ejecución.....	37
4.4.	Evaluación en base a la mejora de los indicadores CMD el plan de mantenimiento propuesto.	43

4.5. Establecimiento del beneficio económico de propuesta de mantenimiento predictivo para la maquinaria.	50
V. Discusión	57
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	61
Referencias bibliográficas	62
Anexos	66

Índice de tablas

Tabla 1 Toma de decisión según valor del VAN.....	18
Tabla 2 Criterios para la toma de decisión según valor del VAN	19
Tabla 3 Flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	25
Tabla 4 Cantidad y tiempo de paradas por mes por mantenimiento correctivo, año 2021	25
Tabla 5 Cantidad y tiempo de paradas por mes por mantenimiento preventivo, año 2021	27
Tabla 6 Horario de trabajo de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro	29
Tabla 7 Días festivos, año 2021.....	29
Tabla 8 Horas según horario de trabajo de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021.....	30
Tabla 9 Periodo de evaluación para los indicadores de la maquinaria pesada.....	30
Tabla 10 Mantenibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	31
Tabla 11 Cálculo del tiempo de operación para la maquinaria, año 2021.....	33
Tabla 12 Confiabilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	34
Tabla 13 Disponibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	35
Tabla 14 Tipos de mantenimiento preventivo según manual para las máquinas de la Municipalidad Distrital de Cajaruro	37
Tabla 15 Clasificación de mantenimiento según su tiempo de aplicación	40
Tabla 16 Cantidad de horas laboradas a la semana por la maquinaria.....	40
Tabla 17 Semanas en las que debe aplicar el mantenimiento según horario de trabajo de la maquinaria	41
Tabla 18 Semana para aplicar mantenimiento según tipo	41
Tabla 19 Cronograma de mantenimiento según manual de mantenimiento de cada máquina	42
Tabla 20 Mantenimientos correctivos en el escenario propuesto, año 2021	44
Tabla 21 Cantidad de paradas y tiempo de paradas según escenario propuesto, año 2021	46

Tabla 22 Horas que requiere ejecutar el mantenimiento por parte de técnicos del taller ...	47
.....	47
Tabla 23 Tiempo y paradas por mantenimiento preventivo	47
Tabla 24 Nuevos indicadores con el plan de mantenimiento propuesto	48
Tabla 25 Comparación de mantenibilidad, año 2021	48
Tabla 26 Comparación de la confiabilidad, año 2021	49
Tabla 27 Comparación de la disponibilidad, año 2021	49
Tabla 28 Tiempo por falla desagregados del mantenimiento correctivo actual	51
Tabla 29 Costo de hora hombre en el taller de mecánica.....	51
Tabla 30 Costo directo por reparación, mantenimiento correctivo actual.....	52
Tabla 31 Costo indirecto por tiempo muerto de la máquina	52
Tabla 32 Costo en mano técnica por mantenimiento preventivo actual.....	53
Tabla 33 Costo técnico total por mantenimiento actual	53
Tabla 34 Tiempo por falla desagregados para el mantenimiento correctivo proyectado	53
Tabla 35 Costo directo por reparación, mantenimiento correctivo proyectar	54
Tabla 36 Costo en mano técnica por mantenimiento preventivo proyectado.....	54
Tabla 37 Costo técnico total por mantenimiento proyectado	55
Tabla 38 Comparación de costos entre mantenimiento actual y mantenimiento proyectado	55
.....	55
Tabla 39 Reducción proporcional del gasto en mano técnica para el mantenimiento proyectado	56

Índice de figuras

Figura 1 Diseño de investigación	21
Figura 2 Procedimiento desarrollado para la investigación.....	24
Figura 3 Cantidad y tiempo de paradas para la flota de maquinaria por correctivo, año 2021	26
Figura 4 Cantidad y tiempo de paradas para la flota de maquinaria por preventivo, año 2021	28
Figura 5 Mantenibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	32
Figura 6 Confiabilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	35
Figura 7 Disponibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021	36
Figura 8 Comparación de costos entre mantenimiento actual y mantenimiento proyectado	55

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas. La investigación se determinó como aplicada y usa una metodología no experimental y descriptiva según datos encontrados en la empresa, con estos se determinó un plan de mantenimiento basado en los tiempos que da el fabricante. En la empresa se registraron un total de 56 paradas por mantenimiento correctivo y 147 por mantenimiento preventivo estas determinaron indicadores para la confiabilidad entre 59% y 85%, para la mantenibilidad se encontró entre 14.53 y 75.56 horas y por último para la disponibilidad se tuvo 57% y 93%. Con el plan de mantenimiento propuesto estos indicadores aumentan con intervalos de confiabilidad entre 84% y 89%, de mantenibilidad de 10.36 y 40.50 y la disponibilidad entre 83% y 97% generando un beneficio económico en ahorro en un 68% del gasto empleado en el mantenimiento actual.

Palabras clave: Propuesta, plan de mantenimiento, preventivo.

ABSTRACT

The present work had as objective to propose a preventive maintenance plan applied to the heavy machinery of the District Municipality of Cajaruro, Province of Utcubamba – Amazonas. The investigation was determined as applied and uses a non-experimental and descriptive methodology according to data found in the company, with these a maintenance plan based on the times given by the manufacturer was determined. In the company, a total of 56 stops for corrective maintenance and 147 for preventive maintenance were registered, these determined indicators for reliability between 59% and 85%, for maintainability it was found between 14.53 and 75.56 hours and finally for availability there were 57 % and 93%. With the proposed maintenance plan, these indicators increase with reliability intervals between 84% and 89%, maintainability between 10.36 and 40.50 and availability between 83% and 97%, generating an economic benefit in savings of 68% of the expenditure used in the maintenance, current maintenance.

Keywords: Proposal, maintenance plan, preventive.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

El mal mantenimiento que se le da a los equipos establece la problemática entorno a la disponibilidad de los equipos o componentes de una determinada flota de maquinaria, es un problema que desde siempre aqueja a los procesos de las maquinarias, generando elevados costos operativos, ello como consecuencia de una gestión ineficiente en planes de acción (definido por un conjunto de acciones que permitan reducir el número de paradas imprevistas y los tiempos técnicos de reparación) orientados a mantener y mejorar la funcionalidad óptima de la flota de maquinarias involucradas en los procesos productivos o de servicios, al respecto de la problemática es factible enmarcarla desde el ámbito internacional, habiéndose suscitado casos que evidencia el problema relacionado con la baja disponibilidad de la maquinaria pesada (Quincho, 2015).

El mal mantenimiento alude que entre se presenten problemas en un el grupo de máquinas siendo los principales; elevado e intenso (duración) nivel de averías, escasa información para solucionar las averías, baja disponibilidad de las máquinas y equipos, velocidades de trabajo inferiores a la óptima y entre otros problemas o causales que se han presentado son, la inexistencia de una clara definición de funciones entre mantenimiento y producción. Ante la problemática que se ha venido suscitando en el ámbito internacional, es preciso indicar que naturalmente las causas y consecuencias tienen variables de mayor relevancia que son factibles atribuirles a la gestión del área de mantenimiento de la maquinaria pesada; que en tal caso de acuerdo a la presente investigación es factible atribuirle a la ausencia o inadecuado mantenimiento predictivo y en el mejor de los casos al mantenimiento preventivo que se pudiera ejercer en los componentes de la maquinaria pesada, considerando que ello garantizaría la disponibilidad mecánica y por ende evitar los elevados costos de reparación y las pérdidas que se pudieran generar por las paradas no programadas (Quintana, 2016).

Es fundamental tener en claro que los problemas relacionados con la disponibilidad dependen esencialmente de la confiabilidad de la máquina, aspecto que se garantiza con el adecuado mantenimiento preventivo que se pudiera implementar en los componentes reparables fundamentales de la maquinaria pesada, ya que al respecto de la disponibilidad

de la maquinaria pesada, es importante tener en cuenta que, una alta disponibilidad no implica necesariamente una alta confiabilidad, pero una alta confiabilidad si implica una buena disponibilidad y seguridad, en la medida que la maquinaria, el proceso o equipos, presentan una baja probabilidad de falla. Para el caso de la maquinaria pesada, la confiabilidad será el producto de la confiabilidad individual de cada sistema que la compone (Tasilla, 2016). Es importante mencionar que, al hablar de optimización, se refiere a lograr mayor eficiencia en las funciones de administración del programa de mantenimiento, es decir, en planificar, organizar, controlar, dirigir y evaluar los procedimientos del mismo.

A nivel nacional el mantenimiento preventivo es una de las herramientas más utilizadas, pues ayuda a disminuir el deterioro de la maquinaria y agilizar procesos, esto conlleva alargar su vida útil, además de contribuir con el medio ambiente por la poca emisión de dióxido de carbono y la correcta aplicación de la ingeniería mediante a propuesta de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada, no obstante en las entidades públicas, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Gobiernos Regionales, Municipalidades Provinciales , Municipalidades Distritales y Direcciones Regionales que cuenta con este tipo de maquinaria, aún no tienen implementado un plan de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo), lo que es aún peor, en muchos casos no cuentan con el personal técnico idóneo para atender las fallas presentadas o ejecutar los programas brindados por los fabricantes (Trigos y Niño, 2017).

Teniendo en cuenta la falta de mantenimiento preventivo correcto en la maquinaria pesada se puede decir que se tiene deficiencia en el rendimiento de máquina, desgaste prematuro de sistemas, sub sistemas y componentes, presencia de fallas que pudieron predecirse si es que se tuviera los planes de mantenimiento, evitando así gastos en reparación mayor y paradas de equipo que como consecuencia paralizan procesos de producción en la construcción de obras civiles y mejoramiento de vías.

Es importante indicar que cuando se realiza trabajos con un pool de maquinaria muchas veces dependen entre sí, por sus funciones de trabajo, es decir si una máquina falla y su función es cargar a los volquetes, ello paraliza a una flota de camiones volquete, y estos a su vez no realizan el carguío lo que dificulta que las demás etapas de

construcción continúen y se vean afectadas, por lo que es económicamente preocupante, ello se traduce en ampliaciones de plazos de ejecución de obra, maquinaria sin frente de trabajo, operadores y conductores quemando horas que no son trabajadas (Castillo, 2017).

La región Amazonas al igual que otras regiones del Perú ha sido beneficiada por financiamiento de parte del gobierno central para la ejecución de obras de construcción, ya sea por la modalidad de contrata o por administración directa; en esta última necesariamente se tendría que utilizar la maquinaria de propiedad de la entidad que es la Unidad Ejecutora. En tal sentido la Municipalidad Provincial de Utcubamba no es ajena a ello, considerando que cuenta con un pool de maquinaria pesada del rubro de construcción.

Actualmente en la Municipalidad Distrital de Cajaruro se manejan mantenimientos de tipo correctivo llevando a un gran consumo de repuestos para poder atender la demanda de dichos mantenimientos, al no haber una programación de actividades no se puede controlar las necesidades para la ejecución de estas, lo que conlleva al aumento de los costos de mantenimiento por repuestos y sobre tiempo en la mano de obra.

1.2. Formulación del problema

¿Se podrá proponer un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas?.

1.3. Justificación del problema

1.3.1. Justificación científica

La justificación se da debido a que se generó un conocimiento nuevo en el campo del mantenimiento considerando las especificaciones de la problemática en los mantenimientos aplicados a la maquinaria pesada de la Municipalidad de Cajaruro, aplicando el método científico donde se postula una hipótesis y se confirma su aprobación al evaluar nuevamente las fallas y desechar las que no habrían ocurrido al ejecutar el mantenimiento diseñado.

1.3.2. Justificación técnica

De manera técnica esta investigación se justifica debido a que se desarrollara una cultura de mantenimiento en el área de mantenimiento de la Municipalidad Distrital de Cajaruero, consiguiendo así mejorar los aspectos técnicos del mantenimiento en la flota de maquinaria pesada, el nivel técnico actualmente es muy ordinario sin un sistema y sin conocimiento de la importancia de este, no tienen intención de trabajar con propuestas de ingeniería y no le dan importancia a la proyección y control, así la propuesta de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada corregiría esta característica al mostrar la importancia y beneficios para la maquinaria y todos los aspectos involucrados con ella generando una mejora en la calidad del trabajo técnico.

1.3.3. Justificación económica

En una Municipalidad al ser una entidad pública la económica no se reporta como ganancia ya que el gasto que requiere esta se da para el beneficio de la población sin esperar una utilidad económica o monetaria sino social, pero esto no establece que la Municipalidad utilice de manera indiscriminada el gasto publico así actualmente el gasto se está empleando de manera inadecuada debido a que al no tener una propuesta como la que se pretende se tienen gastos en generan en mantenimiento correctivo que según las teorías de mantenimiento generan un costo elevado en comparación al mantenimiento preventivo programado, así al generar la propuesta económicamente se justifica ya que el uso del dinero será optimizado y generar un gasto menor que el actual.

1.3.4. Justificación social

Con esta investigación se estará ayudando al distrito de Cajaruero, provincia de Utcubamba, región Amazonas; debido que está dirigido a la Municipalidad Distrital de Cajaruero, entidad del estado que mediante el área de infraestructura realiza la ejecución de obras civiles con uso del equipo mecánico de su propiedad, la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo asegura la disponibilidad de la maquinaria así al tomarse como base para la ejecución o aplicación del plan, será muy útil y necesaria para el desarrollo social del distrito de Cajaruero en la ejecución de obras civiles consideradas

para este distrito de Amazonas en los plazos previstos en sus expedientes técnicos, mejorando así su calidad de vida de la población de esta parte del Perú.

1.3.5. Justificación ambiental

La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo se hará considerando toda la normatividad vigente en aspectos del medio ambiente, con el cual se desea disminuir la contaminación que se realiza en la eliminación de lubricantes residuales producto de los mantenimientos correctivos de las unidades de maquinaria pesada del rubro de construcción. Con la correcta ejecución de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo se tendrá maquinaria en mejor estado de funcionamiento reduciendo así las emisiones de gases del motor, con lo cual estamos contribuyendo en gran parte con la reducción de la contaminación ambiental.

1.4. Hipótesis

Se puede proponer un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas.

1.5. Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba-Amazonas.

1.6. Objetivos específicos

- Recoger data histórica de fallos y paradas de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.
- Determinar los indicadores de mantenimiento MCD de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.
- Establecer las actividades de mantenimiento en el tiempo adecuado de ejecución según la disposición del trabajo de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

- Evaluar en base a la mejora de los indicadores MCD el plan de mantenimiento propuesto para la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.
- Establecer el beneficio económico de la propuesta de mantenimiento predictivo para la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación:

2.1.1 Internacionales

Olivo (2018) en su investigación “Diseño del plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa”, cuyo objetivo fue diseñar el plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa, se diseñó el plan de mantenimiento para la retroexcavadora CASE tipo 580SN y 580SL , Mini cargadora CASE tipo SR200 y Motoniveladora KOMATSU modelo DD5555, se utilizó el análisis modal de fallas y efectos bajo la norma NTP 679 AMFE aumentando la disponibilidad en un 3.01% teniendo aceptación inmediata el plan de mantenimiento diseñado.

Mayorga y Olmedo (2019) en su investigación “Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del gobierno autónomo descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO)”, realizada en Ecuador, cuyo objetivo fue optimizar el plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología PMO (Optimización del Plan de Mantenimiento). Determino 21 máquinas y 165 subsistemas, como rediseñar el plan generalizado de 12 tareas promedio a un plan de mantenimiento preventivo de 26 tareas promedio y el presupuesto para el mantenimiento de la maquinaria asciende a \$ 88 828.33 anuales.

Rizzo (2019) en su investigación “Plan de mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria pesada para la empresa de transporte y servicios de Colombia Trasercol S.A.S, ubicada en San Martin-Cesar”, realizado en Colombia, cuyo objetivo fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria pesada de la empresa de transporte y servicios de Colombia TRASERCOL S.A.S., ubicada en San Martin – Cesar, la investigación se realizó para un total de 60 máquinas entre la actividades que realizaron para establecer el plan de mantenimiento fue codificar los equipos y máquinas, elaborar formatos de registro de las inspecciones, formatos de documentación de vehículos y

equipos, planteo un listado de actividades para el mantenimiento, elaboro un inventario de respuestas e insumos para el almacén y un cronograma de mantenimiento para establecer una adecuada distribución de las tareas, secuenciar las actividades de mantenimiento y evaluar correctamente el tiempo de duración de cada una, para cumplir con los plazos establecidos

2.1.2 Nacionales

Espinoza (2018) en su investigación “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi”, cuyo objetivo fue implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la atención de las obras con la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay. Este estudio se plantea como descriptivo como un tipo de investigación no experimental o transversal descriptivo, con un método de investigación cuantitativo. En esta investigación se concluye que la implementación del plan de mantenimiento aumenta la disponibilidad de las máquinas para diciembre del año en que implemento el mantenimiento la disponibilidad aumento en un 5% llegando superar el 92% en todas las máquinas y tuvo un impacto positivo teniendo una rentabilidad anual de S/. 33 413.45 debido a la reducción de mantenimientos correctivos, los indicadores VAN y TIR llegaron a un S/. 117 106.00 y 11.15% determinando la implementación como rentable, por último se estableció que la implementación del plan de mantenimiento preventivo aumentara hasta el 25% la vida útil de la maquinaria.

