

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CAMINEROS DE
LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

BRYAN ALONSO ZEA SANTANDER

Callao, 2021

PERÚ

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CAMINEROS DE
LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente a mi Madre y a mi Familia en general que con esfuerzo y dedicación acompañan cada día mi proceso formativo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que colaboraron en mi formación profesional, desde mi etapa como pre universitario, universitario y bachiller he conocido personas muy valiosas a quienes estaré siempre agradecido.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	11
1.2. Formulación de Problemas	13
1.2.1. Problema General.....	13
1.2.2. Problemas Específicos	13
1.3. Objetivos de la Investigación	13
1.3.1. Objetivo General.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos	13
1.4. Limitantes de la Investigación	14
1.4.1. Teórica	14
1.4.2. Temporal.....	14
1.4.3. Espacial	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la Investigación	16
2.1.1. Antecedentes Internacionales	16
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	17
2.2. Bases Teóricas	19
2.2.1. Definición de Mantenimiento	19
2.2.2. Gestión y Operación del Mantenimiento	20
2.2.3. Gestión del Mantenimiento.....	21
2.2.4. Operación del Mantenimiento.	22
2.2.5. Funciones y Objetivos del Mantenimiento	22
2.2.6. Tipos de Mantenimiento	23
2.2.7. Plan de Mantenimiento.....	24
2.2.8. Tipos de Tareas de Mantenimiento.....	25

2.2.9.	Formas de Indicar las Frecuencias de Mantenimiento	27
2.2.10.	Determinación de la Frecuencia de Mantenimiento	28
2.2.11.	Análisis de Criticidad	29
2.2.12.	Modelo de Criticidad Semicuantitativo “CTR” – Criticidad Total por Riesgo... ..	29
2.2.13.	Equipos Camineros	32
2.2.14.	Codificación de Equipos	41
2.3.	Conceptual	42
2.3.1.	Disponibilidad	42
2.3.2.	Terminología del Mantenimiento	44
2.3.3.	Niveles del Mantenimiento	46
2.3.4.	Administración de la Producción Referida a Mantenimiento	49
2.3.5.	Aprendizaje Tecnológico	50
2.4.	Definición de Términos Básicos	50
III.	HIPOTESIS Y VARIABLES	52
3.1.	Hipótesis de la Investigación	52
3.1.1.	Hipótesis General	52
3.1.2.	Hipótesis Específicas.....	52
3.2.	Definición Conceptual de Variables	52
3.2.1.	Variable Independiente:.....	52
3.2.2.	Variable Dependiente:.....	52
3.2.3.	Operacionalización de las Variables	53
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	54
4.1.	Tipo y Diseño de Investigación	54
4.1.1.	Tipo de Investigación.....	54
4.1.2.	Diseño de Investigación	54
4.2.	Método de Investigación	55
4.3.	Población y muestra	55
4.4.	Lugar de Estudio	59
4.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	60
4.5.1.	Técnicas.....	60
4.5.2.	Instrumentos	60
4.6.	Análisis y Procesamiento de Datos	60
V.	RESULTADOS	65
5.1.	Resultados Descriptivos	65

5.1.1.	Características de la Institución donde se desarrolló la investigación	65
5.1.2.	Codificación de los equipos camineros.....	69
5.1.3.	Diagnóstico del estado de los equipos.....	70
5.1.4.	Análisis de criticidad de los equipos camineros	71
5.1.5.	Plan de Mantenimiento Preventivo General	72
5.1.6.	Plan de Mantenimiento Preventivo 1 (PM1)	72
5.1.7.	Plan de Mantenimiento Preventivo 2 (PM2)	76
5.1.8.	Consideraciones para la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo General	84
5.1.9.	Resultados Inferenciales	84
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
6.1.	Contrastación y Demostración de la Hipótesis con los Resultados	87
6.2.	Contrastación de Resultados con otros Estudios Similares.....	87
6.3.	Responsabilidad Ética de acuerdo a los Reglamentos Vigentes	90
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	92
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 PARTES DEL RODILLO COMPACTADOR CATERPILLAR	37
Tabla 2. 2 PARTES BÁSICAS DE UN CAMIÓN VOLTEADOR.....	40
Tabla 3. 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	53
Tabla 4. 1 RELACIÓN DE EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA.....	56
Tabla 4. 2 LISTA DE EXIGENCIAS PARA EL DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	61
Tabla 4. 3 MATRIZ MORFOLÓGICA DEL PROCESO	63
Tabla 5. 1 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA	69
Tabla 5. 2 DIAGNÓSTICO DE ESTADO DE PARTE O SISTEMA DE EQUIPO.....	70
Tabla 5. 3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA CADA UNO DE LOS EQUIPOS CAMINEROS.....	71
Tabla 5. 4 HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO (HPMP) PROYECTADAS EN UN AÑO POR EL PM1 Y EL PM2.....	83
Tabla 5. 5 OBTENCIÓN DE LAS HORAS PROGRAMADAS ANUALES A PARTIR DE LAS HORAS PROGRAMADAS SEMANALES Y LAS SEMANAS LABORALES ANUALES	85
Tabla 5. 6 PROYECCIÓN DE VALORES DE DISPONIBILIDAD A PARTIR DE HORAS PROGRAMADAS ANUALES Y HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROYECTAS EN UN AÑO.....	86
Tabla 6. 1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON UN ESTUDIO SIMILAR	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 EQUIPOS CAMINEROS DEL MUNICIPIO DE VENTANILLA REALIZANDO TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	12
Figura 2. 1 MATRIZ DE CRITICIDAD EXPUESTA POR EL MODELO SEMICUANTITATIVO DE CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO	32
Figura 2. 2 CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA380	34
Figura 2. 3 MOTONIVELADORA KOMATSU GD535	35
Figura 2. 4 RODILLO COMPACTADOR CATERPILLAR Y SUS PARTES	36
Figura 2. 5 MINICARGADOR CATERPILLAR 236D3	38
Figura 2. 6 PARTES BÁSICAS DE UN CAMIÓN VOLTEADOR.....	40
Figura 2. 7 ORDENAMIENTO PARA LA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	42
Figura 2. 8 TÉRMINOLOGÍA UTILIZADA POR LA NORMA AFNOR NFX 60-010 PARA CLASIFICAR LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	45
Figura 2. 9 TERMINOLOGÍA UTILIZADA POR LA NORMA EN-13306 PARA CLASIFICAR LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	46
Figura 4. 1 CARGADOR FRONTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA.....	56
Figura 4. 2 MOTONIVELADORA DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA	57
Figura 4. 3 RODILLO COMPACTADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA .	57
Figura 4. 4 MINICARGADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA	58
Figura 4. 5 CAMIÓN VOLTEADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA.....	58
Figura 4. 6 MAPA DEL DISTRITO DE VENTANILLA DENTRO DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO	59
Figura 5. 1 MINICARGADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA REALIZANDO TRABAJOS DE AFIRMADO DE CAMINOS	67
Figura 6. 1 OBTENCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD A PARTIR DE LAS HORAS PROGRAMADAS Y LAS HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UN ESTUDIO SIMILAR	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2. 1 ORDENAMIENTO DE TIPOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO EN BASE A SU COMPLEJIDAD DE REALIZACIÓN	27
Gráfico 4. 1 DIAGRAMA LÓGICO FUNCIONAL - CAJA NEGRA.....	62
Gráfico 4. 2 DIAGRAMA LÓGICO DE PROCESOS - CAJA BLANCA	62
Gráfico 5. 1 ORGANIGRAMA DE LAS ÁREAS Y DEL PERSONAL INVOLUCRADO CON LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA.....	68
Gráfico 5. 2 DIVISIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL (PM) EN LOS PLANES (PM1) Y (PM2).....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	97
ANEXO 2. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - CARGADOR FRONTAL	98
ANEXO 3. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - MOTONIVELADORA.....	99
ANEXO 4. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - RODILLO COMPACTADOR.....	100
ANEXO 5. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - MINICARGADOR.....	101
ANEXO 6. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - CAMIÓN VOLTEADOR.....	102
ANEXO 7. HOJA DE CRITICIDAD.....	103