Casachagua (2017) en su tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A”, esta investigación tuvo como objetivo elaborar un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora Cat 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A. esta investigación fue del tipo tecnológica el método que se utilizo fue el inductivo con un nivel de investigación aplicada y un diseño de investigación pre experimental en ella concluye que con la aplicación del RCM se logró superar la disponibilidad mecánica mínima de 81% de las excavadoras CAT 336, mejorando en un 9% llegando a 90% de la disponibilidad mecánica. Con las constantes capacitaciones se mejoró muchos aspectos cualitativos en la organización de la empresa Ecosem Smelter S.A, desarrollando un trabajo ordenado,

limpio mejorando la calidad del trabajo, al mismo tiempo se logró mejorar la responsabilidad y el compromiso de todos los involucrados en la empresa.

Tarrillo (2018) en su investigación “Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada de la Municipalidad Provincial de Jaén - 2017”, cuyo objetivo fue proponer un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada de la Municipalidad Provincial de Jaén - 2017, esta tesis fue establecida como no experimental - aplicada, sus principales conclusiones fueron encontró un total de 14 máquinas operativas entre las que el 50% se clasificaron como buenas y las otras como regulares, se planteó el mantenimiento según el manual de cada máquina mejorando la operatividad de cada máquina a 94.97%.

2.1.2 Locales

Tarrillo (2019) en su tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S. A, Provincia de Bagua - Amazonas. Cuyo objetivo fue proponer un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S.A, Provincia de Bagua-Amazonas. Identificó como problema el mantenimiento preventivo para la maquinaria (variable dependiente). En ella llegó a la conclusión que si se puede establecer un plan de mantenimiento de los equipos de manera sistemática y detalla de todos los equipos en conjunto. La propuesta se realizó para 37 máquinas donde se encontraron indicadores de mantenimiento, las mantenibilidades entre intervalos de 99% hasta un 11% caso especial para la motoniveladora 6629, mientras la disponibilidad de la máquina presenta valores entre 99% y 83% y la confiabilidad 99% y 91%. Los costos se evaluaron en el periodo del tiempo que se registraron los datos siendo solo 7 meses, teniendo un costo debido al mantenimiento que se tiene actualmente de S/606 243.14, al evaluar el mismo intervalo de tiempo el gasto en mantenimiento aplicado correctamente según manual sería de S/291 634.42 generando un ahorro de S/314 608.72, se estableció que el PlayBack se recupera al 1.39 años mientras que en un análisis a cinco años se obtuvo un TIR de 17% y un VAN de S/85 251.59.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento

El mantenimiento es una función de apoyo que contempla un conjunto de actividades para conservar y recuperar de un sistema técnico, equipo o máquina, a su estado más óptimo, así como determinar y evaluar la situación real del mismo por medios técnicos. Asegura que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas, tiene las actividades de conservación que son actividades que permiten mantener el estado ideal de los componentes de un sistema como lubricar, inspeccionar que son actividades que permiten evaluar la situación real de componentes de un sistema por ejemplo el medir algún parámetro y por último la reparación que son actividades que permiten la reposición de la situación real de medios técnicos correspondientes a un sistema como por ejemplo el cambio de componentes (Shkiliova y Fernandez, 2011).

2.2.2. Programa de mantenimiento

El mantenimiento consiste en realizar una serie de actividades, como reparaciones y actualizaciones las cuales mejoran ciertos aspectos relevantes que permiten que el paso del tiempo no afecte al rendimiento de un equipo o maquinaria. Existen diferentes tipos de mantenimientos. El paso será buscar toda la información adecuada y la aplicación de las bases que ayuden a conocer y elegir la mejor forma para un buen y adecuado funcionamiento en el estudio (Renovetec, 2018).

2.2.3. Gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento busca potenciar el planeamiento del mantenimiento de los equipos de la empresa, aplicando los diferentes tipos de mantenimiento existentes, luego del análisis a los procedimientos y acciones realizadas (historial de la máquina). La gestión de mantenimiento tiene como objetivo agrandar la productividad de la empresa aumentando los niveles de confiabilidad de sus equipos y reduciendo sus costos, inspección rutinaria de sus componentes, grupo de trabajos de reparación y revisión necesaria para asegurar su funcionamiento regular y el buen estado de un sistema (Belen, 2008).

2.2.4. Importancia del mantenimiento

El mantenimiento es una parte integral e importante en toda organización con diversas operaciones, siendo una función de apoyo que opera a cierto costo y que tiene un impacto significativo en los beneficios de una empresa a través de la disponibilidad, la confiabilidad y la operatividad de los equipos, así como que es la función que, ante la exposición de los equipos a la falla, reemplaza o repara las unidades defectuosas restaurando su el proceso de productividad. (Renteria, 2020).

2.2.5. Funciones de mantenimiento

Las funciones de un departamento de Mantenimiento están en función del tamaño de la planta, tipo, política de la empresa, antecedentes y rama industrial de la misma se clasifican en dos grupos las primarias y secundarias (Yengle, 2016).

Así mismo, entre las funciones primarias se tiene mantenimiento de equipo existente en planta, mantenimiento de los edificios existentes en planta y de las construcciones, inspección y lubricación del equipo, producción y distribución del equipo, modificaciones del equipo y edificios existentes y nuevas instalaciones de equipos y edificios. Entre las funciones secundarias tenemos almacenamiento, protección de la planta, incluyendo incendios, disposición de desperdicios, recuperación, administración de seguros, servicios de mozos, contabilidad de los bienes y eliminación de contaminación y ruidos (Yengle, 2016).

a) Inspección de los equipos

Aquellas medidas que se aplican para averiguar, evaluar el estado real y funcionamiento correcto de un equipo o suministro.

Si durante una inspección se confirma que el estado real corresponde al teórico se debe mantener ese estado efectuando trabajos de conservación. En cambio, sí se constata que el estado real diverge del teórico se debe proceder a ejecutar trabajos de reparación para restaurar el estado teórico (Robles, 2009).

b) Frecuencia de inspección

La frecuencia muchas veces es determinada por el fabricante del equipo o sistema. Para poder precisar una adecuada frecuencia de programa de mantenimiento preventivo es necesario agenciarnos de los registros adecuados. El programa evalúa si está ocurriendo alguna falla en el equipo o sistema; al no encontrarse ninguna falla se puede deducir que se está realizando demasiado mantenimiento preventivo. Se podrá reducir los costos aumentando los tiempos de servicio. Se espera que alrededor del 20% de los equipos fallara antes del servicio si los tiempos del M.P. son establecidos correctamente. Si la razón de falla es menor tratar de aumentar los tiempos para reducir los costos. Si la razón de falla es alta, tratar de reducir el tiempo entre servicios para prevenir las paradas imprevistas (Reliabilityweb, 2017).

c) Listas de verificación

Las listas de verificación son los documentos que indican los puntos que se deben examinar periódicamente en cada máquina antes y durante su operación y normalmente es realizada por el operador. Necesita abarcar muchos datos, el primero es la frecuencia de inspección. Para establecer las frecuencias de inspección debemos consultar algunas fuentes que tengan sugerencia de servicio del fabricante, sugerencia de las instalaciones de equipos y avisos de los operarios en el mantenimiento. Determinada la frecuencia se hace el formato indicando de las pautas a inspeccionar, las listas que se verificaron deben ser precisas, fáciles de leer, amplias y específicas (Renovectec, 2017).

d) Conservación

Engloba todas las actividades que ayudan a conservar el estado teórico de los recursos físicos, el objetivo es mantener la capacidad de funcionamiento de las instalaciones evitando que sufran fallas, reduciendo la frecuencia de falla disminuyendo el desgaste, la conservación tiene carácter preventivo, se tiene que realizar a intervalos regulares y tareas de conservación básicas: Limpieza, Lubricación y Ajuste (Newman, 2020).

e) Limpieza de los equipos

Es una de las actividades a seguir que debe realizar el operador. No consiste simplemente en que los equipos parezcan limpios, sino que se debe mirar y tocar cada pieza para detectar defectos y anomalías ocultas, como mucha vibración, calor y ruido. Es importante decidir que se va a limpiar, con qué frecuencia, que herramientas y materiales adecuados se van a utilizar y quien lo hará (Newman, 2020).

f) Métodos de lubricación

La lubricación de mejor calidad es la brindada por los operadores ya que ellos conocen la máquina y deben ser capacitados para esta acción, los que se encargan del área de mantenimiento muchas veces fallan debido a que es una función compartida con los operadores, aunque el tener una persona encargada netamente de la lubricación es la mejor opción ya que debe contar con una variedad de lubricantes y herramientas idóneas de acuerdo a las actividades que involucran su día de trabajo (Robles, 2009).

g) El ajuste de los equipos

Se debe llevar a cabo la base de medidas o lecturas, tales como el deterioro de un componente, el mantenimiento de la temperatura o presión, mediciones y tolerancias de las piezas, análisis del producto, calidad del producto, etc. Para comenzar el programa del ajuste, llegue a la conclusión de cuáles deberían ser las calibraciones normales para los equipos y vean que se cumplan (Newman, 2020).

h) Reparación.

Es planificada cuando se ha comprobado el estado real que permite deducir que pronto va a producirse una falla. Por lo tanto se dispone de tiempo suficiente para preparar y planificar las medidas necesarias de mantenimiento. La ventaja de reparo se puede ejecutar en forma rápida y racional (Gorbalan, 2018).

La no planificada es necesaria cuando produce una falla repentina que no se había dado. El motivo de este tipo de falla puede radicar, en las fallas de operación o material. Antes de la reparación es necesario determinar el tipo y la causa de la falla. A todo esto suele llamarse comprobación de daños, lo cual permite ver cuáles son específicamente las reparaciones que se debe efectuar (Robles, 2009).

2.2.6. Tipos de mantenimiento

a) Mantenimiento correctivo

Es el mantenimiento que se encarga de reparar una falla que se presente en un determinado momento. Se puede asegurar que el equipo es quien determina cuando puede parar. Lo principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y al mínimo costo posible. Para que tenga éxito el mantenimiento se deberá estudiar la causa del problema, planear el trabajo con el personal y equipos disponibles (Renovetec, 2018).

b) Mantenimiento periódico

Este mantenimiento es un conjunto de actividades que se realiza después de un periodo de tiempo largo (entre seis y doce meses). Tiene el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores. Para este tipo de mantenimiento se debe contar con una excelente planeación, coordinación para lograr que las reparaciones se efectúen en el menor tiempo posible (Renovetec, 2018).

c) Mantenimiento programado

Este mantenimiento basa su aplicación en las piezas que se desgastan en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo. Para implementar este mantenimiento se hace un estudio de todos los equipos de la empresa, se resuelve con la ayuda de los datos estadísticos de repuestos y la información del fabricante, cuales piezas deben cambiarse en determinados periodos de tiempo (Renovetec, 2018).

d) Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento tiene la importancia que realiza inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que las partes de un mecanismo se desgastan en forma desigual, es necesario atenderlos para garantizar su buen funcionamiento. Este tipo de mantenimiento se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), con el fin de anticipar a las posibles fallas en el equipo. Teniendo en cuenta cuales actividades se pueden realizar sobre el equipo en marcha o cuando esté estacionado (Espinoza, 2018).

e) Mantenimiento predictivo

En este mantenimiento se efectúa una serie de medidas y ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas las partes de la maquinaria susceptibles de deterioro, pudiendo en aviso la falla catastrófica. La gran mayoría de las medidas se efectúan con el equipo en marcha y sin interrumpir la producción (Casachagua, 2017).

f) Mantenimiento proactivo

En este mantenimiento es necesario buscar una productividad mayor a un menor costo, para ello selecciona aquellos lubricantes y procedimientos óptimos donde la producción se logra aumentar, disminuyendo los costos directos de energía y aumentando la vida útil de los equipos. Cuando la empresa generalmente comienza con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, en el cual se implican los aspectos de lubricación, electricidad, electrónica y la parte mecánica (Mamani, 2019).

2.2.7. Pasos para implementar un programa de mantenimiento preventivo.

Al implementar un buen programa de mantenimiento se deben seguir los siguientes pasos:

a) Codificación de los equipos

La codificación se hace en un sistema alfanumérico, a fin de poder identificar más fácil los equipos en la planta. El código asignado a cada equipo se lo guarda para ese equipo por todo el tiempo que permanezca en la empresa. Este código deberá ser pintado en un lugar visible del equipo, servirá de identificación del equipo en la "Hoja de vida" (Vasquez, 2016).

b) Elaboración de la hoja de vida de los equipos

Esta hoja abarcar todos los datos del equipo, como motores, el tipo de voltaje, ajustes especiales, el número de serie, modelo, el código de la máquina, las características principales de los repuestos. Se anotan además las reparaciones que se realizaron sobre la máquina (Vasquez, 2016).

c) Hoja de mantenimiento

Esta hoja detalla las revisiones de mantenimiento (preventivo o predictivo), que debe tener desde las revisiones más simples a las más complicadas (Vasquez, 2016).

d) Programa de mantenimiento

En este programa quedan registrados todos los pasos a seguir, para lograr que los equipos a cargo funcionen sin interrupciones. Se debe dar instrucciones precisas y claras al personal de mantenimiento, se debe ordenar para realizar tareas diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, según las necesidades de la entidad (Vasquez, 2016).

2.2.8. Análisis de criticidad de los equipos de cada sistema.

Al calcular la criticidad para un equipo dentro de una planta, se aplica un criterio apropiado que transforme las características cualitativas de este equipo (flexibilidad impacto en producción, costos de reparación, impacto en producción, impacto ambiental,

confiabilidad operacional) en un valor numérico que permite clasificarlo objetivamente, para determinar la criticidad y consecuencia se realiza las Ecuaciones 1 y 2 (Cruz, 2011).

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * \text{Consecuencia} \quad (1)$$

$$\text{Consecuencia} = \text{Impacto operacional} * \text{Flexibilidad} + \text{costo de mantenimiento} + \text{impacto seguridad y ambiente} \quad (2)$$

El Impacto operacional representa la unión de un equipo especial con uno o más equipos del sistema, la flexibilidad operacional representa el promedio de tiempo que toma arreglar la falla, el costo de mantenimiento evalúa el costo de las fallas, el Impacto en la seguridad personal y el medio ambiente se considera la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a seres humanos y al medio ambiente producto de un acontecimiento de un fallo. Para la ponderación total se otorga un valor numérico a cada parámetro subjetivo en función de un conjunto de criterios, por consiguiente, a cada equipo analizado le corresponde un valor para cada parámetro y una ponderación total para consecuencia (Cruz, 2011).

2.2.9. Aplicación del manual de mantenimiento

Es necesario generar un buen plan de mantenimiento en todo tipo de máquina, y más si esta está en constante uso. La maquinaria pesada del rubro de construcción son unidades que cuentan con varios sistemas y subsistemas los cuales tienen que estar integrados a un plan de mantenimiento preventivo – predictivo (proactivo), con la finalidad de obtener operatividad y disponibilidad. (Olivo, 2018).

2.2.10. Valor actual neto

El Valor Actual Neto (VAN) también conocido con el nombre de valor presente neto (VPN), es el valor monetario que resulta de restar a la inversión inicial la suma de los flujos descontados. Se determina con la Ecuación 3 (Fajardo et all, 2019).

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{\text{FNE}_t}{(1+t)^i} \quad (3)$$

Donde:

Io: Inversión inicial

FNEt: Flujos futuros

T: Tasa de descuento

Es importante saber que al hacer este cálculo tengamos en cuenta lo siguiente: Cuando se hace cálculos para llevar en forma equivalente dinero del presente al futuro, se utiliza una tasa de interés o crecimiento “i”. Cuando por el contrario se quiere traer cantidades futuras al presente se usa una tasa de descuento “t” y a los flujos obtenidos se les denomina “flujos descontados”. Tanto la tasa de interés como la tasa de descuento no son otra cosa que la tasa mínima aceptable de rendimiento conocida como TMAR la cual finalmente es definida por quien realiza la evaluación (Fajardo et all, 2019).

Tabla 1

Toma de decisión según valor del VAN

Van	Decisión
Mayor a "0"	Aceptar el proyecto
Menos a "0"	Rechazar el Proyecto
Igual a "0"	Al criterio del analista

Nota. Adaptado de criterios de decisión a aplicar de Fajardo et all, 2019.

2.2.11. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno denominada TIR en un proyecto es la tasa de descuento que hace que el valor actual del flujo de beneficios positivos de un proyecto será igual al valor actual de los flujos de inversión negativos. La tasa interna de retorno se calcula con la Ecuación 4 (Fernandez, 2007).

$$TIR = \sum_{n=1}^n \frac{Rn}{(1 + TIR)^n} \quad (4)$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno

Rn: Flujo de efectivo anual

Io: Inversión inicial

Considerando K como el rendimiento mínimo necesario para cubrir los costos financieros de todas las fuentes de financiamiento, independiente de su origen se requieren criterios para determinar si el valor del TIR es aprovechable (Fernandez, 2007).

Tabla 2

Criterios para la toma de decisión según valor del VAN

Valor TIR	Resultado VAN	Decisión
Mayor a K	Mayor a cero	Aceptar el proyecto
Menor a K	Menor a cero	Rechazar el Proyecto
Igual a K	Igual a cero	Rechazar el Proyecto

Nota. Adaptado de toma de decisión TIR de Fernandez, 2007.

2.3. Definición de términos

Calidad de una Máquina: Conjunto de propiedades de una máquina que determinan el grado de su validez para ser usado de acuerdo a su aplicación (Casachagua, 2017).

Disponibilidad: Definida como la porción de tiempo de un sistema técnico o una máquina está operativa, en un buen estado (Fernandez et all, 2015).

Confiabilidad: Es una medida del número de veces que un sistema técnico o una máquina experimenta problemas. Por lo cual proporciona una indicación de la continuidad del proceso de producción (Buelvas, 2014).

Operatividad: Es la habilidad de un sistema técnico o una máquina para sostener una adecuada tasa de producción (Renovetec, 2018).