RESUMEN

La tesis encontró su punto de partida en un problema suscitado en el Municipio de Ventanilla el cual en el año 2019 adquirió una flota equipos pesados, denominados equipos camineros por una inversión de casi S/.4 000 000.00 para cubrir los requerimientos de la población. Durante el proceso investigativo se formularon las interrogantes: ¿Se realizan actividades de mantenimiento preventivo para estos equipos?, y si fuera así, ¿Se planifican estas actividades?, la respuesta fue negativa para ambas preguntas por lo que se identificó un problema para lo cual se planteó el objetivo general de la Tesis que fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo que incida acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros del Municipio de Ventanilla, este objetivo se alcanzó estableciendo tareas de mantenimiento, un análisis de criticidad y las horas de parada por mantenimiento preventivo.

El tipo de investigación se consideró Tecnológica. El plan de mantenimiento diseñado se basó en tareas de inspección, limpieza, lubricación y cambio de partes para las cuales se asignaron horas de parada por mantenimiento preventivo y a partir de ello se proyectaron valores para la disponibilidad de los equipos camineros.

Se concluyó que, mediante el diseño del plan de mantenimiento preventivo estableciendo tareas de mantenimiento, un análisis de criticidad y horas de parada por mantenimiento preventivo se incidió en la disponibilidad de los equipos camineros, así se proyectó valores de disponibilidad superiores al 91.5% lo que garantiza la operación continua de los equipos para su atención a la población del distrito de Ventanilla.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, equipos camineros.

ABSTRACT

The thesis found its starting point in a problem raised in the Municipality of Ventanilla, which in 2019 acquired a fleet of heavy equipment, called road equipment, the Municipality invested almost S / .4,000,000.00 for them to attend the population's requirements. During the investigative process, some questions were formulated: Are preventive maintenance activities carried out for every equipment? And if so, are activities planned? The answer was negative for both questions; therefore, a problem was identified, so the general objective of the Thesis established design a preventive maintenance plan that correctly affects the availability of the road equipment of the Municipality of Ventanilla, this objective was achieved by establishing maintenance tasks, a criticality analysis and the hours of stoppage per preventive maintenance.

The type of research was considered Technological. The maintenance plan designed was based on inspection, cleaning, lubrication and parts change tasks, stop hours were assigned for every preventive maintenance task, availability values were projecting for every road equipment.

The Thesis concluded that through the design of the preventive maintenance plan and establishing maintenance tasks, a criticality analysis and stop hours for preventive maintenance, the availability of road equipment was affected, thus, availability values higher than 91.5% were projected, which guarantees the continuous operation of the equipment for its attention to the population of the Ventanilla district.

Keywords: Preventive Maintenance, road equipment.

INTRODUCCIÓN

La relación que el mantenimiento tiene con diferentes ámbitos de la sociedad y la naturaleza es muy estrecha, esta relación se presenta con el propósito de anticipar o salvaguardar el funcionamiento de ciertas unidades funcionales, las cuales al mantener un estado eficiente son aprovechadas por el hombre para así utilizarlas en diferentes contextos. Uno de estos ámbitos en los cuales se presenta esta relación de acción beneficio es en la aplicación del mantenimiento en unidades motrices que brindan servicios en pro de las comunidades habitantes de los diversos distritos, provincias y regiones del Perú.

El distrito de Ventanilla ubicado territorialmente dentro de la Provincia Constitucional del Callao en la costa centro del litoral del Perú, es un distrito que ha venido teniendo cambios sociales, demográficos, económicos y urbanos. Es en ese contexto que el Municipio encargado de brindar servicios a la ciudadanía se viene implementado con recursos humanos y materiales, uno de ellos son equipos de maquinaria pesada encargados de realizar trabajos de gran valía para el desarrollo del Distrito.

Los equipos de maquinaria pesada de la Municipalidad de Ventanilla destinados a la realización de trabajos como los de afirmación de caminos, limpieza pública y mantenimiento urbano son denominados equipos camineros, estos equipos requieren de un mantenimiento preventivo que garantice su cuidado y la extensión de su vida útil, ya que por lo general trabajan a condiciones bastante duras. Es en este contexto que se presenta un plan de mantenimiento preventivo que permita incidir acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla con el fin de que el Municipio tenga a disposición el mayor tiempo posible los equipos para la atención a la población del Distrito, pero que se cuente con un plan de actividades de mantenimiento preventivo que beneficie el cuidado de los equipos camineros y por ende tener una consecuencia favorable en beneficio de los pobladores del Distrito.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El mantenimiento de equipos motrices o de otra índole en entidades públicas del Perú no necesariamente ha venido siendo el adecuado, en muchos casos difiere de las culturas de mantenimiento que se desarrollan en entidades privadas, incluso existen un número significativo de investigaciones académicas referidas a este tema teniendo como punto de partida los problemas que se suscitan en diversos sectores públicos como son los de salud; gobernación municipal, provincial y regional; educación; militar; entre otros.

La Municipalidad de Ventanilla cuenta con flotas de equipos motrices administrados por las diferentes gerencias del distrito, la Gerencia de Servicios a la Ciudadanía y Gestión Ambiental tiene a su cargo los equipos camineros destinados a la compactación de caminos, limpieza pública y mantenimiento urbano dentro del distrito, estos equipos los cuales son un cargador frontal, una motoniveladora, un rodillo compactador, un minicargador y dos camiones volteadores los cuales fueron adquiridos durante el periodo gubernamental 2019 - 2022.

El motivo que tuvo el Municipio de Ventanilla para la adquisición de estos equipos, valorizados en casi S/.4 000 000.00, fue la gran necesidad que tienen los pobladores de tener mejores accesos a sus viviendas, como por ejemplo que una ambulancia o una cisterna repartidora de agua llegue a los puntos más alejados del Distrito, ya que Ventanilla es un distrito que se encuentra en constante expansión poblacional día a día. Se infiere sin duda que estos equipos requieren estar el mayor tiempo posible a la disposición de la población y extender lo máximo posible su vida útil. Es en este contexto que durante el proceso investigativo se generaron algunas interrogantes como las siguientes: ¿Se realizan actividades de mantenimiento preventivo para los equipos camineros?, y si fuera así, ¿Se planifican estas actividades?, durante el proceso investigativo se corroboró que se desarrollaron actividades de mantenimiento preventivo por parte de

las casas de venta de las cuales se adquirieron estos equipos, estas empresas fueron: Ferreyros representante de Caterpillar en Perú, Komatsu y Scania del Perú, estas actividades preventivas por post venta tuvieron la duración de un año aproximadamente y finalizaron al término del año 2020. Así también se corroboró que al finalizar los servicios de mantenimiento brindados por las casas de venta, se tuvieron actividades de mantenimiento preventivo para los equipos camineros desarrolladas por el personal del Municipio, pero estas eran muy esporádicas y que estas actividades esporádicas no eran planificadas, entonces rápidamente se concluye que se corre un alto riesgo de que estos equipos adquiridos con tanto esfuerzo para el beneficio y desarrollo de cada uno de los pobladores de uno de los distritos con mayor crecimiento y necesidad dentro del Perú, sufran fallas prematuras y como consecuencia que la población se quede sin el servicio que estos equipos pueden brindar, ya que sin una cultura de mantenimiento básica, por lo menos, su deterioro temprano es inminente.

Figura 1. 1 EQUIPOS CAMINEROS DEL MUNICIPIO DE VENTANILLA REALIZANDO TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS



Fuente: Tomada de las imágenes de la (Municipalidad Distrital de Ventanilla, 2020)

Entonces es justo plantear caminos de solución para la realidad problemática expuesta, por lo cual se generaron las siguientes interrogantes:

1.2. Formulación de Problemas

1.2.1. Problema General

¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita incidir acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cómo establecer las tareas de mantenimiento preventivo que permitan asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla?
- b. ¿Cómo realizar un análisis de criticidad que permita asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita incidir acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Establecer las tareas de mantenimiento preventivo que permitan asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

- b. Realizar un análisis de criticidad que permita asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

1.4. Limitantes de la Investigación

1.4.1. Teórica

Existen investigaciones relacionadas al diseño y/o implementación de un plan de mantenimiento preventivo como camino de solución para problemas suscitados en distintos aspectos como son la disponibilidad, los costos, la vida útil, entre otros referidos a equipos camineros o equipos pesados pertenecientes a entidades públicas o privadas, algunas de estas investigaciones que se consultaron para la presente investigación se desarrollaron por (Rubio Pacheco, 2019), (Avila Hernandez , 2016), (Espinoza Gamarra, y otros, 2018) (Amable Salazar, 2017) las que permitieron enmarcar diferentes aspectos durante el desarrollo de la Tesis.

1.4.2. Temporal

Se consultaron investigaciones referidas al tema de estudio en las cuales los investigadores abordaron sus procesos investigativos de manera transversal. (Espinoza Gamarra, y otros) durante el año 2018 desarrollaron su Tesis de una manera transversal, la cual tiene por título **“Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi”**, (Amable Salazar) durante el año 2017 desarrolló su Tesis de una manera transversal, la cual tiene por título **“Influencia del Mantenimiento Preventivo en la Disponibilidad del Cargador Frontal Caterpillar 966-C de la Municipalidad de Huancayo”**.

La presente investigación se desarrolló desde el mes de setiembre del año 2020 hasta el mes de febrero del año 2021 de una manera transversal, es decir sin interrupciones durante el proceso investigativo, se necesitó de tiempo adicional para poder lograr ciertos objetivos propuestos preliminarmente, los cuales no fueron incluidos en la Tesis.