Mantenimiento. Función de apoyo que abarca un conjunto de actividades para recuperar y mantener la situación ideal de un sistema, equipo o máquina, así mismo evaluar y determinar la situación real del mismo (Shkiliova y Fernandez, 2011).

Mantenimiento preventivo. El encargado de la conservación de equipos y reparación que asegure su buen funcionamiento y fiabilidad. Se lleva a cabo en los equipos en condiciones de buen estado (Rojas, 2019).

Plan de mantenimiento. Conjunto de acciones permanentes, continuas y oportunas, dirigidas asegurar y prevenir el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, equipos, edificios y accesorios (Purihuaman y Ronel, 2016).

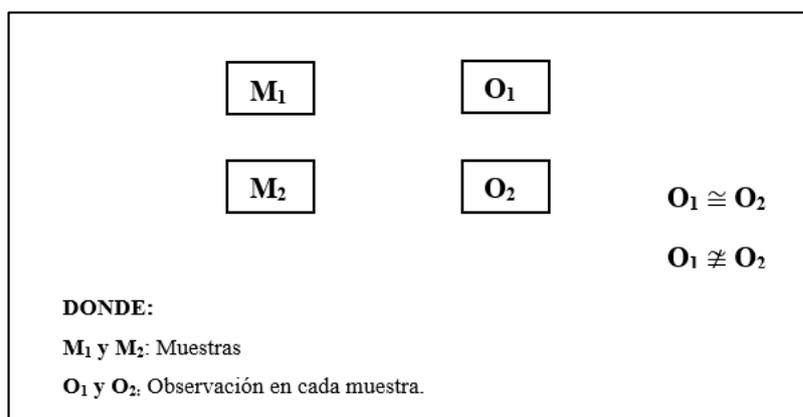
III. Material y métodos

3.1. Diseño de investigación

La investigación que se realizó no manipulo las variables sino describe la realidad tal y como está, estableciendo una solución fundamentada al problema que se establece, por lo que se plantea una investigación no experimental (Ñaupás, 2014). El diseño de la investigación se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Diseño de investigación



3.2. Población, muestra y muestreo

La población se estableció como:

- Paradas de maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.
- Flota de maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

La muestra se estableció como:

- Paradas de maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro en el año 2021.
- Flota de maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro en el año 2021.

El muestreo se estableció como no probabilístico según criterio del investigador y se refirió a la disposición en tiempo de la población. La muestra de cada población se determinó para el año 2021.

3.3. Determinación de variables

Variable independiente : Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.

Variable dependiente : Mantenimiento aplicado a la maquinaria pesada.

3.4. Fuentes de información

La única fuente de información fue el historial de fallos de la Municipalidad Distrital de Cajaruro de donde se tomaron los datos de paradas de cada máquina.

3.5. Métodos

El método que se utilizó fue el método deductivo en el cual se estableció el objetivo general basado en el desarrollo o logro de los objetivos específicos. El método deductivo que consiste en extraer una conclusión con base en una premisa o a una serie de proposiciones que se asumen como verdaderas. (Ñaupas, 2014).

3.6. Técnicas e instrumentos

Se utilizaron dos técnicas para el recojo de datos, en cada una de estas se establecieron sus respectivos instrumentos.

a) Observación directa.

Esta técnica se utilizó para establecer la cantidad de maquinaria que existe, así como sus características técnicas más relevantes para el desarrollo de la propuesta de mantenimiento. Para lo cual se planteó el siguiente instrumento de recolección de datos:

- **Formato de inventario de maquinaria.** El formato se plantea con la intención de establecer la cantidad de máquinas, el tipo de máquinas y las características más importantes para determinar su relevancia en la propuesta del plan de mantenimiento.

b) Análisis de documentos.

Esta técnica se utilizó para recoger datos históricos de los registros o medios escritos que disponga la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

- **Ficha de análisis de documentos.** Este instrumento se utilizó para recoger los registros en el área de mantenimiento, así como en los registros contables de paradas y ocurrencias en cuanto a mantenimiento correctivo y preventivo que se tienen o se hayan realizado en la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

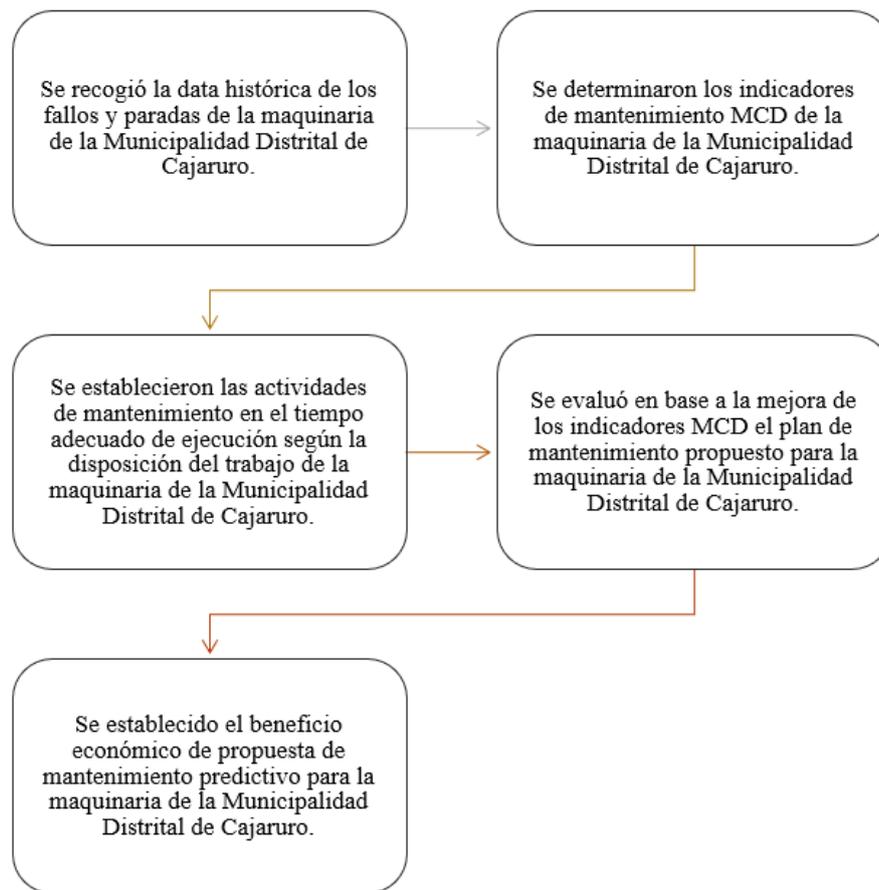
3.7. Procedimiento

En el procedimiento, primero se recogió la data histórica de los fallos y paradas de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, con esto se determinó los indicadores de mantenimiento MCD, se establecieron las actividades según el manual al tiempo establecido por el trabajo diario que hacen las máquinas, se evaluó el mantenimiento planteado para determinar la mejora de los indicadores MCD y se estableció el beneficio económico para la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

En la Figura 2, se muestra el procedimiento para la investigación de acuerdo a objetivos planteados.

Figura 2

Procedimiento desarrollado para la investigación



3.8. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva, generando promedios para determinar valores de referencia y explícitamente generados de la realidad que se presenta durante la investigación en ningún momento se buscó predecir el comportamiento según la estadística inferencial.

3.9. Consideraciones éticas

Se tuvo en consideraron el código ontológico del Colegio de Ingenieros del Perú para desarrollar y utilizar la información confiada solamente para los fines por la que se pidió, respaldando así la confianza de la empresa y respondiendo a la ética profesional de todo ingeniero que se menciona en el código. Además, se respetó los derechos de autoría citando todos los datos que se tomaron de otras investigaciones.

IV. Resultados

4.1. Data histórica de los fallos y paradas de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

En la municipalidad Distrital de Cajaruro se tiene una flota de maquinaria de vehículos pesados para los trabajos de limpieza, reparación y apoyo social en el distrito esta flota de máquinas se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Flota de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021

Item	Máquina	Cantidad	
1	Volquete	3	30%
2	Motoniveladora	2	20%
3	Cargador frontal	1	10%
4	Excavadora	1	10%
5	Tractor oruga	2	20%
6	Rodillo liso	1	10%
Total		10	100%

En el anexo 01, se muestra el detalle de estas máquinas, puntualizando estas máquinas han sufrido paradas durante todo el tiempo de trabajo por dos motivos que son por mantenimiento correctivo que se debe a fallas que detienen la máquina o que no permiten que esta opere en tu totalidad y mantenimiento preventivo que se debe a paradas para actividades que eviten fallas. En la Tabla 4, se muestran el tiempo de paradas y la cantidad de paradas para el año 2021.

Tabla 4

Cantidad y tiempo de paradas por mes por mantenimiento correctivo, año 2021

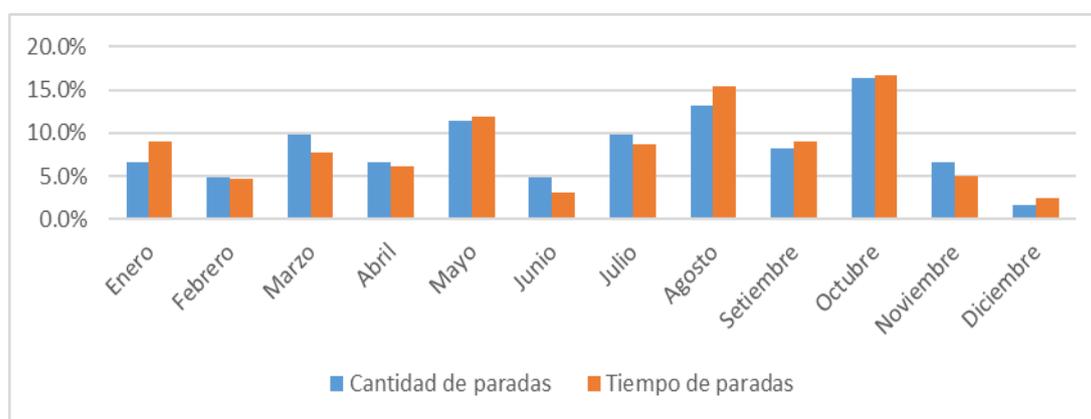
Ítem	Mes	Cantidad de paradas		Tiempo de paradas	
		Cantidad de fallas	Porcentaje	Horas	Porcentaje
1	Enero	4	6.6%	670	9.0%
2	Febrero	3	4.9%	351	4.7%

3	Marzo	6	9.8%	571	7.7%
4	Abril	4	6.6%	457	6.2%
5	Mayo	7	11.5%	886	11.9%
6	Junio	3	4.9%	231	3.1%
7	Julio	6	9.8%	648	8.7%
8	Agosto	8	13.1%	1139	15.3%
9	Setiembre	5	8.2%	670	9.0%
10	Octubre	10	16.4%	1244	16.8%
11	Noviembre	4	6.6%	372	5.0%
12	Diciembre	1	1.6%	185	2.5%
Total		61	100.0%	7424	100.0%

Como se puede apreciar en la Tabla 4, las paradas en las máquinas se efectuaron durante todo el año en el anexo 01 se muestran las paradas por cada máquina. El tiempo de paradas involucra que la maquinaria en su conjunto ha tenido momentos relativamente extensos detenida lo que involucra más que un gasto a la municipalidad una falta con su responsabilidad social al no tener la maquinaria al 100% para su funcionamiento.

Figura 3

Cantidad y tiempo de paradas para la flota de maquinaria por correctivo, año 2021



En la Figura 3, se puede apreciar el comportamiento de la cantidad de paradas y tiempo de paradas al mes de octubre donde se tuvo mayor incidencia de cantidad y tiempo de paradas para las máquinas de la municipalidad mientras que en diciembre las cantidad y tiempo de paradas es el menor que en todo el año.

El segundo motivo de las paradas para las máquinas de la municipalidad fue el mantenimiento preventivo que se efectúa dentro de los talleres, este mantenimiento no tiene ninguna disciplina ni programa por lo que se genera a opinión del mecánico u operador de la máquina. En el anexo 01 también se muestran las paradas por mantenimiento preventivo, y en la Tabla 5 se muestran el resumen de estos datos.

Tabla 5

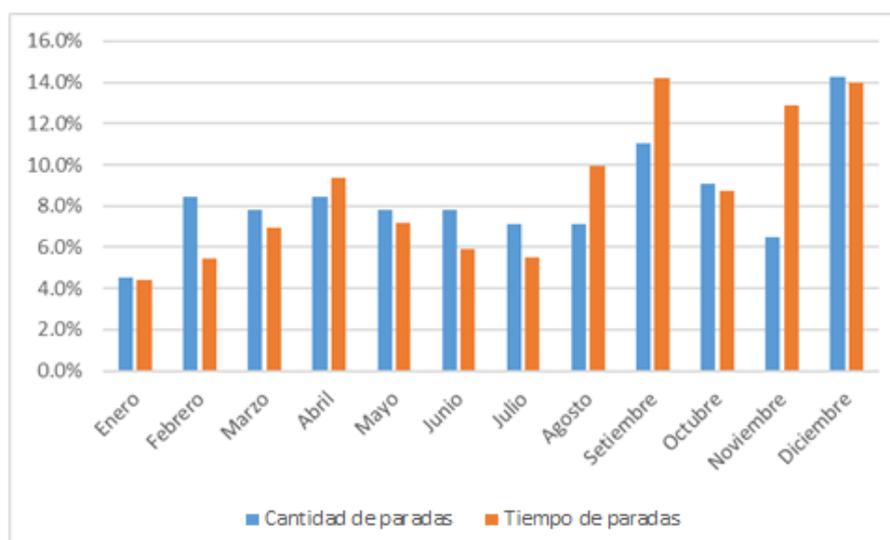
Cantidad y tiempo de paradas por mes por mantenimiento preventivo, año 2021

Ítem	Mes	Cantidad de paradas		Tiempo de paradas	
		Cantidad de fallas	Porcentaje	Horas	Porcentaje
1	Enero	7	4.5%	69	4.4%
2	Febrero	13	8.4%	123	5.5%
3	Marzo	12	7.8%	129	7.0%
4	Abril	13	8.4%	132	9.3%
5	Mayo	12	7.8%	113	7.2%
6	Junio	12	7.8%	126	5.9%
7	Julio	11	7.1%	111	5.5%
8	Agosto	11	7.1%	121	10.0%
9	Setiembre	17	11.0%	165	14.2%
10	Octubre	14	9.1%	140	8.7%
11	Noviembre	10	6.5%	108	12.9%
12	Diciembre	22	14.3%	226	14.0%
Total		154	100.0%	1563	100.0%

Como se aprecia en la Tabla 5 durante el tiempo de evaluación aún se hicieron mantenimientos preventivos, aunque estos no fueron contundentes en cuanto a la aparición de paradas por mantenimiento correctivo. En la Figura 4, se puede observar cómo evolucionan las paradas por mantenimiento preventivo durante el año 2022.

Figura 4

Cantidad y tiempo de paradas para la flota de maquinaria por preventivo, año 2021



4.2. Determinación de los indicadores de mantenimiento MCD de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

Los indicadores MCD son indicadores propios de mantenimiento que permite dar un vistazo de cuál es el estado de la maquinaria pesada en la Municipalidad Distrital de Cajaruro.

a) Tiempo de evaluación

Este no es un indicador, pero si un parámetro de cálculo que se requiere para establecer los tres indicadores que se muestran en esta investigación, aquí se define cual es el tiempo de evaluación o tiempo en horas de trabajo de las máquinas.

La maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro trabaja en un horario de lunes a domingo su horario es de 10 horas de lunes a sábado, mientras que domingos solo 6 horas. Los horarios de la maquinaria pesada se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Horario de trabajo de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro

Descripción	Cantidad	
Lunes - sábado	10	horas
Domingo	6	horas
Cantidad de meses	12	meses

Los días festivos del año de evaluación fueron 12, de estos 9 cayeron entre lunes a viernes y los otros 3 domingo, estos días festivos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Días festivos, año 2021

Fecha	Celebración	Día	Horas no trabajadas
1 Ene.	Año Nuevo	Martes	10
18 Abr.	Jueves santo	Jueves	10
19 Abr.	Viernes santo	Viernes	10
1 May.	Día del trabajo	Miércoles	10
12 May.	Día de la madre	Domingo	6
16 Jun.	Día del padre	Domingo	6
28 Jul.	Día de la independencia	Domingo	6
29 Jul.	Día de la independencia	Lunes	10
30 Jul.	Feriado sector publico	Martes	10
1 Nov.	Día de todos los santos	Viernes	10
2 Nov.	Día de los fieles difuntos	Sábado	10
25 Dic.	Navidad	Miércoles	10
Total			108

Como se aprecia en la Tabla 7, los días festivos se detallan haciendo un total de 108 horas que la maquinaria no trabaja, no por falta de mantenimiento sino por el horario de trabajo impuesto por la municipalidad. Ahora se exponen las horas de

todo el año 2021 considerando el horario de trabajo de la maquinaria pesada. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

Horas según horario de trabajo de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruero, año 2021

Meses	Días			Horas		
	Lunes - sábado	Domingos	Total	Lunes - sábado	Domingos	Total
Enero	27	4	31	270	24	294
Febrero	24	4	28	240	24	264
Marzo	26	5	31	260	30	290
Abril	26	4	30	260	24	284
Mayo	27	4	31	270	24	294
Junio	25	5	30	250	30	280
Julio	27	4	31	270	24	294
Agosto	27	4	31	270	24	294
Setiembre	26	4	30	260	24	284
Octubre	27	4	31	270	24	294
Noviembre	26	4	30	260	24	284
Diciembre	27	4	31	270	24	294
Total						3450

El periodo de evaluación se establece entre la diferencia de las horas no laboradas por feriados y las horas del año 2021, calculados según el horario de trabajo de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruero. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9

Periodo de evaluación para los indicadores de la maquinaria pesada

Descripción	Total (horas)
Horas totales	3450
Horas de feriados	108
Periodo de evaluación	3342

b) Mantenibilidad

La mantenibilidad (M) es un concepto que establece que tan rápido se puede reincorporar o que tan rápido se reincorpora una máquina a sus tareas cotidianas después de una falla. Según Garcia (2016), es decir que tan rápido es reparada y se calcula mediante el tiempo promedio de reparación, los cálculos se realizan con la Ecuación 5.

$$MTTR = \frac{TP}{NP} \quad (5)$$

Donde:

MTTR : Tiempo promedio de reparación de la máquina

TP: Tiempo de paradas

NP: Cantidad de paradas

Se establece para cada máquina el MTTR en horas con el cual se designa la mantenibilidad como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

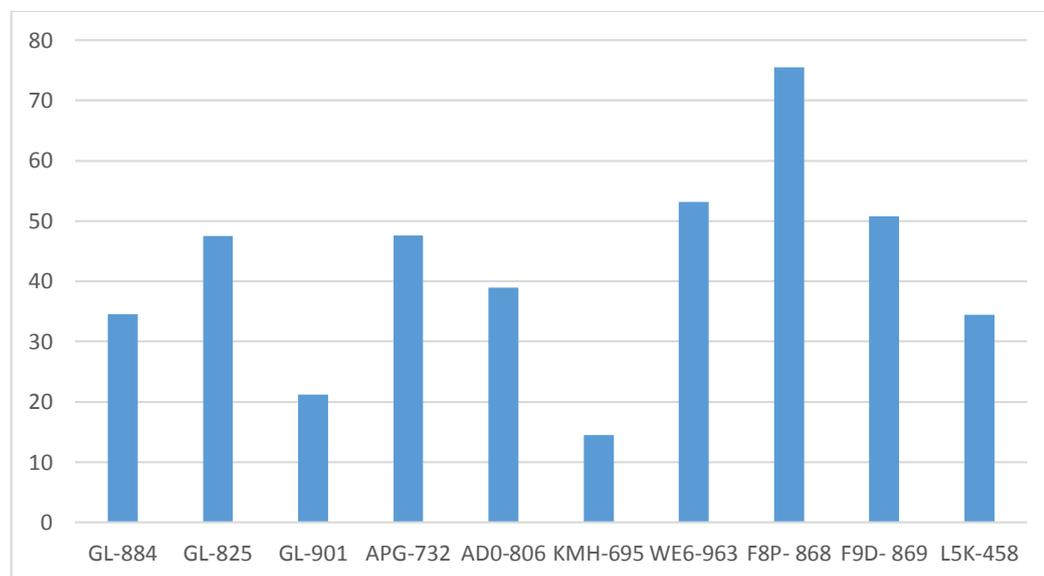
Mantenibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro, año 2021

N°	Descripción	Placa	Tiempo detenido	Total, de paradas	MTTR (horas)
1	Volquete	GL-884	899.0	26	35
2	Volquete	GL-825	855.0	18	48
3	Volquete	GL-901	466.0	22	21
4	Motoniveladora	APG-732	1429.0	30	48
5	Motoniveladora	AD0-806	624.0	16	39
6	Cargador frontal	KMH-695	218.0	15	15
7	Excavadora	WE6-963	745.0	14	53
8	Tractor oruga	F8P- 868	1360.0	18	76
9	Tractor oruga	F9D- 869	863.0	17	51
10	Rodillo liso	L5K-458	930.0	27	34

En la Figura 5, se muestra el comportamiento de la mantenibilidad de cada máquina para el año 2021.

Figura 5

Mantenibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro, año 2021



Así mismo se aprecia en la Figura 5, el tractor de oruga F8P-868 la máquina que tiene una mayor mantenibilidad, esto significa que es una máquina que durante todo el año 2021 ha sido de fácil reparación, mientras que el volquete GL-901 y el cargador frontal KMH-695 han sido las máquinas que mayor tiempo han requerido reparación siendo las que deben ser observadas por la posibilidad de que sean las que entran en una última etapa de vida útil.

c) Confiabilidad

Según Garcia (2016), la confiabilidad (C) es un indicador que establece la confianza que se puede tener en una máquina de que realice su trabajo en el momento adecuado es así que se calcula mediante la Ecuación 6.

$$R_{(t)} = e^{-\frac{t}{100 \text{ MTBF}}} \quad (6)$$

Donde:

R(t): Confiabilidad (%)

t: Tiempo de evaluación

MTBF : Tiempo medio entre fallas

El MTBF, es el tiempo promedio entre las fallas como lo menciona Garcia (2016).

Se determina con la Ecuación 7.

$$MTBF = \frac{TO}{NP} \quad (7)$$

Donde:

MTBF: Tiempo promedio entre fallas.

TO: Tiempo de operación.

NP: Número de paradas.

Se empieza determinando el tiempo de operación este se logra restándole el tiempo que la máquina estuvo detenido al tiempo que debió trabajar durante todo el año. Los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Cálculo del tiempo de operación para la maquinaria en el año 2021

Descripción	Placa	Tiempo de Evaluación (horas)	Tiempo detenido (horas)	TO (horas)
Volquete	GL-884	3342	899.0	2443
Volquete	GL-825	3342	855.0	2487
Volquete	GL-901	3342	466.0	2876
Motoniveladora	APG-732	3342	1429.0	1913
Motoniveladora	AD0-806	3342	624.0	2718
Cargador frontal	KMH-695	3342	218.0	3124
Excavadora	WE6-963	3342	745.0	2597
Tractor oruga	F8P- 868	3342	1360.0	1982

Tractor oruga	F9D- 869	3342	863.0	2479
Rodillo liso	L5K-458	3342	930.0	2412

En la Tabla 11 se muestra el tiempo de operación (TO) y con este parámetro obtenido se calcula tanto el MTBF que es el tiempo promedio entre fallas y al mismo tiempo se puede determinar la confiabilidad de la maquinaria, teniendo en cuenta que el tiempo de evaluación es de un año, esto se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Confiabilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, año 2021

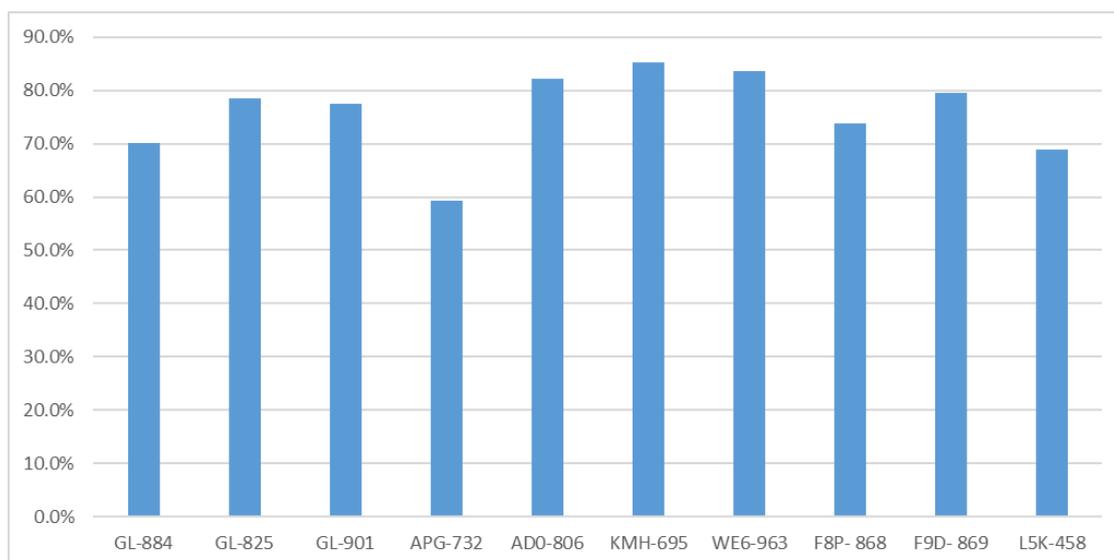
Descripción	Placa	t	NP	TO	MTBF	R
Volquete	GL-884	3342	26	2443	94	70.1%
Volquete	GL-825	3342	18	2487	138	78.5%
Volquete	GL-901	3342	22	2876	131	77.4%
Motoniveladora	APG-732	3342	30	1913	64	59.2%
Motoniveladora	AD0-806	3342	16	2718	170	82.1%
Cargador frontal	KMH-695	3342	15	3124	208	85.2%
Excavadora	WE6-963	3342	14	2597	186	83.5%
Tractor oruga	F8P- 868	3342	18	1982	110	73.8%
Tractor oruga	F9D- 869	3342	17	2479	146	79.5%
Rodillo liso	L5K-458	3342	27	2412	89	68.8%

En la Figura 6, se muestra el comportamiento de la confiabilidad de la maquinaria pesada para el año 2021.

En la Figura 6, se aprecia que la motoniveladora APG-732, es la máquina de menor confianza, es decir que es la máquina que tiene mayor posibilidad de fallar ya que tiene el menor porcentaje de confiabilidad, mientras las otras máquinas tienen confiabilidades altas lo que indica que la posibilidad de falla es más baja.

Figura 6

Confiabilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro, año 2021



d) Disponibilidad

La disponibilidad (D) es un indicador que establece una especie de eficiencia de la máquina es decir permite determinar qué tan disponible ha estado la máquina para ser usada durante un intervalo de análisis. Según Garcia (2016), esta se determina mediante la Ecuación 8.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

Al haber calculado el MTBF y el MTTR, se calcula la disponibilidad de cada máquina, se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13

Disponibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro, año 2021

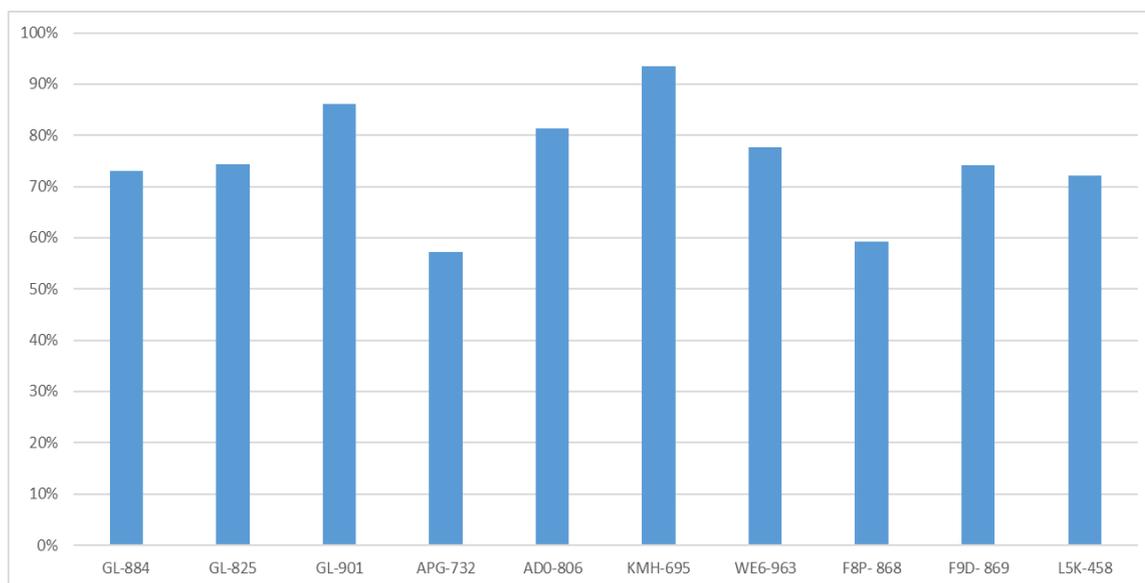
Descripción	Placa	MTBF	MTTR
Volquete	GL-884	94	35
Volquete	GL-825	138	48

Volquete	GL-901	131	21
Motoniveladora	APG-732	64	48
Motoniveladora	AD0-806	170	39
Cargador frontal	KMH-695	208	15
Excavadora	WE6-963	186	53
Tractor oruga	F8P- 868	110	76
Tractor oruga	F9D- 869	146	51
Rodillo liso	L5K-458	89	34

En la Figura 7, se muestra el comportamiento de la disponibilidad de la maquinaria pesada para el año 2021.

Figura 7

Disponibilidad de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro, año 2021



En la Figura 7, se puede apreciar que dos máquinas tienen menor disponibilidad estas son la motoniveladora APG-732 y el tractor oruga F8P-868 estas máquinas son las que menos han estado dispuestas cuando se les requería durante el año 2021. Es decir, son las de menor probabilidad de estar disponibles si es que se les requiere.

4.3. Establecimiento de las actividades de mantenimiento en el tiempo adecuado de ejecución

Para establecer las actividades se parte de una fuente objetiva y fiable que en este caso es el manual de mantenimiento de cada máquina, de estos se extrajo a manera resumen los siguientes tipos de mantenimiento, que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Tipos de mantenimiento preventivo según manual para las máquinas de la Municipalidad Distrital de Cajamaruro

N°	Máquina	Descripción	Tiempo	
			Horas	
1	Volquete	Cambio aceite de motor	1000	
		Cambio de filtro de aire primario y secundario		
		Cambio filtro de aceite		
		Cambio filtro de petróleo		
		Cambio de aceite de caja		
		Cambio de aceite de diferencial		
		Cambio de líquido refrigerante		
		Cambio de aceite hidráulico		2000
		Cambio de líquido de freno		
		Cambio de filtro de aire de la cabina		
Cambio de aceite de dirección				
2	Cargador frontal	Cambio de aceite y filtro de motor	500	
		Cambiar filtro secundario del sistema de combustible		
		Cambiar filtro primario del sistema de combustible		
		Cambiar filtro de aceite del sistema piloto del implemento		
		Cambiar filtro de drenaje de la caja de la bomba de dirección		

		Cambiar filtro de aceite de la transmisión y del convertidor de par	
		Cambiar aceite del mando de la bomba	
		Cambio aceite de convertidor	1000
		Cambio de filtro de transmisión	
		Cambiar aceite de transmisión	
		Cambio de aceite de mandos finales	
		Cambio de filtro hidráulico 1	
		cambio de filtro hidráulico 2	2000
		Cambio de aceite hidráulico	
		Cambiar aceite de dirección y frenos	
		Cambio de refrigerante del sistema de enfriamiento	3000
		Cambiar aceite y filtro de motor	
		Cambio de filtro de aceite hidráulico	
		cambio aceite de los mandos finales	
		Cambiar filtro separador	500
		Cambio de filtro interno de aire	
		Cambio de filtro externo de aire	
3	Excavadora	Cambiar filtro de petróleo	
		Cambiar aceite de caja de motor de giro	1000
		Cambio aceite hidráulico	
		Cambio de filtro hidráulico 1	2000
		Cambio de filtro hidráulico 2	
		Cambio el refrigerante del sistema de enfriamiento	3000
		Cambio aceite y filtro de motor	
		Cambiar filtro primario del sistema de combustible	
4	Tractor de orugas	Cambiar filtro secundario del sistema de combustible	500
		Cambiar filtro de aire primario	
		Cambiar filtro de aire secundario	

		Cambiar aceite de transmisión	
		Cambio de aceite de los mandos finales	1000
		Cambio filtro hidráulico 1	
		Cambio aceite hidráulico	2000
		Cambio filtro hidráulico 2	
		Cambiar refrigerante del sistema de enfriamiento	3000
		Cambio aceite y filtro de motor	
		Cambio filtro de combustible	
		Cambio filtro aire interno	500
		Cambio filtro aire externo	
		Cambio filtro de sistema hidráulico	
		Cambio de aceite de diferencial	
		Cambiar desecante del secador de aire	1000
5	Motoniveladora	Cambiar aceite del convertidor	
		Cambio filtro separador de combustible	
		Cambio aceite de tándem	
		Cambio aceite hidráulico	
		Cambio filtro hidráulico 1	2000
		Cambio aceite de la caja de mandos	
		Cambio filtro hidráulico 2	
		Cambio refrigerante del sistema de enfriamiento	3000
		Cambiar aceite y filtro de motor	
		Cambiar filtro de aire primario	500
		Cambiar filtro de aire secundario	
		Cambiar filtro de combustible	
6	Rodillo liso	Cambio aceite del eje de accionamiento	
		Cambio aceite del cubo de ruedas	
		Cambio aceite del cojinete de vibración	1000
		Cambiar aceite de motor de giro	
		Cambio filtro secador de aire	
		Cambio de aceite de mandos finales	

Cambio de refrigerante del sistema de enfriamiento	2000
--	------

Las actividades que se muestran en la Tabla 14 se pueden clasificar de acuerdo a sus horas y tipo de plazo, como se puede apreciar en la Tabla 15.

Tabla 15

Clasificación de mantenimiento según su tiempo de aplicación

N°	Tipo	Tiempo	Unidades	Abreviatura
1	Corto plazo	500	Horas	C
2	Medio plazo	1000	Horas	M
3	Largo plazo	2000	Horas	L
4	Muy largo plazo	3000	Horas	ML

Se establece las horas semanales que trabajan las máquinas sin considerar feriados debido a que estos son variables en cuando al día semanal así se tendrá que para una semana de trabajo estándar en la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Cajaruro un total de 56 horas de trabajo. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Cantidad de horas laboradas a la semana por la maquinaria

Días	Cantidad	Horas por día	Horas totales
Lunes a viernes	5	10	50
Domingo	1	6	6
Total			56

En base a datos mostrados en la Tabla 16, se puede establecer a cuantas semanas se deberá brindar el mantenimiento según el tipo, como se muestra en la Tabla 17.