1.4.3. Espacial

La limitante espacial del problema de investigación estuvo comprendida por el área geográfica correspondiente al distrito de Ventanilla, el cual se encuentra dentro de la Provincia Constitucional del Callao en Perú. Se consideró este espacio geográfico, ya que las unidades de análisis desarrollan sus actividades dentro de este territorio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Existen investigaciones referentes al tema de estudio y a continuación se mencionan algunas de las que fueron consultadas:

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- a. (Rubio Pacheco, 2019), en su tesis: **“Plan de Mantenimiento Preventivo para la Flota de Maquinaria Pesada y Vehículos Administrativos del Municipio de Motavita”**, para optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Colombia, donde se detalla: El problema de la investigación estuvo asociado a la estrategia de mantenimiento que se aplicaba a los equipos de maquinaria pesada y vehículos administrativos del Municipio de Motavita, ubicado en el país de Colombia, estos equipos eran tan solo atendidos con la estrategia de mantenimiento correctivo, en ese contexto es que el objetivo de la investigación fue reducir los tiempos de operación perdidos y disminuir el número de mantenimientos correctivo a través de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo como primer paso para migrar a una estrategia de mantenimiento preventivo para atender a los 10 equipos de maquinaria pesada y vehículos administrativos del Municipio. Se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo basado en un diagnóstico de la situación del área de mantenimiento y un análisis de criticidad de los equipos, se realizó la programación del plan de mantenimiento preventivo utilizando un sistema de información básico como Excel

Se concluye que mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo soportado por un sistema de información básico como Excel se pudo controlar las actividades de mantenimiento preventivo reduciendo los tiempos de operación perdidos y disminuyendo el número de mantenimientos correctivos de los equipos.

b. (Avila Hernandez , 2016), en su tesis: **“Plan de Mantenimiento Preventivo del Departamento Fast Track para Equipo de Transporte de Caña de Azúcar, Azúcar y Varios de la Empresa Maquinaria Agrícola S.A.”**, para optar el Título de Ingeniero Mecánico Industrial en la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se detalla: El problema de la investigación radicó en elevados costos de mantenimiento y baja disponibilidad de los equipos de la empresa Maquinaria Agrícola S.A del país de Guatemala. Por tal razón el objetivo de la investigación en mención fue la de reducir costos y mejorar la disponibilidad. Se evaluó la situación del Área de Mantenimiento de la Empresa, se elaboró el plan de mantenimiento preventivo con formatos de procedimientos y rutas que debieron seguir los colaboradores para efectuar las tareas de mantenimiento, se desarrollaron capacitaciones para el personal técnico de la organización en temas de gestión de mantenimiento y técnicas operativas de mantenimiento. Se incluyeron tareas en el plan de mantenimiento preventivo respecto al cambio de luminarias convencionales por luminarias led, sin perder potencia luminosa en los vehículos con el fin de reducir costos.

Se concluyó que mediante capacitaciones al personal se pudo mejorar el cumplimiento de las actividades del plan de mantenimiento preventivo, teniendo una ejecución del 100% de tareas programadas. Se obtuvieron resultados favorables del consumo de energía de parte de los vehículos con el cambio de luminarias convencionales por luminarias led.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

a. (Espinoza Gamarra, y otros, 2018), en su tesis: **“Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi”**, para que opten el Título de Ingenieros Automotrices en la Universidad Tecnológica del Perú, donde se detalla: El problema de la

investigación radicó en, los elevados costos de mantenimiento y los elevados tiempos de reparación que desfavorecían las actividades de mantenimiento referidos a la nueva flota de maquinaria pesada adquirida en el periodo gubernamental 2011 – 2014 por la Municipalidad de Curahuasi ubicada en la provincia de Abancay en el departamento de Apurímac, como consecuencia se tenía una mala atención a la población del distrito de Curahuasi, se tuvo como objetivos reducir costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de la maquinaria por medio de la reducción de tiempos de reparación e iniciar un proceso de migración hacia una estrategia de mantenimiento preventivo. La investigación se planteó de tipo descriptiva y de diseño no experimental. Se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo estableciendo las tareas y frecuencias de mantenimiento tomando cuenta de cada uno de los equipos pesados utilizando fichas técnicas, se puso énfasis en la capacitación al personal y se realizó la propuesta técnica y económica para mejorar el taller de mantenimiento.

Se concluyó que mediante la implementación del plan de mantenimiento la disponibilidad pudo aumentar en un 5% alcanzando un valor superior al 92% en todas las unidades, previamente se proyectó obtener valores de disponibilidad superiores al 94%, se consiguió una rentabilidad mensual de S/.33,413.45 debido a la reducción de mantenimientos correctivos y de prescindir de maquinaria de alquiler. Se estableció el camino para la implementación de una estrategia de mantenimiento preventivo para las maquinarias pesadas del Municipio de Curahuasi.

- b. (Amable Salazar, 2017), en su tesis: **“Influencia del Mantenimiento Preventivo en la Disponibilidad del Cargador Frontal Caterpillar 966-C de la Municipalidad de Huancayo”**, para optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional del Centro del Perú, donde se detalla: El problema de la investigación radica en los bajos valores del indicador de

disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 966 C perteneciente a la Municipalidad de Huancayo ubicada en el departamento de Junín. Esta situación tenía consecuencias desfavorables para la atención hacia la ciudadanía, por lo que se tuvo como objetivo evaluar la influencia del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de cargador frontal en mención, se utilizó los datos proporcionados por la entidad administradora del equipo. La investigación se planteó de tipo básica, nivel descriptivo y diseño correlacional, se utilizó la técnica documental para la recolección de datos. Se realizó un diagnóstico del mantenimiento preventivo en el Área de Mantenimiento del Municipio, se aplicó la técnica de análisis de modos y efectos de fallan (AMEF) con el fin de determinar fallas críticas, se evaluó la disponibilidad de la mano de obra calificada y se evaluó la disponibilidad de los repuestos.