Como se aprecia en la Tabla 17, existen dos datos de semana una que se toma como teórica que es la división inexacta del tiempo de aplicación del tipo de mantenimiento entre las horas que labora la maquinaria a la semana lo cual muestra un resultado con decimal, debido a que el mantenimiento propuesto debe de evitar que aparezcan fallas innecesarias por mantenimiento correctivo se toma la semana sin decimal

y con redondeo, lo que asegura el cambio de repuestos manteniendo la máquina en su estado más adecuado.

Tabla 17

Semanas en las que debe aplicar el mantenimiento según horario de trabajo de la maquinaria

N°	Tipo	Tiempo	Unidad	Abreviatura	Semanas	
					Teórica	Real
1	Corto plazo	500	h	C	8.93	8.00
2	Medio plazo	1000	h	M	17.86	17.00
3	Largo plazo	2000	h	L	35.71	35.00
4	Muy largo plazo	3000	h	ML	53.57	53.00

Según los tipos de mantenimiento de cada tipo de máquina se resumen en que semana cada máquina deberá recibir mantenimiento y también que tipo de mantenimiento. Los resultados se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Semana para aplicar mantenimiento según tipo

Máquina	Tipo de Mantenimiento	Semana
Volquete	C	8
	M	17
	L	35
Cargador Frontal	C	8
	M	17
	L	35
	ML	53
	C	8
	M	17
Excavadora	L	35
	ML	53
	C	8
Tractor Oruga	M	17

	L	35
	ML	53
	C	8
	M	17
Motoniveladora	L	35
	ML	53
	C	8
Rodillo Liso	M	17
	L	35

Ahora debido a que todas las maquinarias se les realiza un mantenimiento general a partir del mes de enero, se establece que a partir de la siguiente semana de este mantenimiento general se establezca el programa de mantenimiento en las siguientes semanas según la máquina por lo que se muestra en la Tabla 19 el mantenimiento según el tipo en la semana correspondiente para cada máquina.

Tabla 19

Cronograma de mantenimiento según manual de mantenimiento de cada máquina

Máquina	Semana												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Volquete GL-884								C					
Volquete GL-825								C					
Volquete GL-901								C					
Motoniveladora APG-732								C					
Motoniveladora AD0-806								C					
Cargador frontal KMH-695								C					
Excavadora WE6-963								C					
Tractor oruga F8P- 868								C					
Tractor oruga F9D- 869								C					
Rodillo liso L5K-458								C					
Máquina	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Volquete GL-884			C	M							C		
Volquete GL-825			C	M							C		
Volquete GL-901			C	M							C		
Motoniveladora APG-732			C	M							C		
Motoniveladora AD0-806			C	M							C		

a) Mantenimientos correctivos

Se realizó un análisis evaluando falla, por falla se determina que de todos los mantenimientos correctivos existen pocos los que hubieran permanecido con las mismas características ya que muchos de los otros deberían haber tenido un tiempo mucho más corto para su reparación al tener una planificación de cuando se realizara el mantenimiento debido y así tener el material para dicho mantenimiento con anticipación. Es así que los mantenimientos se reducen a los mostrados en la Tabla 20.

Tabla 20

Mantenimientos correctivos en el escenario propuesto, año 2021

N°	Máquina	Placa	Horas	Fecha		Descripción
				Día	Mes	
2	Cargador frontal	KMH-695	15.00	10	Octubre	Cambio de uñas
3	Excavadora	WE6-963	24.00	9	Setiembre	Descarga de batería
4	Excavadora	WE6-963	12.00	10	Octubre	Revisión de trompo de temperatura
5	Excavadora	WE6-963	5.00	11	Noviembre	Reemplazo de mando final
6	Excavadora	WE6-963	15.00	10	Octubre	Cambio de uñas
8	Motoniveladora	APG-732	8.00	3	Marzo	Cambio de esquineros
9	Motoniveladora	APG-732	12.00	8	Agosto	Reparación de catalina
10	Motoniveladora	AD0-806	12.00	9	Setiembre	Ajuste de la trampa
16	Motoniveladora	APG-732	8.00	3	Marzo	Reemplazo de cauchos
18	Motoniveladora	APG-732	195.00	8	Agosto	Reparación llanta baja
19	Motoniveladora	APG-732	185.00	12	Diciembre	Reparación de cuchilla
21	Rodillo liso	L5K-458	5.00	11	Noviembre	Inspección de amortiguador
22	Rodillo liso	L5K-458	66.00	5	Mayo	Calentamiento

24	Rodillo liso	L5K-458	120.00	7	Julio	Reparación del motor
27	Tractor oruga	F8P- 868	226.00	1	Enero	Limpieza de cabina
28	Tractor oruga	F8P- 868	216.00	8	Agosto	Acondicionamiento del arado
29	Tractor oruga	F8P- 868	15.00	9	Setiembre	Reparación de embrague
30	Tractor oruga	F8P- 869	15.00	2	Febrero	Regulación de embrague
31	Tractor oruga	F8P- 869	111.00	7	Julio	Desmontaje de barras
33	Tractor oruga	F8P- 869	15.00	4	Abril	Regulación del pedal del arado
37	Tractor oruga	F8P- 868	8.00	9	Setiembre	Reparación de solenoide
40	Tractor oruga	F9D- 869	20.00	5	Mayo	Limpieza de arado
41	Tractor oruga	F9D- 869	15.00	10	Octubre	Recarga de batería
42	Tractor oruga	F9D- 869	10.00	8	Agosto	Reemplazo de templadores
43	Tractor oruga	F9D- 869	20.00	4	Abril	Reparación de cilindros de oruga
44	Tractor oruga	F9D- 869	13.00	5	Mayo	Reparación de llantas
45	Volquete	GL-884	15.00	1	Enero	Reparación abrazadera
49	Volquete	GL-825	82.00	6	Junio	Reparación de motor de arranque
50	Volquete	GL-901	15.00	11	Noviembre	Reparación de disco de embrague
54	Volquete	GL-884	182.00	10	Octubre	Regulación de ruedas
55	Volquete	GL-825	12.00	3	Marzo	Purga de trampa de agua
57	Volquete	GL-901	15.00	8	Agosto	Recarga de batería
58	Volquete	GL-825	167.00	7	Julio	reparación manzana y eje

59	Volquete	GL-825	12.00	10	Octubre	Cambio de reten
60	Volquete	GL-884	5.00	10	Octubre	Fuga hidráulica

Considerando los datos de la Tabla 20, se establece tanto a la cantidad de paradas por mes de cada máquina, y la cantidad de paradas que se hubieran tenido si el plan de mantenimiento se hubiera ejecutado. Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Cantidad de paradas y tiempo de paradas según escenario propuesto, año 2021

Máquina	Paradas	Tiempo de parada (horas)	
Volquete	GL-884	3	202
Volquete	GL-825	4	273
Volquete	GL-901	2	30
Motoniveladora	APG-732	5	408
Motoniveladora	AD0-806	1	12
Cargador frontal	KMH-695	1	15
Excavadora	WE6-963	4	56
Tractor oruga	F8P- 868	4	465
Tractor oruga	F9D- 869	5	78
Rodillo liso	L5K-458	3	191
Total		32	1730

b) Mantenimientos preventivos

Según el plan de mantenimiento propuesto se establece en primer lugar cuanto tiempo llevara cada mantenimiento propuesto según manual. Los resultados se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22*Horas que requiere ejecutar el mantenimiento por parte de técnicos del taller*

N°	Tipo	Abreviatura	Tiempo de ejecución
			Horas
1	Corto plazo	C	12
2	Medio plazo	M	4
3	Largo plazo	L	18
4	Muy largo plazo	ML	3

Con esto se establecen los tipos de mantenimiento preventivo para cada máquina y se determina la cantidad de paradas y cantidad de tiempo por máquina que se debe detener para ejecutar el mantenimiento, los resultados se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23*Tiempo y paradas por mantenimiento preventivo*

Máquina		Tipo de mantenimiento			Paradas	Tiempo
		C	M	L		Horas
Volquete	GL-884	6	3	1	10	102
Volquete	GL-825	6	3	1	10	102
Volquete	GL-901	6	3	1	10	102
Motoniveladora	APG-732	6	3	1	10	102
Motoniveladora	AD0-806	6	3	1	10	102
Cargador frontal	KMH-695	6	3	1	10	102
Excavadora	WE6-963	6	3	1	10	102
Tractor oruga	F8P- 868	6	3	1	10	102
Tractor oruga	F9D- 869	6	3	1	10	102
Rodillo liso	L5K-458	6	3	1	10	102

c) Indicadores de mantenimiento

Considerando los nuevos datos de paradas y tiempo de paradas con el escenario propuesto donde se ejecuta el mantenimiento planteado. Se establecen los siguientes indicadores teniendo en cuenta que el tiempo de evaluación y la metodología propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24*Nuevos indicadores con el plan de mantenimiento propuesto*

	Máquina	t	NP	TO	MTBF	D	R	MTTR
Volquete	GL-884	3342	13	3038	234	91%	86.7%	23
Volquete	GL-825	3342	14	2967	212	89%	85.4%	27
Volquete	GL-901	3342	12	3210	268	96%	88.3%	11
Motoniveladora	APG-732	3342	15	2832	189	85%	83.8%	34
Motoniveladora	AD0-806	3342	11	3228	293	97%	89.2%	10
Cargador frontal	KMH-695	3342	11	3225	293	96%	89.2%	11
Excavadora	WE6-963	3342	14	3184	227	95%	86.3%	11
Tractor oruga	F8P- 868	3342	14	2775	198	83%	84.5%	41
Tractor oruga	F9D- 869	3342	15	3162	211	95%	85.3%	12
Rodillo liso	L5K-458	3342	13	3049	235	91%	86.7%	23

d) Comparación entre indicadores

Considerando los indicadores actuales y los proyectados para el escenario creado se tiene en primer lugar la mantenibilidad que se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25*Comparación de mantenibilidad, año 2021*

Máquina		Actual	Proyectada
		MTTR	MTTR
Volquete	GL-884	34.58	23.38
Volquete	GL-825	47.50	26.79
Volquete	GL-901	21.18	11.00
Motoniveladora	APG-732	47.63	34.00
Motoniveladora	AD0-806	39.00	10.36
Cargador frontal	KMH-695	14.53	10.64
Excavadora	WE6-963	53.21	11.29
Tractor oruga	F8P- 868	75.56	40.50
Tractor oruga	F9D- 869	50.76	12.00
Rodillo liso	L5K-458	34.44	22.54

Como se puede apreciar en la Tabla 25, la mantenibilidad proyectada es mucho menor que la actual eso establece que la cantidad de horas que se requerirá para la reparación de cada máquina es menor a la que se tenía lo cual establece que la mantenibilidad se mejora en todos los casos. El segundo indicador que se compara es la confiabilidad que se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26

Comparación de la confiabilidad para, año 2021

Máquina		Actual	Proyectada
		R	R
Volquete	GL-884	70%	87%
Volquete	GL-825	79%	85%
Volquete	GL-901	77%	88%
Motoniveladora	APG-732	59%	84%
Motoniveladora	AD0-806	82%	89%
Cargador frontal	KMH-695	85%	89%
Excavadora	WE6-963	84%	86%
Tractor oruga	F8P- 868	74%	84%
Tractor oruga	F9D- 869	80%	85%
Rodillo liso	L5K-458	69%	87%

Como se puede apreciar en la Tabla 26, la confiabilidad de cada una de las máquinas aumentó en el escenario proyectado esto establece que, si se hubiera tenido en cuenta el plan de mantenimiento la posibilidad de que las máquinas no fallen sería elevada, por lo tanto tendrían un mejor desempeño en su trabajo. El último indicador a evaluar es la disponibilidad como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Comparación de la disponibilidad, año 2021

Máquina		Actual	Proyectada
		D	D
Volquete	GL-884	73%	91%
Volquete	GL-825	74%	89%

Volquete	GL-901	86%	96%
Motoniveladora	APG-732	57%	85%
Motoniveladora	AD0-806	81%	97%
Cargador frontal	KMH-695	93%	96%
Excavadora	WE6-963	78%	95%
Tractor oruga	F8P- 868	59%	83%
Tractor oruga	F9D- 869	74%	95%
Rodillo liso	L5K-458	72%	91%

En la Tabla 27, se aprecia que al igual que los otros indicadores la disponibilidad también aumento para todas las máquinas esto corresponde a decir que las máquinas en este escenario proyectado, donde se aplica el plan de mantenimiento tendrían una mayor disposición para ser utilizadas que actualmente.

4.5. Establecimiento del beneficio económico de propuesta de mantenimiento predictivo para la maquinaria.

Al ser la municipalidad un organismo estatal la cual no genera utilidades con los activos que tiene, sino que brinda servicios a la ciudadanía con la finalidad de lograr beneficios sociales como lo manifiesta el Congreso Nacional (1999) en la Ley N° 2028 – Ley de Municipalidades, en ningún aspecto se logra una utilidad económica. Por lo tanto, el beneficio económico solo puede medirse en la reducción del gasto que se origina al aplicar el plan de mantenimiento en lugar del mantenimiento que se vienen aplicando en la actualidad.

a) Costos técnicos por mantenimiento actual

Solamente cuando la falla o parada ya no se brinda por causa del plan de mantenimiento propuesto es cuando se genera un ahorro, es así como se establece todas las paradas que se retiraron debido a que gracias al mantenimiento preventivo propuesto no hubieran ocurrido. En la Tabla 28, se muestran las horas que demora la acción administrativa, de reparación y de entrega de repuestos.

Tabla 28*Tiempo por falla desagregados del mantenimiento correctivo actual.*

Tiempo	Cantidad	
	Horas	Porcentaje
Administrativo	4406.50	59%
Reparación	561.50	8%
Entrega de repuestos	2456.00	33%
Total	7424.00	100%

Para la Tabla 28, se tomaron los datos que se muestran en el anexo 02. Así mismo se muestran tres tiempos, el primero es el tiempo administrativo es decir el tiempo que se demora la administración para poder generar un pedido de repuestos o de reparación para la maquinaria como se puede apreciar es excesivamente alto, el segundo tiempo es el tiempo que se demoró realmente el técnico para reparar la falla que en realidad es el más corto de los tres, y el ultimo es el tiempo que se demora el proveedor en entregar los repuestos que también es alto.

El tiempo de reparación es un costo directo que va a variar en comparación con los costos del escenario proyectado con el plan de mantenimiento así teniendo en cuenta el sueldo del técnico que es de S/. 80.00 y del ayudante de S/. 40.00 diarios según su boleta de pago mensual y un horario de trabajo de 8 horas se tiene un costo por hora de S/. 10.00 y S/. 7.50 respectivamente, como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29*Costo de hora hombre en el taller de mecánica*

Descripción	Unidad	Cantidad
Técnico	S/.	80.00
Ayudante	S/.	60.00
Horas de trabajo	Horas	8
Costo hora técnico	S/.	10.00
Costo hora ayudante	S/.	7.50

Así mismo en la Tabla 30, se muestra según el costo de hora técnico y hora ayudante el costo total considerando, que se logra con el producto de estos costos y el tiempo de reparación que se utilizó para el mantenimiento.

Tabla 30

Costo directo por reparación, mantenimiento correctivo actual

Descripción	Unidad	Cantidad
Costo hora técnicos	S/.	10.00
Costo hora ayudante	S/.	7.50
Reparación	Horas	561.5
Costo total	S/.	9 826.25

El costo indirecto se origina por el pago de los operarios ya que cada máquina tiene un conductor que tiene un pago de S/. 3200.00 mensuales que considerando las 80 horas mensuales de trabajo tiene un costo de hora hombre de S/. 40.00, y del producto de estas horas hombre con las horas totales que no ha trabajado el operador se calculan el costo total del tiempo muerto de la máquina como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Costo indirecto por tiempo muerto de la máquina

Descripción	Unidad	Cantidad
Pago del operador	S/.	3 200.00
Trabajo del operador	Horas	80.00
Costo hora operador	S/.	40.00
Tiempo total	Horas	7 424.00
Costo total	S/.	296 960.00

En la Tabla 31, se muestra un total de 80 horas mensuales esto se debe al promedio de que el mes tiene cuatro semanas y los operadores trabajan 10 horas diarias de lunes a viernes y 6 horas los domingos. A demás se evalúa el costo del mantenimiento preventivo que se ha realizado hasta la fecha solamente en mano de obra técnica, como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32*Costo en mano técnica por mantenimiento preventivo actual*

Descripción	Unidad	Cantidad
Costo hora operador	S/.	40.00
Horas de mantenimiento preventivo	Horas	1563
Total	S/.	62 520.00

El costo en mano técnica total durante el mantenimiento actualmente se define de la suma de los costos técnicos por mantenimiento correctivo y los costos técnicos por mantenimiento preventivo como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33*Costo técnico total por mantenimiento actual*

Descripción	Cantidad
Costo mantenimiento correctivo	S/. 296 960.00
Costo mantenimiento preventivo	S/. 62 520.00
Costo total	S/. 359 480.00

b) Costos técnicos por mantenimiento proyectado

Primero se establecen los costos por mantenimiento correctivo, estos costos se reducen por la obvia razón que los mantenimientos correctivos también se han reducido dando pie a que el tiempo de los mantenimientos correctivos asumidos para la proyección sean menores. En la Tabla 34, se detalla esta reducción de tiempo.