Se concluyó que el mantenimiento preventivo basado en lubricación influyó determinadamente en la disponibilidad del cargador frontal de la Municipalidad de Huancayo, aun no teniendo una correcta ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo, se constató que el cargador frontal tenía en promedio 103 horas de parada por averías al mes a causa de desabastecimiento de repuestos o por falta de conocimientos del personal, se constató una falta de formatos para la recolección histórica de datos del equipo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Definición de Mantenimiento

La definición de mantenimiento ha sido cambiante a lo largo del tiempo. Se habla de una primera, segunda, tercera y hasta una cuarta generación del mantenimiento, de acuerdo a los objetivos los cuales parten de las necesidades que se han venido presentando en los distintos campos de la vida del ser humano. Hoy en día sin duda la definición de mantenimiento engloba distintos aspectos, se puede definir mantenimiento como una serie de actividades de gestión y de operación,

estas actividades involucran recursos humanos y materiales que son asignados a cumplir funciones específicas con el fin de preservar o reestablecer el estado o funcionamiento de un bien.

Ernesto Gramsh, en sus ponencias y publicaciones como docente especialista en temas de mantenimiento, rescata algunas definiciones para mantenimiento las cuales se mencionan a continuación:

La Norma Británica BS 3811, define al mantenimiento como “La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas a conservar un ítem o restablecerlo a un estado tal que pueda realizar la función requerida”. (Gramsh, 2008)

La Norma Francesa AFNOR NF X 60-010, define al mantenimiento como “El conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o a una situación tal que pueda asegurar un servicio determinado”. (Gramsh, 2008).

La Organización Europea de Mantenimiento hace referencia que mantenimiento es “La función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones, así como el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos”. (Gramsh, 2008).

Las tres definiciones refieren a que mantenimiento es un conjunto de acciones o actividades, ya sean administrativas, de reparación o revisión con el fin de conservar o reestablecer el estado de un bien de tal manera que pueda garantizar su funcionamiento. La Organización Europea de Mantenimiento enfoca su definición más a un ámbito empresarial, como es hoy en día a lo que se direcciona el mantenimiento.

2.2.2. Gestión y Operación del Mantenimiento

Hoy en día las áreas de mantenimiento cuentan con distintas subáreas, desde la subárea de Confiabilidad donde se analizan las fallas de los activos, estos análisis de fallas sirven de soporte para las subáreas de planificación y programación del mantenimiento, la subárea de ejecución

de las tareas de mantenimiento es la encargada de la operación del mantenimiento y también existen las subáreas administradoras de los costos, presupuestos y gestión de materiales o repuestos. Cada una de estas subáreas son las encargadas de llevar a cabo todo el ciclo de mantenimiento en la mayoría de las organizaciones. En estas subáreas se puede distribuir las actividades de gestión y operación del mantenimiento.

Alberto Mora en su libro “Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control” hace énfasis que, “en mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento”. (Mora Gutiérrez, 2009).

2.2.3. Gestión del Mantenimiento

Gestión del Mantenimiento, citado por Alberto Mora, se refiere a “la organización de un área gerencial de mantenimiento que exige la necesidad de establecer sistemas de gestión y operación, mediante procesos, apoyándose en sistemas computarizados para manejar las actividades inherentes a mantenimiento”. (Mora Gutiérrez, 2009).

Se podría añadir a lo mencionado por Alberto Mora, que la gestión del mantenimiento se apoya de sistemas computarizados, lo cual es denominado mantenimiento asistido por computadora para desarrollar actividades de planificación, programación, control mediante indicadores, la designación y control de costos y presupuestos referidos especialmente a contratos externos, materiales y repuestos, pago de personal, entre otros. También es importante referir un aspecto importante de la gestión de mantenimiento la cual es la preservación de fallas por medio de análisis bastante minuciosos, Los análisis de falla son una herramienta muy determinante para la conservación de activos y para los buenos resultados de los indicadores de mantenimiento, de esta forma se gestionan las fallas de un equipo para crear planes de

acción o planes de mantenimiento, buscando tener la mejor confiabilidad en las instalaciones.

2.2.4. Operación del Mantenimiento.

Como lo plantea Alberto Mora la operación del mantenimiento refiere a la realización física del servicio o actividad de mantenimiento. (Mora Gutiérrez, 2009).

Se podría añadir a esta definición que la operación del mantenimiento es la puesta en práctica de las actividades propuestas en un plan de mantenimiento las cuales fueron programadas para su ejecución. La supervisión en campo también se podría considerar como parte de las actividades referidas a la operación del mantenimiento

2.2.5. Funciones y Objetivos del Mantenimiento

Las funciones y los objetivos del mantenimiento han sido cambiantes a lo largo del tiempo, de acuerdo a las necesidades de los usuarios y al grado de responsabilidad que se tiene con el entorno en el cual vivimos estas funciones y objetivos hoy en día se enfocan en los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de los activos.
- Ciclo de vida de los activos.
- Costos de mantenimiento y operación.
- Calidad de producción.
- Seguridad operacional.
- Daños al medio ambiente.

El objetivo del mantenimiento, citado por Alberto Mora, es “conseguir un determinado nivel de disponibilidad para la producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste, con el máximo nivel de seguridad para el personal que utiliza y mantiene el activo y con una mínima degradación al medio ambiente. Al conseguir todos estos puntos se está ante una buena gestión y operación integral de mantenimiento” (Mora Gutiérrez, 2009).

2.2.6. Tipos de Mantenimiento

Se han realizado diferentes clasificaciones y descripciones para los tipos de mantenimientos, de acuerdo a la evolución de la tecnología y a la tendencia de mejorar cada día el cuidado de los activos de una instalación, anticipándose con mayor exactitud a un posible fallo con el fin de preservar el estado operacional del activo es que han venido surgiendo y desarrollándose los tipos de mantenimientos. Los trabajos en equipo donde se involucra a todos los miembros de una organización es una tendencia que cualquier organización pretende. En ese sentido es que el mantenimiento evoluciono desde tan solo referirse a realizar reparaciones cuando un activo fallaba a intentar prevenirlas o simplemente a predecirlas con anticipación.

Gómez De León en su libro Tecnología del Mantenimiento Industrial hace referencia a algunos tipos de mantenimientos los cuales se mencionan y describen a continuación:

Mantenimiento Correctivo

Según Gómez de León este tipo de mantenimiento se lleva a cabo en componentes una vez ocurrido el fallo. Este tipo de mantenimiento no se planifica, menciona también que en algunas oportunidades se aprovechan tareas preventivas como limpieza y engrase para realizar el cambio de algunos componentes que fallaron. Muchas organizaciones aún siguen desarrollando tareas de mantenimiento correctivo como única forma de mantener sus activos, teniendo como punto de partida de este problema la falta de gestión en sus áreas de mantenimiento, una justificación mal planteada es la falta de recursos económicos para implementar otro tipo de estrategia de mantenimiento, especialmente en componentes en los cuales si se produjera una falla, entonces esta no afectaría la producción se dice. (Gomez de León, 1998)

Mantenimiento Preventivo

Según Gómez de León el mantenimiento preventivo tiene entre sus objetivos principales mantener la disponibilidad de algún activo a niveles aceptables y que como consecuencia se tenga un rendimiento deseable,

mediante la implementación del mantenimiento preventivo se pretende reducir las reparaciones inesperadas. Se realizan actividades de limpieza, inspección, lubricación y cambio de componentes. El mantenimiento preventivo está acompañado de una inversión económica que debe realizarse periódicamente, lo cual se podría considerar una desventaja, ya que inspecciones o cambios de componentes se podrían llevar a cabo en activos que estén operando sin ningún desperfecto. Es importante el establecimiento de las frecuencias de mantenimiento, ya que estas deben ser oportunamente establecidas para que las actividades de mantenimiento preventivo no tengan una incidencia económica negativa en la organización. (Gomez de León, 1998).

Mantenimiento Predictivo

Según Gómez de León el mantenimiento predictivo se le podría denominar también basado en el estado o en la condición. Este tipo de mantenimiento busca realizar un monitoreo continuo de la condición del activo evitando la realización de actividades por mantenimiento preventivos y correctivos, ya que se detecta anomalías de funcionamiento previamente a la falla. Entre sus ventajas se pueden mencionar las de obtener un diagnóstico de ciertas características de un activo sin necesidad de desmontar su estructura, tener un historial de datos respecto al comportamiento de ciertos aspectos de funcionamiento y tener el tiempo suficiente para programar actividades y recursos para la intervención. (Gomez de León, 1998).

2.2.7. Plan de Mantenimiento

Según Santiago García un plan de mantenimiento refiere a una relación de actividades preventivas que son encargadas para su ejecución con el propósito de garantizar los valores de disponibilidad, de fiabilidad, de costos y como consecuencia de ello de incrementar la vida útil de algún activo (Garcia Garrido, 2014).

Según García existen la posibilidad de conformar o elaborar un plan de mantenimiento de 3 formas que son las más usuales en un departamento de mantenimiento, estas se mencionan a continuación:

- Se puede elaborar un plan de mantenimiento en base a lo que mencionan los manuales de los fabricantes.
- Se puede elaborar un plan de mantenimiento en base a protocolos genéricos de acuerdo al tipo de equipo al que se le vaya a realizar el mantenimiento.
- Se puede realizar un plan de mantenimiento en base a análisis de fallos de equipos de una instalación. (García Garrido, 2014).

Según García estas 3 formas de elaborar un plan de mantenimiento pueden definirse más detalladamente de la siguiente manera:

Forma 1: “Recopilando las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta, y agrupándolas en gamas de mantenimiento. Es una forma muy extendida de elaborar un plan de mantenimiento, y tiene ventajas e inconvenientes”. (García Garrido, 2014)

Forma 2: “Realizando un plan de mantenimiento basado en protocolos de mantenimiento, que parten de la idea de que los equipos se pueden agrupar por tipos, y a cada tipo le corresponde la realización de una serie de tareas con independencia de quien sea el fabricante”. (García Garrido, 2014)

Forma 3: “Realizando un plan basado en análisis de fallos que pretenden evitarse. Es sin duda el modo más completo y eficaz de realizar un plan de mantenimiento”. (García Garrido, 2014).

2.2.8. Tipos de Tareas de Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento preventivo son actividades rutinarias, establecidas por frecuencias como tiempos fijos, kilometraje, horas de funcionamiento, cantidad de producción, entre otras. Estas actividades están referidas a la realización de inspecciones, ajustes, calibraciones, cambios de partes, actividades de lubricación (cambio y relleno) y se podría considerar también una actividad denominada overhaul, que

involucra distintas tareas con el fin de repotenciar un equipo hasta dejarlo en un correcto funcionamiento.

Francisco Castela, reconocido ingeniero en el campo de mantenimiento, describió algunos tipos de tareas de mantenimiento preventivo las cuales se describen a continuación:

Inspecciones, revisiones y pruebas

“Constituyen la base de los demás tipos de intervención. En ellas se examina la calidad funcional de la máquina y las condiciones de seguridad. Aquí se incluyen desde las inspecciones visuales, de bajo coste, así como las verificaciones de parámetros de funcionamiento del equipo para su comparación con las especificaciones dadas”. (Castela, 2017).

Engrases

“Se trata de uno de los más importantes trabajos de mantenimiento de maquinaria e instalaciones en su aspecto preventivo. Consiste en la adecuada lubricación de las partes de la máquina en que es necesario”. (Castela, 2017).

Reparaciones elementales

“Corresponden a trabajos que se realizan sin desmontar la máquina, como, por ejemplo, nivelación, ajuste de asientos, limpieza general, limpieza de circuitos de engrase, limpieza de circuitos de calefactores o refrigeradores, pintado parcial (es decir, lo que permite la máquina sin desmontar), sustitución de partes desgastadas que tienen una vida útil muy corta, etc.” (Castela, 2017).

Reparaciones parciales

“Se refieren a los trabajos que exigen el desmontaje parcial de una parte más o menos importante de la máquina o instalación, pero sin retirar ésta completamente de su emplazamiento. Pueden incluir todos los trabajos de reparación elemental, así como la reposición de piezas, equilibrado de partes giratorias y, en especial, alineación general de los ejes”. (Castela, 2017).