Tabla 34*Tiempo por falla desagregados para el mantenimiento correctivo proyectado*

Tiempo	Cantidad	
	Horas	Porcentaje
Administrativo	1256.00	67%
Reparación	377.00	20%

Entrega de repuestos	240.00	13%
Total	1873.00	100%

Como se aprecia en la Tabla 34, existe una reducción esto se debe como se explica con anterioridad que es porque al existir el mantenimiento programado varias de las fallas no existirían y otras se podría reducir el tiempo de ejecución ya que los repuestos y materiales se pudieron comprar con anticipación así el tiempo administrativo y el de espera por repuesto se volverían cero en varias situaciones. En la Tabla 35, se muestra el costo directo por reparación, es decir por el mantenimiento correctivo a proyectar.

Tabla 35

Costo directo por reparación, mantenimiento correctivo proyectar

Descripción	Unidad	Cantidad
Costo hora técnico	S/.	10.00
Costo hora ayudante	S/.	7.50
Reparación	Horas	377.00
Costo total	S/.	6 597.50

Al igual que el anterior análisis también se tiene en cuenta el mantenimiento preventivo bajo los mismos costos, el total de mantenimiento preventivo se estableció en la sumatoria de los mantenimientos preventivos de toda la maquinaria, como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36

Costo en mano técnica por mantenimiento preventivo proyectado

Descripción	Unidad	Cantidad
Costo hora operador	S/.	40.00
Horas de mantenimiento preventivo	Horas	1020
Total	S/.	40 800.00

Se establece la suma de los gastos técnicos en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo proyectado que se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37*Costo técnico total por mantenimiento proyectado*

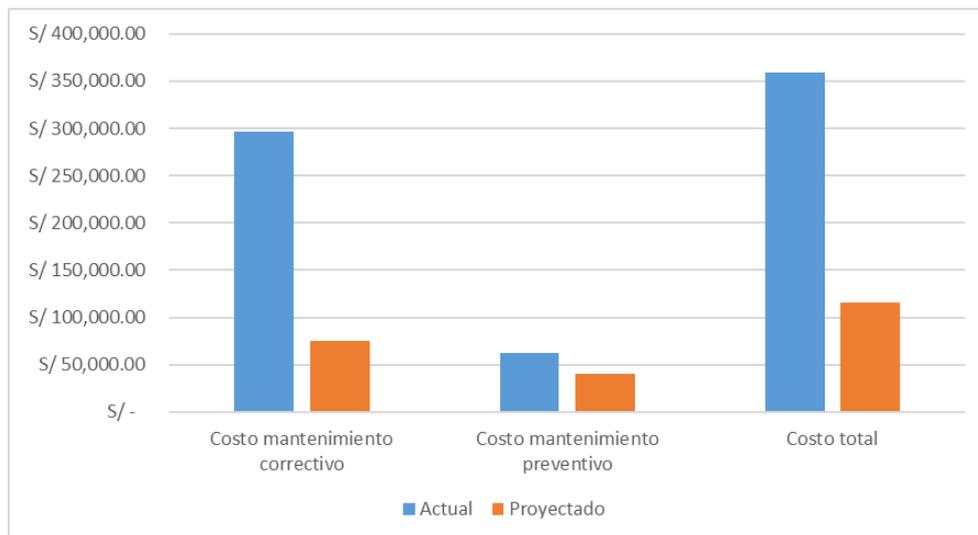
Descripción	Cantidad
Costo mantenimiento correctivo	S/. 74 920.00
Costo mantenimiento preventivo	S/. 40 800.00
Costo total	S/.115 720.00

c) Comparación de costos por mantenimiento

Se realiza una comparación entre los costos técnicos de ambos mantenimientos tanto el actual como el proyectado que se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38*Comparación de costos entre mantenimiento actual y mantenimiento proyectado*

Descripción	Actual	Proyectado
Costo mantenimiento correctivo	S/ 296960.00	S/ 74920.00
Costo mantenimiento preventivo	S/ 62520.00	S/ 40800.00
Costo total	S/ 359480.00	S/ 115720.00

Figura 8*Comparación de costos entre mantenimiento actual y mantenimiento proyectado*

En la Figura 8, se muestra la comparación de los costos de mantenimiento actuales y los proyectados. Se puede apreciar, que la reducción del costo es muy destacada, esta se estima de manera proporcional en la Tabla 39.

Tabla 39

Reducción proporcional del gasto en mano técnica para el mantenimiento proyectado

Descripción	Reducción
Costo mantenimiento correctivo	25%
Costo mantenimiento preventivo	65%
Costo total	32%

En la Tabla 39, se puede apreciar que en cuanto al mantenimiento actual se reduce a un 25% con el mantenimiento propuesto mientras que en cuanto al mantenimiento preventivo se reduce a un 65% esto significa que el mantenimiento actual que se toma como preventivo no está siendo aplicado de manera óptima sino según criterios equivocados en tiempo más que en cantidad, y el mantenimiento correctivo puede ser disminuido siempre y cuando se tenga un mantenimiento preventivo adecuado.

V. Discusión

En la investigación se determinó que en la municipalidad Distrital de Cajaruro para el año 2021, se tiene una flota total de 10 máquinas de maquinaria pesada las cuales tuvieron 56 paradas por mantenimiento correctivo con un total de 6726 horas detenidas 154 paradas con 1563 horas detenidas por mantenimiento preventivo haciendo un total de 210 paradas con un total de 7878 horas para el año 2021; a diferencia de Olivo (2018) que tuvo solamente 4 máquinas de maquinaria pesada teniendo un total de 6875 horas detenidas en un año aunque no involucra ni menciona la cantidad de paradas por máquina ni total esto se da debido a que solo realiza el cálculo de disponibilidad y la fórmula utilizada es un modelo diferente que el que se utilizó aquí pero con la misma finalidad; lo mismo paso con Espinoza (2018) ya que utiliza el mismo modelo matemático que Olivo (2018) solo requiere la cantidad de horas detenida por máquina para poder calcular la disponibilidad en este caso también se revisaron 10 máquinas y se determinaron que la maquinaria tuvo 698 horas detenidas por mantenimiento. Tarrillo (2018) en su investigación trabajo con 14 máquinas las cuales tienen un tiempo de parada de 1712 y 96 paradas.

Se determinaron los indicadores CMD y se encontraron indicadores entre 59% y 85%, para la mantenibilidad se encontró entre 14.53 y 75.56 horas y por último para la disponibilidad se tuvo 57% y 93%, mientras que los antecedentes solamente vieron oportuno solo calcular el indicador de disponibilidad con cierta lógica ya que es un indicador general que se relaciona con los otros dos y sirve para dar una visión rápida de la situación de la maquinaria; para Espinoza (2018) se tuvo una disponibilidad entre 83% y 90%; mientras que Olivo (2018) si determina la disponibilidad y no solamente por máquina sino también la disponibilidad total teniendo siendo esta de 69.16% con un intervalo de disponibilidad entre máquinas de 55% y 75.09%, estos valores son más acordes a los encontrados por esta tesis, pero es debido a simple casualidad ya que los tiempos de parada y de trabajo no concuerdan en ninguna de las tres entidades aun siendo entidades gubernamentales. Así mismo Casachagua (2017), que realiza la investigación en una empresa privada también tiene un intervalo de disponibilidades para su flota entre 80.35% y 81.35% que tampoco muestra coincidencia con los resultados obtenidos y es también por que el cálculo del indicador se acondiciona a la forma de trabajo de cada

empresa de manera muy específica. Tarrillo (2018) determina la disponibilidad para cada máquina teniendo este indicador en un intervalo de 53.82% y 98.02%.

En la investigación se establecieron 5 tipos de mantenimiento según las horas de aplicación de cada uno teniendo C para el aplicado a las 500 horas, M el aplicado a las 1000 horas, L el aplicado a las 2000 horas y el ML aplicado a las 3000 horas. Así mismo la investigación de Olivo (2018) no categoriza los mantenimientos por horas sino que elabora un plan por horas según manual donde categoriza las actividades (sustituir, verificar apretar, engrasar, limpiar, lubricar y ajustar) y muestra la descripción de la aplicación de cada actividad, esto es solo un punto de vista o planteamiento diferente aunque no considera la evolución de la máquina para establecer la semana que tendrá mantenimiento cada máquina; a diferencia de Casachagua (2017) que elabora un diagrama de flujo para la aplicación del mantenimiento y presenta actividades generales pero para realizar un plan de mantenimiento. Espinoza (2018) por lo contrario no busca un cronograma de aplicación del plan de mantenimiento sino evalúa las acciones que disminuyen la disponibilidad para presentar posibilidades de solución y así mejorar la disponibilidad de la maquinaria. Rizzo (2019) estableció las categorías según el tipo de máquinas para volquetes, tractor camión y turbos estableció en según kilometraje, pero para maquinaria pesada estableció las actividades según sus horas de funcionamiento.

Se calcularon nuevos indicadores CMD estableciendo un escenario donde se propone la aplicación del mantenimiento propuesto logrando indicadores con intervalos de confiabilidad entre 84% y 89%, de mantenibilidad de 10.36 y 40.50 y la disponibilidad entre 83% y 97%, esto establece un aumento en los tres indicadores en contraste con los otros antecedentes que no formulan este tipo de objetivo; solo Espinoza (2018) que implementa el plan de mantenimiento y en este sentido si logra determinar un aumento de la disponibilidad llegando a tener este indicador por encima del que encuentra en un intervalo de 87.2% y 95.6%. Olivo (2018) no presenta un argumento que establezca el aumento o disminución de disponibilidad al aplicar su plan de mantenimiento. Casachagua (2017) por su parte establece que la disponibilidad aumenta con el plan propuesto colocándola entre los valores entre 89.45% y 90.10% aunque no explica cómo es que logro este resultado. Tarrillo (2018) aumenta la disponibilidad de su flota en todas las máquinas a 94.7%.

Por último, el beneficio económico se evaluó en base a la mano de obra técnica utilizada, teniendo un gasto en mano técnica en el mantenimiento actual de S/ 359 480.00 y reduciéndolo a S/ 115 720.00 lo que equivale a utilizar solamente el 32% del gasto actual ahorrando un 68%. Olivo (2018) muestra un costo de \$ 1829.00 para implementar su propuesta logrando un ahorro de \$ 687.00 que es un 27% del costo del mantenimiento que tenían y Espinoza (2018) mostro S/. 260,857.83 en su gasto total para la implementación del mantenimiento y presenta una rentabilidad mensual de S/ 33413.45 pero en este caso si se hizo una evaluación económica mostrando un TIR de 11.15% y un VAN de S/. 117106.00. Mayorga y Olmedo (2019) establece que el costo anual pro mantenimiento tiene un costo anual es de \$ 88 828.33 pero no realiza ninguna evaluación económica. En todas las investigaciones se puede apreciar que existe una variación de costos pero es debido a los diferentes costos de repuestos y mano de obra por ser investigaciones en otros periodos de tiempo y en el caso de Olivo (2018) de otro país, pero todos en todos los casos se puede ver que existe una mejora en cuanto al costo de mantenimiento que involucra la afirmación que un plan de mantenimiento programado resulta más rentable que la aplicación de mantenimientos correctivos o de preventivos no programados.

Conclusiones

- En la municipalidad Distrital de Cajaruro para el año 2021 se tiene un total de 10 máquinas estas reportaron un total de 210 paradas con un total de 7878 horas, de las cuales 56 paradas con un total de 6726 horas detenidas por mantenimiento correctivo, y 154 paradas con 1563 horas detenidas por mantenimiento preventivo.
- Los indicadores de mantenimiento que se encontraron fueron los CMD (confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad) teniendo para cada máquina sus indicadores independientes así se generan intervalos para cada uno entre un máximo y un mínimo. Para la confiabilidad se encontraron indicadores entre 59% y 85%, para la mantenibilidad se encontró entre 14.53 y 75.56 horas y por último para la disponibilidad se tuvo 57% y 93%.
- La propuesta del plan de mantenimiento preventivo se estableció con 5 tipos de mantenimiento según las horas de aplicación de cada uno teniendo C para el aplicado a las 500 horas, M el aplicado a las 1000 horas, L el aplicado a las 2000 horas y el ML aplicado a las 3000 horas, las actividades se proponen según el manual de cada máquina con lo que el mantenimiento propuesto tendrá un total de 100 paradas para el año y un total de 1020 horas de paradas por mantenimiento preventivo.
- Se calcularon nuevos indicadores CMD estableciendo un escenario donde se propone la aplicación del mantenimiento propuesto logrando indicadores con intervalos de confiabilidad entre 84% y 89%, de mantenibilidad de 10.36 y 40.50 y la disponibilidad entre 83% y 97%. Esto establece un aumento en los tres indicadores.
- Por último, el beneficio económico se evaluó en base a la mano técnica utilizada teniendo un gasto en mano técnica en el mantenimiento actual de S/ 359 480.00 y reduciéndolo a S/ 115 720.00, lo que equivale a utilizar solamente el 32% del gasto actual ahorrando un 68%.

Recomendaciones

- Buscar mejores registros o más específicos para realizar un mejor historial de paradas considerando los documentos de contabilidad donde se registran los gastos por mantenimiento correctivo.
- Establecer un indicador global o promedio de toda la maquinaria establecida.
- Establecer actividades más puntuales al tener información después de aplicar el mantenimiento propuesto.
- Determinar también un indicador global o promedio de toda la maquinaria para comparar con los indicadores propuestos.
- Recomendar a la empresa la aplicación del plan propuesto mostrando los resultados encontrados.

Referencias bibliográficas

- Amado, I. (2017). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de la excavadora CAT – 336d2l en la empresa señor de pomallucay, Jangas, 2018*. Amazonas. Recuperado el 13 de Septiembre de 2019, de <http://www.plagscan.com/highlight?doc=127411824&source=36>
- Belen, M. (2008). *Aplicación del análisis para una gestión de mantenimiento*. España.
- Buelvas, D. C. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*. Tesis, Universidad Autonoma del Caribe, Barranquilla. Obtenido de <http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/813>
- Casachagua Davila, C. G. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica, Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1652>
- Congreso Nacional. (28 de Octubre de 1999). *Ley Municipalidades*. Lima, Perú. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.oas.org/es/sla/dlc/mesicic/docs/mesicic4_blv_ley2028.pdf
- Cruz, J. A. (2011). *Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa AGR-RACKEND*. Tesis, Universidad Tecnológica de Tula, Tepeji. Obtenido de <https://fddocuments.es/document/implementacin-del-mantenimiento-wwwutttedumxcatalogouniversitarioimagenesgaleria63apdfpdf.html>
- Espinoza Gamarra, C. F. (2018). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi*. Tesis pregrado, Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería Industrial y Mecánica, Lima. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1295>
- Fajardo Vaca, L. M., Girón Guerrero, M. F., Vásquez Fajardo, C. E., Fajardo Vaca, L. A., Zúñiga Santillán, X. L., Solís Granda, L. E., & Pérez Salazar, J. A. (2019). Valor actual neto y tasa interna de retorno como parámetros de evaluación de las inversiones. *Revista Investigación Operacional*, 40(4). Obtenido de <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/download/693/653>
- Fernandez Espinoza, S. (2007). *Los proyectos de inversión*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

- Fernandez Sanchez, M., Shkiliova, L., & Lora Cabrera, D. (2015). La gestión en los talleres de mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola de Cuba. *Ingenieria Agricola*, 5356. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/5862/586261426009.pdf
- Gorbalan Perez Fernando. (2018). *Incidencia de los procesos de reparación de la flota de camiones CAT 793 en la disponibilidad operativa de minería a tajo abierto en minera Yanacocha S.R.L. Cajamarca -2018*. Tesis Pregrado, Universidad Señor de Sipan, Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Piura. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5223/gorbalan%20perez%20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mamani Cabellos, L. M. (2019). *Mejora y actualización del plan de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos del área central de esterilización del complejo hospitalario Guillermo Kelin de la Fuente*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Facultad de Ingeniería y Gestión, Villa El Salvador. Obtenido de http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/404/1/Mamani_Luis_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf
- Mayorca Mayorca, Olger Oswaldo, & Olmedo Jumbo, Walter Javier. (2019). *Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del gobierno autónomo descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO)*. Tesis Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10632/1/25T00343.pdf>
- Newman. (2020). *Mantenimiento Maquinaria Pesada: tipos e importancia de tenerla al día*. Obtenido de newmanmaquinariapesada.co: <https://newmanmaquinariapesada.co/mantenimiento-maquinaria-pesada.html>
- Ñaupas Paitan, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagomez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (Cuarta ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones U-Transversal 42.
- Olivo, M. J. (2018). *Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa*. Tesis Pregrado, Universidad Tecnológica Induramerica, Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ambato. Obtenido de <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1072>

- Purihuaman, B., & Ronel. (2016). *Propuesta de implementacion de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada (volquetes) de la empresa Bazher S.R.L., Chiclayo, 2015*. Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingenieria, Chiclayo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33504/purihuaman_rb.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reliabilityweb. (2017). *Reliabilitweb.com*. Recuperado el 23 de Marzo de 2017, de Definición de las Frecuencias para un Plan de Mantenimiento: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>
- Renovetec. (2017). *MantenimientoPetroquimica.com*. Recuperado el 17 de Abril de 2017, de Mantenimiento Basado en Intrucciones de Fabricantes: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/mantenimientobasadoeninstruccionesdefabricantes.html>
- Renovetec. (22 de Marzo de 2018). *Renovetec*. Obtenido de renovetec.com: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Renovetec. (22 de Marzo de 2018). *Renovetec*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Renteria, M. O. (2020). *Gestion de mantenimiento basado en la herramienta RCM para mejorar su eficiencia en la linea de extraccion de trapiche de la empresa Azucarera del Norte S.A.C., Ferreñafe - 2018*. Tesis Pregrado, Universidad de Ingenieria, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Academico Profesional de Ingenieria Industrial, Chiclayo. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7637/Renter%20C3%ADa%20Morales%20Omar%20El%20C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rizzo Velásquez, M. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria pesada para la empresa de transporte y servicios de Colombia Trasercol S.A.S, ubicada en San Martin-Cesar*. Tesis Pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Facultad de Ingenierias, Ocaña. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/2475/1/32671.pdf>

- Robles, L. J. (2009). *Impacto de los pesos porcentuales de cada incumplimiento normativo en la determinación de las multas*. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Lima. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_a68ca1f0957282ce987d32e9793a1224
- Rojas Fernandez, J. L. (2019). *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de filtrado de la empresa Talsa (Fundo UPAO) para incrementar su productividad y reducir costos de operación*. Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30301/rojas_fj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tarrillo Castañeda, Lasley. (2018). *Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada de la Municipalidad Provincial de Jaén - 2017*. Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Jaén. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35382>
- Tarrillo Santa Cruz, L. E. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S. A, Provincia de Bagua - Amazonas*. Tesis Pregrado, Universidad Politécnica Amazónica, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Amazonas. Obtenido de <https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/54/DT%20Tarrillo%202016-09-2020%20LETS.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Yengle, M. E. (2016). *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la rentabilidad en la operación Cerro Corona de la Empresa San Martín Contratistas Generales S.A.* Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10224/Yengle%20Medina%20Edwin%20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anexos

Anexo 01

Instrumento de recolección de datos para registrar las paradas y tiempo detenida cada máquina.