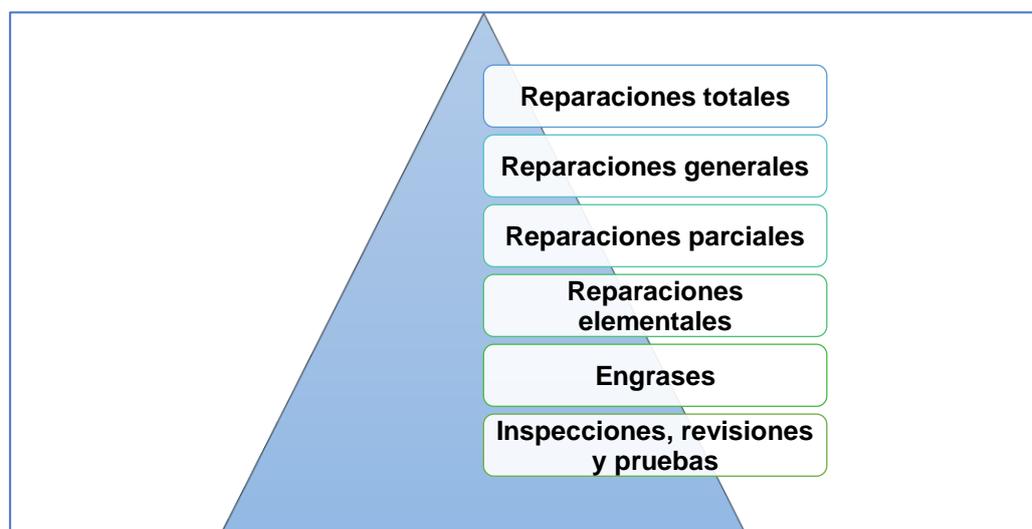
Reparaciones generales

“Son las reparaciones en que prácticamente se desmonta la totalidad de la máquina o instalación, reparando o reponiendo todas las piezas que presentan algún desgaste y, por lo tanto, dejando el conjunto como si no hubiese sido utilizado (teóricamente). Pueden efectuarse, bien en el propio emplazamiento de la máquina, según la clase de industria, o bien trasladándola a un taller propio o ajeno, en el que se repara y comprueba antes de devolverla a su implantación”. (Castela, 2017).

Reparaciones totales

“Se trata de la sustitución completa de un equipo, máquina o instalación, por otra nueva, que puede aportar, o no, características de producción y rendimiento más elevadas”. (Castela, 2017).

Gráfico 2. 1 ORDENAMIENTO DE TIPOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO EN BASE A SU COMPLEJIDAD DE REALIZACIÓN



Fuente: Elaborado en base la teoría expuesta por (Castela, 2017).

2.2.9. Formas de Indicar las Frecuencias de Mantenimiento

La frecuencia de una tarea de mantenimiento preventivo es una parte muy importante al momento de elaborar un plan de mantenimiento, pero existen varias formas de como indicarlo.

Según García Garrido existen dos maneras de indicar las frecuencias con la que debe realizarse una tarea de mantenimiento:

- Se puede indicar en base a periodicidades fijas, es decir, indicando el espacio de tiempo que debe transcurrir entre intervenciones.
- Se pueden indicar en base a las horas de funcionamiento.

Cualquiera de las dos formas es perfectamente válido; incluso es posible establecer para un mismo equipo periodicidades fijas y también en base a horas de funcionamiento, ambas tienen sus ventajas e inconvenientes. (García Garrido, 2013)

Adicionando a lo que menciona García Garrido respecto a cómo indicar las frecuencias de mantenimiento, es posible mencionar que la cantidad de producción y el kilometraje recorrido también pueden ser maneras de indicar las frecuencias de mantenimiento, dependerá del tipo de equipo que estemos analizando y de las preferencias del mantenedor.

2.2.10. Determinación de la Frecuencia de Mantenimiento

García Garrido menciona 3 formas de como determinar la frecuencia con que deben llevarse a cabo las tareas de mantenimiento preventivo, lo cual se describe a continuación:

- Forma 1: Utilizando métodos estadísticos.
- Forma 2: Utilizando modelos matemáticos.
- Forma 3: Basándose en la experiencia de los técnicos con mayor conocimiento de los equipos.

La primera forma de determinar las frecuencias de mantenimiento es compleja y no siempre se tiene los datos suficientes que se requiere para aplicar un método estadístico como el de Weibull.

La segunda forma de determinar la frecuencia de mantenimiento es utilizando modelos matemáticos, también es compleja de realizar, ya que los departamentos habituales de mantenimiento no cuentan con dichos modelos o muchas veces no pueden desarrollarlos.

La tercera forma de determinar la frecuencia de mantenimiento es en base a la experiencia de los técnicos, sin duda esta es la forma más habitual de determinar la frecuencia de las tareas de mantenimiento, ya

que las dos anteriores son de una excesiva complejidad para su desarrollo. (Garcia Garrido, 2014).

2.2.11. Análisis de Criticidad

Las técnicas de criticidad son herramientas de jerarquización de activos, se podrían considerar muy útiles para poder designar recursos y actividades de mantenimiento, especialmente en instalaciones donde se tiene una gran variedad de equipos. Carlos Parra y Adolfo Crespo trataron el tema de jerarquización de activos y se mencionan algunos puntos:

“Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan”. (Parra Márquez, y otros, 2012). En la información expuesta por Parra y Crespo se presenta un modelo de criticidad muy aplicable a distintos contextos el cual es descrito a continuación:

2.2.12. Modelo de Criticidad Semicuantitativo “CTR” – Criticidad Total por Riesgo

El modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR), “es un proceso de análisis semicuantitativo, bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo. Este método ha sido ampliamente desarrollado por consultoras y empresas internacionales” (Parra Márquez, y otros, 2012).

Por lo expuesto se presentan a continuación de una manera detallada, las expresiones propuestas por el modelo CTR para la jerarquización de activos:

Como la expresión básica para este modelo de análisis de criticidad se tiene:

$$CTR = FF \times C \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- CTR: Criticidad total por riesgo.
- FF: Frecuencia de fallas.
- C: Consecuencia de los eventos de fallas.