Anexo 01-A

Inventario de máquinas

N°	Máquina	Tonelaje	Potencia	Placa	Tracción		Año de Adquisición	Marca	Tipo	Estado	Procedencia
					Tipo	Cantidad					
1	Volquete	15 TN	440HP	GL-884	Ruedas	10	2003	VOLVO	FM12-380	operativo	SUECIA
2	Volquete	15 TN	380HP	GL-825	Ruedas	10	2007	VOLVO	FM13-440	operativo	EE.UU
3	Volquete	15 TN	380HP	GL-901	Ruedas	10	2011	VOLVO	FMX-440	operativo	EE.UU
4	Motoniveladora	10TN	170HP	APG-732	Ruedas	6	2016	CAT	140K	operativo	CHINA
5	Motoniveladora	10TN	160HP	AD0-806	Ruedas	6	1997	JHON DEERE	670C	operativo	EE.UU
6	Cargador frontal	13TN	170HP	KMH-695	Ruedas	4	2006	CAT	938H	operativo	JAPON
7	Excavadora	14TN	180HP	WE6-963	Ruedas	4	2016	JHON DEERE	LG120	operativo	EE.UU
8	Tractor oruga	23TN	170HP	F8P- 868	Oruga	2	1992	CAT	D6D	operativo	JAPON
9	Tractor oruga	19TN	170HP	F9D- 869	Oruga	2	2003	CAT	D7G	operativo	JAPON
10	Rodillo liso	11TN	170HP	L5K-458	Ruedas	4	2005	JCB	VM115	operativo	ALEMANIA

Anexo 01-B
Mantenimiento correctivo

N°	Máquina	Placa	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Cargador frontal	KMH-695	23/11/2021	15:36:00	24/11/2021	16:19:12	52.00	Revisión por baja potencia
2	Cargador frontal	KMH-695	15/10/2021	16:33:36	20/10/2021	12:00:00	62.00	Cambio de uñas
3	Excavadora	WE6-963	12/09/2021	11:02:24	25/09/2021	14:09:36	173.00	Descarga de batería
4	Excavadora	WE6-963	29/10/2021	16:48:00	08/11/2021	08:38:24	122.00	Revisión de trompo de temperatura
5	Excavadora	WE6-963	18/11/2021	08:52:48	25/11/2021	16:04:48	75.00	Reemplazo de mando final
6	Excavadora	WE6-963	21/10/2021	08:24:00	03/11/2021	10:04:48	146.00	Cambio de uñas
7	Excavadora	WE6-963	25/08/2021	08:24:00	03/09/2021	15:21:36	136.00	Inspección por fuga
8	Motoniveladora	APG-732	03/03/2021	10:33:36	12/03/2021	13:55:12	156.00	Cambio de esquineros
9	Motoniveladora	APG-732	28/08/2021	16:33:36	10/09/2021	09:36:00	159.00	Reparación de catalina
10	Motoniveladora	AD0-806	01/09/2021	12:43:12	02/09/2021	08:52:48	72.00	Ajuste de la trampa
11	Motoniveladora	AD0-806	14/01/2021	16:04:48	22/01/2021	13:12:00	128.00	Lavado
12	Motoniveladora	APG-732	20/10/2021	11:31:12	24/10/2021	11:16:48	76.00	Revisión por baja potencia
13	Motoniveladora	AD0-806	11/05/2021	12:43:12	23/05/2021	12:43:12	155.00	Cambio de aceite
14	Motoniveladora	APG-732	30/03/2021	15:36:00	08/04/2021	12:57:36	150.00	Revisión de frenos
15	Motoniveladora	AD0-806	02/08/2021	14:52:48	07/08/2021	10:04:48	47.00	Lavado
16	Motoniveladora	APG-732	29/03/2021	15:21:36	03/04/2021	15:21:36	99.00	Reemplazo de cauchos
17	Motoniveladora	APG-732	28/05/2021	12:14:24	08/06/2021	12:43:12	176.00	lavado del filtro de combustible

N°	Máquina	Placa	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
18	Motoniveladora	APG-732	04/08/2021	16:33:36	19/08/2021	15:50:24	195.00	Reparación llanta baja
19	Motoniveladora	APG-732	05/12/2021	16:04:48	15/12/2021	14:52:48	185.00	Reparación de cuchilla
20	Motoniveladora	AD0-806	09/02/2021	16:48:00	19/02/2021	14:09:36	99.00	Chequeo de solenoides
21	Rodillo liso	L5K-458	05/11/2021	12:14:24	17/11/2021	09:07:12	145.00	Inspección de amortiguador
22	Rodillo liso	L5K-458	20/05/2021	10:48:00	21/05/2021	11:45:36	66.00	Calentamiento
23	Rodillo liso	L5K-458	11/06/2021	14:38:24	16/06/2021	09:50:24	106.00	Lavado de filtros
24	Rodillo liso	L5K-458	24/07/2021	09:21:36	29/07/2021	15:36:00	120.00	Reparación del motor
25	Rodillo liso	L5K-458	02/07/2021	10:19:12	09/07/2021	14:24:00	124.00	Reparación de bomba de aceite
26	Rodillo liso	L5K-458	07/05/2021	09:07:12	18/05/2021	10:19:12	160.00	Limpieza general
27	Tractor oruga	F8P- 868	04/01/2021	10:04:48	18/01/2021	12:57:36	226.00	Limpieza de cabina
28	Tractor oruga	F8P- 868	29/08/2021	14:09:36	12/09/2021	13:55:12	216.00	Acondicionamiento del arado
29	Tractor oruga	F8P- 868	21/09/2021	08:24:00	03/10/2021	14:38:24	176.00	Reparación de embrague
30	Tractor oruga	F8P- 869	19/02/2021	11:45:36	03/03/2021	10:33:36	142.00	Regulación de embrague
31	Tractor oruga	F8P- 869	30/07/2021	15:21:36	03/08/2021	11:45:36	111.00	Desmontaje de barras
32	Tractor oruga	F8P- 868	03/10/2021	12:28:48	16/10/2021	08:24:00	155.00	Reemplazo de templadores
33	Tractor oruga	F8P- 869	07/04/2021	14:09:36	11/04/2021	16:48:00	132.00	Regulación del pedal del arado
34	Tractor oruga	F8P- 869	23/08/2021	08:38:24	06/09/2021	10:33:36	168.00	Engrase de arados
35	Tractor oruga	F8P- 869	13/10/2021	12:28:48	24/10/2021	14:24:00	145.00	Revisión del motor
36	Tractor oruga	F8P- 868	29/04/2021	08:38:24	04/05/2021	14:52:48	119.00	Revisión de mangueras hidráulica
37	Tractor oruga	F8P- 868	30/09/2021	12:43:12	14/10/2021	12:43:12	171.00	Reparación de solenoide

N°	Máquina	Placa	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
38	Tractor oruga	F8P- 868	06/07/2021	10:04:48	07/07/2021	08:38:24	99.00	Sangrado de bomba de alimentación
39	Tractor oruga	F9D- 869	10/04/2021	15:21:36	18/04/2021	12:14:24	113.00	Engrase de arados
40	Tractor oruga	F9D- 869	27/05/2021	16:19:12	09/06/2021	12:28:48	168.00	Limpieza de arado
41	Tractor oruga	F9D- 869	17/10/2021	08:38:24	30/10/2021	08:24:00	149.00	Recarga de batería
42	Tractor oruga	F9D- 869	26/08/2021	12:57:36	07/09/2021	10:33:36	129.00	Reemplazo de templadores
43	Tractor oruga	F9D- 869	07/04/2021	11:31:12	10/04/2021	14:38:24	93.00	Reparación de cilindros de oruga
44	Tractor oruga	F9D- 869	17/05/2021	14:52:48	18/05/2021	12:00:00	13.00	Reparación de llantas
45	Volquete	GL-884	14/01/2021	10:19:12	28/01/2021	10:33:36	185.00	Reparación abrazadera
46	Volquete	GL-884	02/03/2021	10:48:00	02/03/2021	11:45:36	58.00	Lavado
47	Volquete	GL-825	24/05/2021	16:19:12	07/06/2021	12:00:00	148.00	Lavado
48	Volquete	GL-825	29/07/2021	12:00:00	01/08/2021	10:04:48	27.00	Limpieza de filtros de aire
49	Volquete	GL-825	11/06/2021	16:48:00	16/06/2021	08:38:24	82.00	Reparación de motor de arranque
50	Volquete	GL-901	24/11/2021	10:19:12	30/11/2021	15:07:12	100.00	Reparación de disco de embrague
51	Volquete	GL-825	25/02/2021	16:33:36	02/03/2021	08:52:48	110.00	limpieza de cabina
52	Volquete	GL-825	03/09/2021	11:31:12	09/09/2021	11:02:24	78.00	Reparación de frenos
53	Volquete	GL-884	01/01/2021	13:12:00	06/01/2021	11:45:36	131.00	Ajuste de manguera
54	Volquete	GL-884	24/10/2021	16:04:48	08/11/2021	14:09:36	182.00	Regulación de ruedas
55	Volquete	GL-825	21/03/2021	13:26:24	22/03/2021	14:24:00	66.00	Purga de trampa de agua
56	Volquete	GL-901	08/06/2021	10:19:12	08/06/2021	11:02:24	43.00	Ajuste de pernos por vibración
57	Volquete	GL-901	06/08/2021	12:57:36	15/08/2021	11:16:48	89.00	Recarga de batería

N°	Máquina	Placa	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
58	Volquete	GL-825	20/07/2021	10:04:48	28/07/2021	10:48:00	167.00	Reparación manzana y eje
59	Volquete	GL-825	09/10/2021	08:09:36	11/10/2021	13:12:00	83.00	Cambio de reten
60	Volquete	GL-884	21/10/2021	10:04:48	28/10/2021	14:09:36	124.00	Fuga hidráulica
61	Volquete	GL-901	01/03/2021	16:33:36	01/03/2021	08:24:00	42.00	Limpieza de tolva

Anexo 01-C

Resumen de paradas por mantenimiento correctivo

Paradas		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Volquete	GL-884	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5
Volquete	GL-825	0	1	1	0	1	1	2	0	1	1	0	0	8
Volquete	GL-901	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
Motoniveladora	APG-732	0	0	3	0	1	0	0	2	0	1	0	1	8
Motoniveladora	AD0-806	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	5
Cargador frontal	KMH-695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Excavadora	WE6-963	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	5
Tractor oruga	F8P- 868	1	0	0	1	0	0	1	1	2	1	0	0	7
Tractor oruga	F9D- 869	0	0	0	2	2	0	0	1	0	1	0	0	6
Rodillo liso	L5K-458	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	1	0	6
Total		4	2	6	3	7	3	5	7	5	9	4	1	56

Tiempo de parada (horas)		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Volquete	GL-884	316	0	58	0	0	0	0	0	0	306	0	0	680
Volquete	GL-825	0	110	66	0	148	82	194	0	78	83	0	0	761
Volquete	GL-901	0	0	42	0	0	43	0	89	0	0	100	0	274
Motoniveladora	APG-732	0	0	405	0	176	0	0	354	0	76	0	185	1196
Motoniveladora	AD0-806	128	99	0	0	155	0	0	47	72	0	0	0	501
Cargador frontal	KMH-695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	52	0	114
Excavadora	WE6-963	0	0	0	0	0	0	0	136	173	268	75	0	652
Tractor oruga	F8P- 868	226	0	0	119	0	0	99	216	347	155	0	0	1162
Tractor oruga	F9D- 869	0	0	0	206	181	0	0	129	0	149	0	0	665
Rodillo liso	L5K-458	0	0	0	0	226	106	244	0	0	0	145	0	721
Total		670	209	571	325	886	231	537	971	670	1099	372	185	6726

Anexo 01-D

Paradas por mantenimiento preventivo

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
GL-884	07/11/2021	M	1000	h	11	Noviembre	8
GL-884	13/10/2021	ML	3000	h	10	Octubre	8
GL-884	07/08/2021	ML	3000	h	8	Agosto	13
GL-884	17/11/2021	L	2000	h	11	Noviembre	8
GL-884	19/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	15
GL-884	23/07/2021	C	500	h	7	Julio	10
GL-884	29/03/2021	L	2000	h	3	Marzo	16
GL-884	22/01/2021	C	500	h	1	Enero	11
GL-884	10/09/2021	ML	3000	h	9	Setiembre	5
GL-884	31/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	11
GL-884	15/01/2021	L	2000	h	1	Enero	12
GL-884	24/11/2021	L	2000	h	11	Noviembre	12
GL-884	27/07/2021	L	2000	h	7	Julio	10
GL-884	16/04/2021	C	500	h	4	Abril	7
GL-884	11/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	12
GL-884	03/06/2021	ML	3000	h	6	Junio	10
GL-884	12/05/2021	L	2000	h	5	Mayo	5

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
GL-884	15/03/2021	L	2000	h	3	Marzo	14
GL-884	09/04/2021	M	1000	h	4	Abril	14
GL-884	16/11/2021	ML	3000	h	11	Noviembre	13
GL-884	23/01/2021	ML	3000	h	1	Enero	5
GL-825	11/08/2021	M	1000	h	8	Agosto	9
GL-825	01/09/2021	L	2000	h	9	Setiembre	15
GL-825	14/03/2021	C	500	h	3	Marzo	9
GL-825	19/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	5
GL-825	03/10/2021	L	2000	h	10	Octubre	9
GL-825	14/09/2021	M	1000	h	9	Setiembre	16
GL-825	10/08/2021	L	2000	h	8	Agosto	6
GL-825	02/11/2021	M	1000	h	11	Noviembre	7
GL-825	31/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	5
GL-825	05/04/2021	C	500	h	4	Abril	13
GL-901	13/01/2021	C	500	h	1	Enero	7
GL-901	31/05/2021	C	500	h	5	Mayo	9
GL-901	22/04/2021	M	1000	h	4	Abril	11
GL-901	11/08/2021	M	1000	h	8	Agosto	14
GL-901	20/08/2021	ML	3000	h	8	Agosto	16
GL-901	05/05/2021	L	2000	h	5	Mayo	10

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
GL-901	29/07/2021	ML	3000	h	7	Julio	14
GL-901	07/01/2021	ML	3000	h	1	Enero	10
GL-901	01/05/2021	C	500	h	5	Mayo	7
GL-901	29/12/2021	L	2000	h	12	Diciembre	16
GL-901	31/12/2021	L	2000	h	12	Diciembre	15
GL-901	30/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	7
GL-901	31/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	12
GL-901	31/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	12
GL-901	10/11/2021	C	500	h	11	Noviembre	12
GL-901	06/10/2021	ML	3000	h	10	Octubre	7
GL-901	07/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	7
GL-901	01/09/2021	C	500	h	9	Setiembre	6
APG-732	18/06/2021	C	500	h	6	Junio	14
APG-732	29/08/2021	L	2000	h	8	Agosto	15
APG-732	22/06/2021	ML	3000	h	6	Junio	15
APG-732	10/09/2021	C	500	h	9	Setiembre	9
APG-732	22/02/2021	ML	3000	h	2	Febrero	9
APG-732	22/02/2021	ML	3000	h	2	Febrero	5
APG-732	18/04/2021	M	1000	h	4	Abril	14
APG-732	30/06/2021	ML	3000	h	6	Junio	13

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
APG-732	12/09/2021	C	500	h	9	Setiembre	13
APG-732	30/09/2021	M	1000	h	9	Setiembre	9
APG-732	18/02/2021	C	500	h	2	Febrero	5
APG-732	30/12/2021	M	1000	h	12	Diciembre	16
APG-732	27/05/2021	ML	3000	h	5	Mayo	6
APG-732	31/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	6
APG-732	21/11/2021	L	2000	h	11	Noviembre	8
APG-732	06/05/2021	C	500	h	5	Mayo	10
APG-732	29/06/2021	ML	3000	h	6	Junio	10
APG-732	02/10/2021	C	500	h	10	Octubre	16
APG-732	13/08/2021	ML	3000	h	8	Agosto	10
APG-732	30/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	10
APG-732	31/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	15
APG-732	30/10/2021	ML	3000	h	10	Octubre	5
AD0-806	29/09/2021	C	500	h	9	Setiembre	7
AD0-806	09/04/2021	ML	3000	h	4	Abril	10
AD0-806	30/09/2021	C	500	h	9	Setiembre	12
AD0-806	28/09/2021	L	2000	h	9	Setiembre	5
AD0-806	18/10/2021	L	2000	h	10	Octubre	16
AD0-806	08/10/2021	L	2000	h	10	Octubre	9

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
AD0-806	25/11/2021	L	2000	h	11	Noviembre	15
AD0-806	21/11/2021	ML	3000	h	11	Noviembre	13
AD0-806	04/05/2021	ML	3000	h	5	Mayo	13
AD0-806	19/03/2021	M	1000	h	3	Marzo	14
AD0-806	31/07/2021	C	500	h	7	Julio	9
KMH-695	09/05/2021	L	2000	h	5	Mayo	5
KMH-695	08/07/2021	ML	3000	h	7	Julio	10
KMH-695	17/09/2021	C	500	h	9	Setiembre	5
KMH-695	15/03/2021	M	1000	h	3	Marzo	6
KMH-695	28/07/2021	M	1000	h	7	Julio	10
KMH-695	11/05/2021	L	2000	h	5	Mayo	9
KMH-695	31/05/2021	L	2000	h	5	Mayo	10
KMH-695	17/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	7
KMH-695	22/02/2021	ML	3000	h	2	Febrero	7
KMH-695	21/02/2021	M	1000	h	2	Febrero	7
KMH-695	24/08/2021	L	2000	h	8	Agosto	11
KMH-695	25/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	12
KMH-695	11/06/2021	L	2000	h	6	Junio	5
WE6-963	14/04/2021	ML	3000	h	4	Abril	10
WE6-963	06/10/2021	M	1000	h	10	Octubre	9

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
WE6-963	12/03/2021	C	500	h	3	Marzo	14
WE6-963	08/04/2021	L	2000	h	4	Abril	6
WE6-963	07/03/2021	ML	3000	h	3	Marzo	7
WE6-963	30/06/2021	L	2000	h	6	Junio	14
WE6-963	19/10/2021	M	1000	h	10	Octubre	6
WE6-963	24/07/2021	C	500	h	7	Julio	15
WE6-963	08/11/2021	L	2000	h	11	Noviembre	12
F8P- 868	01/07/2021	C	500	h	7	Julio	9
F8P- 868	02/09/2021	M	1000	h	9	Setiembre	15
F8P- 868	06/03/2021	L	2000	h	3	Marzo	13
F8P- 868	11/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	6
F8P- 868	15/04/2021	ML	3000	h	4	Abril	12
F8P- 868	24/06/2021	L	2000	h	6	Junio	7
F8P- 868	01/03/2021	C	500	h	3	Marzo	10
F8P- 868	15/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	7
F8P- 868	04/06/2021	M	1000	h	6	Junio	9
F8P- 868	22/04/2021	ML	3000	h	4	Abril	5
F8P- 868	10/12/2021	L	2000	h	12	Diciembre	5
F9D- 869	08/09/2021	ML	3000	h	9	Setiembre	7
F9D- 869	08/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	15

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
F9D- 869	18/10/2021	ML	3000	h	10	Octubre	11
F9D- 869	09/09/2021	ML	3000	h	9	Setiembre	6
F9D- 869	22/09/2021	L	2000	h	9	Setiembre	8
F9D- 869	30/04/2021	C	500	h	4	Abril	16
F9D- 869	19/01/2021	L	2000	h	1	Enero	13
F9D- 869	06/06/2021	C	500	h	6	Junio	7
F9D- 869	20/04/2021	ML	3000	h	4	Abril	9
F9D- 869	20/10/2021	C	500	h	10	Octubre	15
F9D- 869	05/08/2021	ML	3000	h	8	Agosto	10
F9D- 869	03/02/2021	ML	3000	h	2	Febrero	14
F9D- 869	30/07/2021	ML	3000	h	7	Julio	11
F9D- 869	17/06/2021	L	2000	h	6	Junio	7
F9D- 869	25/07/2021	ML	3000	h	7	Julio	5
F9D- 869	31/05/2021	M	1000	h	5	Mayo	14
F9D- 869	06/06/2021	M	1000	h	6	Junio	15
F9D- 869	20/10/2021	L	2000	h	10	Octubre	15
L5K-458	06/03/2021	M	1000	h	3	Marzo	6
L5K-458	07/03/2021	ML	3000	h	3	Marzo	6
L5K-458	14/07/2021	M	1000	h	7	Julio	8
L5K-458	10/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	7

Placa	Fecha	Tipo			Mes		Tiempo requerido
L5K-458	09/10/2021	C	500	h	10	Octubre	8
L5K-458	31/12/2021	C	500	h	12	Diciembre	12
L5K-458	30/12/2021	L	2000	h	12	Diciembre	7
L5K-458	31/12/2021	M	1000	h	12	Diciembre	6
L5K-458	30/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	12
L5K-458	11/08/2021	L	2000	h	8	Agosto	11
L5K-458	27/09/2021	L	2000	h	9	Setiembre	15
L5K-458	12/10/2021	M	1000	h	10	Octubre	6
L5K-458	10/08/2021	M	1000	h	8	Agosto	6
L5K-458	04/12/2021	ML	3000	h	12	Diciembre	11
L5K-458	25/09/2021	L	2000	h	9	Setiembre	12
L5K-458	18/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	16
L5K-458	05/05/2021	ML	3000	h	5	Mayo	15
L5K-458	28/03/2021	M	1000	h	3	Marzo	14
L5K-458	25/01/2021	ML	3000	h	1	Enero	11
L5K-458	21/04/2021	C	500	h	4	Abril	5
L5K-458	11/02/2021	L	2000	h	2	Febrero	15

Anexo 01-E

Resumen de paradas por mantenimiento preventivo

Paradas		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Volquete	GL-884	3	1	2	2	1	1	2	1	1	1	4	2	21
Volquete	GL-825	0	1	1	1	0	0	0	2	2	1	1	1	10
Volquete	GL-901	2	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	6	18
Motoniveladora	APG-732	0	3	0	1	2	4	0	2	3	2	1	4	22
Motoniveladora	AD0-806	0	0	1	1	1	0	1	0	3	2	2	0	11
Cargador frontal	KMH-695	0	2	1	0	3	1	2	1	1	0	0	2	13
Excavadora	WE6-963	0	0	2	2	0	1	1	0	0	2	1	0	9
Tractor oruga	F8P- 868	0	2	2	2	0	2	1	0	1	0	0	1	11
Tractor oruga	F9D- 869	1	2	0	2	1	3	2	1	3	3	0	0	18
Rodillo liso	L5K-458	1	2	3	1	1	0	1	2	2	2	0	6	21
Total		7	13	12	13	12	12	11	11	17	14	10	22	154

Tiempo de parada (horas)		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Volquete	GL-884	28	12	30	21	5	10	20	13	5	8	41	26	219
Volquete	GL-825	0	5	9	13	0	0	0	15	31	9	7	5	94
Volquete	GL-901	17	0	0	11	26	0	14	30	6	7	12	69	192
Motoniveladora	APG-732	0	19	0	14	16	52	0	25	31	21	8	47	233
Motoniveladora	AD0-806	0	0	14	10	13	0	9	0	24	25	28	0	123
Cargador frontal	KMH-695	0	14	6	0	24	5	20	11	5	0	0	19	104
Excavadora	WE6-963	0	0	21	16	0	14	15	0	0	15	12	0	93
Tractor oruga	F8P- 868	0	13	23	17	0	16	9	0	15	0	0	5	98
Tractor oruga	F9D- 869	13	29	0	25	14	29	16	10	21	41	0	0	198
Rodillo liso	L5K-458	11	31	26	5	15	0	8	17	27	14	0	55	209
Total		69	123	129	132	113	126	111	121	165	140	108	226	1563.0

Anexo 02

Tiempo por parada según demora administrativa, reparación y llegada de repuestos

Anexo 02-A

Mantenimiento correctivo actual

Máquina	Descripción	Administrativo	Reparación	Entrega de repuesto		Total
		Horas	Horas	Horas	Días	Horas
Cargador frontal	Revisión por baja potencia	8.00	12.00	32.00	4	52.00
Cargador frontal	Cambio de uñas	7.00	15.00	40.00	5	62.00
Excavadora	Descarga de batería	29.00	24.00	120.00	15	173.00
Excavadora	Revisión de trompo de temperatura	30.00	12.00	80.00	10	122.00
Excavadora	Reemplazo de mando final	6.00	5.00	64.00	8	75.00
Excavadora	Cambio de uñas	3.00	15.00	128.00	16	146.00
Excavadora	Inspección por fuga	16.00	8.00	112.00	14	136.00
Motoniveladora	Cambio de esquineros	28.00	8.00	120.00	15	156.00
Motoniveladora	Reparación de catalina	51.00	12.00	96.00	12	159.00
Motoniveladora	Ajuste de la trampa	20.00	12.00	40.00	5	72.00
Motoniveladora	Lavado	31.00	1.00	96.00	12	128.00
Motoniveladora	Revisión por baja potencia	40.00	12.00	24.00	3	76.00
Motoniveladora	Cambio de aceite	66.00	1.00	88.00	11	155.00

Máquina	Descripción	Administrativo	Reparación	Entrega de repuesto		Total
		Horas	Horas	Horas	Días	Horas
Motoniveladora	Revisión de frenos	45.00	1.00	104.00	13	150.00
Motoniveladora	Lavado	30.00	1.00	16.00	2	47.00
Motoniveladora	Reemplazo de cauchos	51.00	8.00	40.00	5	99.00
Motoniveladora	lavado del filtro de combustible	46.00	2.00	128.00	16	176.00
Motoniveladora	Reparación llanta baja	192.00	3.00	0.00	0	195.00
Motoniveladora	Reparación de cuchilla	163.00	6.00	16.00	2	185.00
Motoniveladora	Chequeo de solenoides	97.00	2.00	0.00	0	99.00
Rodillo liso	Inspección de amortiguador	140.00	5.00	0.00	0	145.00
Rodillo liso	Calentamiento	58.00	8.00	0.00	0	66.00
Rodillo liso	Lavado de filtros	104.00	2.00	0.00	0	106.00
Rodillo liso	Reparación del motor	-120.00	120.00	120.00	15	120.00
Rodillo liso	Reparación de bomba de aceite	36.00	8.00	80.00	10	124.00
Rodillo liso	Limpieza general	158.00	2.00	0.00	0	160.00
Tractor oruga	Limpieza de cabina	224.00	2.00	0.00	0	226.00
Tractor oruga	Acondicionamiento del arado	213.00	3.00	0.00	0	216.00
Tractor oruga	Reparación de embrague	137.00	15.00	24.00	3	176.00
Tractor oruga	Regulación de embrague	127.00	15.00	0.00	0	142.00
Tractor oruga	Desmontaje de barras	99.00	4.00	8.00	1	111.00
Tractor oruga	Reemplazo de templadores	100.00	15.00	40.00	5	155.00

Máquina	Descripción	Administrativo	Reparación	Entrega de repuesto		Total
		Horas	Horas	Horas	Días	Horas
Tractor oruga	Regulación del pedal del arado	124.00	8.00	0.00	0	132.00
Tractor oruga	Engrase de arados	134.50	1.50	32.00	4	168.00
Tractor oruga	Revisión del motor	17.00	8.00	120.00	15	145.00
Tractor oruga	Revisión de mangueras hidráulica	99.00	4.00	16.00	2	119.00
Tractor oruga	Reparación de solenoide	136.00	3.00	32.00	4	171.00
Tractor oruga	Sangrado de bomba de alimentación	97.00	2.00	0.00	0	99.00
Tractor oruga	Engrase de arados	87.00	2.00	24.00	3	113.00
Tractor oruga	Limpieza de arado	148.00	20.00	0.00	0	168.00
Tractor oruga	Recarga de batería	38.00	15.00	96.00	12	149.00
Tractor oruga	Reemplazo de templadores	23.00	10.00	96.00	12	129.00
Tractor oruga	Reparación de cilindros de oruga	33.00	20.00	40.00	5	93.00
Tractor oruga	Reparación de llantas	0.00	13.00	0.00	0	13.00
Volquete	Reparación abrazadera	130.00	15.00	40.00	5	185.00
Volquete	Lavado	57.00	1.00	0.00	0	58.00
Volquete	Lavado	147.00	1.00	0.00	0	148.00
Volquete	Limpieza de filtros de aire	26.00	1.00	0.00	0	27.00
Volquete	Reparación de motor de arranque	36.00	6.00	40.00	5	82.00
Volquete	Reparación de disco de embrague	14.00	6.00	80.00	10	100.00
Volquete	limpieza de cabina	109.00	1.00	0.00	0	110.00

Máquina	Descripción	Administrativo	Reparación	Entrega de repuesto		Total
		Horas	Horas	Horas	Días	Horas
Volquete	Reparación de frenos	74.00	4.00	0.00	0	78.00
Volquete	Ajuste de manguera	114.00	1.00	16.00	2	131.00
Volquete	Regulación de ruedas	162.00	4.00	16.00	2	182.00
Volquete	Purga de trampa de agua	54.00	12.00	0.00	0	66.00
Volquete	Ajuste de pernos por vibración	42.00	1.00	0.00	0	43.00
Volquete	Recarga de batería	34.00	15.00	40.00	5	89.00
Volquete	Reparación manzana y eje	79.00	8.00	80.00	10	167.00
Volquete	Cambio de reten	39.00	12.00	32.00	4	83.00
Volquete	Fuga hidráulica	79.00	5.00	40.00	5	124.00
Volquete	Limpieza de tolva	39.00	3.00	0.00	0	42.00

Anexo 02-B

Mantenimiento correctivo proyectado

Máquina	Placa	Horas	Descripción	Administrativo	Reparación	Entrega de repuesto		Total
				Horas	Horas	Horas	Días	Horas
Cargador frontal	KMH-695	15.00	Cambio de uñas	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Excavadora	WE6-963	24.00	Descarga de batería	0.00	24.00	0.00	0	24.00
Excavadora	WE6-963	12.00	Revisión de trompo de temperatura	0.00	12.00	0.00	0	12.00
Excavadora	WE6-963	5.00	Reemplazo de mando final	0.00	5.00	0.00	0	5.00
Excavadora	WE6-963	15.00	Cambio de uñas	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Motoniveladora	APG-732	8.00	Cambio de esquineros	0.00	8.00	0.00	0	8.00
Motoniveladora	APG-732	12.00	Reparación de catalina	0.00	12.00	0.00	0	12.00
Motoniveladora	AD0-806	12.00	Ajuste de la trampa	0.00	12.00	0.00	0	12.00
Motoniveladora	APG-732	8.00	Reemplazo de cauchos	0.00	8.00	0.00	0	8.00
Motoniveladora	APG-732	195.00	Reparación llanta baja	192.00	3.00	0.00	0	195.00
Motoniveladora	APG-732	187.00	Reparación de cuchilla	165.00	6.00	16.00	2	187.00
Rodillo liso	L5K-458	5.00	Inspección de amortiguador	0.00	5.00	0.00	0	5.00
Rodillo liso	L5K-458	66.00	Calentamiento	58.00	8.00	0.00	0	66.00
Rodillo liso	L5K-458	120.00	Reparación del motor	28.00	12.00	80.00	10	120.00
Tractor oruga	F8P- 868	226.00	Limpieza de cabina	224.00	2.00	0.00	0	226.00

Máquina	Placa	Horas	Descripción	Administrativo	Reparación	Entrega de repuesto		Total
				Horas	Horas	Horas	Días	Horas
Tractor oruga	F8P- 868	216.00	Acondicionamiento del arado	213.00	3.00	0.00	0	216.00
Tractor oruga	F8P- 868	15.00	Reparación de embrague	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Tractor oruga	F8P- 869	15.00	Regulación de embrague	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Tractor oruga	F8P- 869	111.00	Desmontaje de barras	99.00	4.00	8.00	1	111.00
Tractor oruga	F8P- 869	15.00	Regulación del pedal del arado	0.00	15.00	0.00	5	15.00
Tractor oruga	F8P- 868	8.00	Reparación de solenoide	0.00	8.00	0.00	0	8.00
Tractor oruga	F9D- 869	20.00	Limpieza de arado	0.00	20.00	0.00	0	20.00
Tractor oruga	F9D- 869	15.00	Recarga de batería	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Tractor oruga	F9D- 869	10.00	Reemplazo de templadores	0.00	10.00	0.00	0	10.00
Tractor oruga	F9D- 869	20.00	Reparación de cilindros de oruga	0.00	20.00	0.00	0	20.00
Tractor oruga	F9D- 869	13.00	Reparación de llantas	0.00	13.00	0.00	0	13.00
Volquete	GL-884	15.00	Reparación abrazadera	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Volquete	GL-825	82.00	Reparación de motor de arranque	36.00	6.00	40.00	5	82.00
Volquete	GL-901	15.00	Reparación de disco de embrague	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Volquete	GL-884	182.00	Regulación de ruedas	162.00	4.00	16.00	2	182.00
Volquete	GL-825	12.00	Purga de trampa de agua	0.00	12.00	0.00	0	12.00
Volquete	GL-901	15.00	Recarga de batería	0.00	15.00	0.00	0	15.00
Volquete	GL-825	167.00	Reparación manzana y eje	79.00	8.00	80.00	10	167.00
Volquete	GL-825	12.00	Cambio de reten	0.00	12.00	0.00	0	12.00
Volquete	GL-884	5.00	Fuga hidráulica	0.00	5.00	0.00	0	5.00

Anexo 03
Panel fotográfico