Factor de frecuencia de fallos (FF) (escala 1 – 4)

Para el factor de frecuencia de fallos se deberá seleccionar algunos de los valores mostrados, de acuerdo a la información del equipo.

- 4: Frecuente: mayor a 2 eventos al año
- 3: Promedio: 1 y 2 eventos al año
- 2: Bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año
- 1: Excelente: menos de 0,5 eventos al año

Factor de consecuencia (C)

Como expresión para obtener el factor de consecuencia (C) se tiene la siguiente expresión:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA \dots\dots\dots (2)$$

Impacto Operacional (IO) (escala 1 - 10)

Se deberá seleccionar el valor ponderado para el impacto operacional de acuerdo a la siguiente relación:

- 10: Pérdidas de producción superiores al 75%
- 7: Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%
- 5: Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%
- 3: Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%
- 1: Pérdidas de producción menor al 10%

Impacto por Flexibilidad Operacional (FO) (escala 1 - 4)

Se deberá seleccionar el valor ponderado para la flexibilidad operacional de acuerdo a la siguiente relación:

- 4: No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.
- 2: Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios
- 1: Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.

Impacto en Costes de Mantenimiento (CM) (escala 1 - 2)

Se deberá seleccionar el valor ponderado para el impacto en costes de mantenimiento de acuerdo a la siguiente relación:

- 2: Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20 000.00 dólares.
- 1: Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20 000.00 dólares.

Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (escala 1 - 8)

Se deberá seleccionar el valor ponderado para el impacto en seguridad, higiene y ambiente de acuerdo a la siguiente relación:

- 8: Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.
- 6: Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.
- 3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
- 1: No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.

“Para obtener el nivel de criticidad de cada equipo/sistema, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: frecuencia y

consecuencias de los fallos y se ubican en la matriz de criticidad 4x5 (Figura 2.1). El valor de frecuencia de fallos se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal”. (Parra Márquez, y otros, 2012).

La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas o equipos en tres áreas (ver Figura 2.1):

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

Figura 2. 1 MATRIZ DE CRITICIDAD EXPUESTA POR EL MODELO SEMICUANTITATIVO DE CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Tomada de la información teórica expuesta por (Parra Márquez, y otros, 2012)

Los valores obtenidos para la expresión (1) y ubicados en la matriz de criticidad pueden variar de acuerdo a las consideraciones y contexto operacional de la organización.

2.2.13. Equipos Camineros

Son equipos motrices pesados destinados especialmente a realizar trabajos como los de movimiento de tierras, transporte de materiales a distancias cortas y medianas, carguío y des carguío de materiales, nivelación de terrenos, conformación de terrenos, compactación de suelos y limpieza de terrenos. Es importante tener en cuenta que los equipos a realizar dichas actividades requieren de un óptimo

mantenimiento para que se encuentren en un correcto estado, ya que estas actividades deben ser rápidas y eficientes. En cualquier proyecto donde se involucre el movimiento de tierras, esta actividad representa casi el 50% del coste del proyecto.

a. Cargador Frontal

Este equipo pesado es muy versátil para los trabajos en los cuales se le requiere, tiene incorporado una cuchara en la parte delantera que puede variar en capacidad de carga, tiene neumáticos diseñados especialmente para los trabajos en condiciones extremas que es en donde por lo general se desempeña.

Entre las principales funciones de los cargadores frontales se tiene:

- Cargar materiales para el llenado de camiones.
- Transportar material en distancias cortas.
- Demoler estructuras de material noble.
- Esparcir y compactar material sobre superficies.
- Excavar superficies a profundidades menores.

Entre las principales actividades en donde se desempeñan los cargadores frontales se tienen:

- Construcción y rehabilitación de caminos.
- Mantenimiento de caminos.
- Limpieza pública y mantenimiento urbano.
- Actividades específicas en la industria constructora en general.
- Actividades específicas en la industria minera en general.
- Si se le cambia la cuchara por una herramienta de agarre, este equipo puede ser utilizado para agarrar y transportar elementos pesados con bastante precisión.
- Actividades específicas en la industria maderera.

Figura 2. 2 CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA380



Fuente: Tomada del catálogo digital de (Komatsu, 2019).

b. Motoniveladora

Este equipo pesado es utilizado para la nivelación de suelos y el trabajo con taludes, cuenta con una hoja como principal herramienta de trabajo la cual es maniobrada por un operador de acuerdo al requerimiento del trabajo, también cuenta con escarificadores para cuando se requiera trabajar en terrenos con un grado mayor de exigencia.

Entre las principales funciones de las motoniveladoras se tienen:

- Nivelar terrenos.
- Refinar taludes.
- Escarificar terrenos.
- Movimiento y despeje de nieve.

Entre las principales actividades en donde se desempeñan las motoniveladoras se podrían mencionar:

- Construcción y rehabilitación de caminos.
- Mantenimiento de caminos.
- Actividades específicas en la industria constructora en general.
- Actividades específicas en la industria minera en general.

Figura 2. 3 MOTONIVELADORA KOMATSU GD535



Fuente: Tomada del catálogo digital de: (Komatsu, 2019)

c. Rodillo compactador

Este equipo pesado es utilizado para la compactación de terrenos, cuenta con un rodillo en su parte delantera como herramienta principal que por lo general es vibratorio. Los rodillos compactadores son utilizados generalmente después de la intervención de otro equipo pesado como puede ser una motoniveladora, los compactadores vibratorios son utilizados en diversas actividades.

Según Nichols algunas particularidades de los rodillos compactadores son mencionadas a continuación:

Vibración: La vibración de una herramienta que está en contacto con el suelo produce una serie de golpes rápidos que producen ondas de presión que penetran en el suelo y ponen en movimiento sus partículas. Si la herramienta ejerce presión estática el efecto combinado será reagrupar las partículas y hacerlas formar una estructura compacta con un mínimo de huecos.

La vibración, por lo general se produce por la rotación rápida de un eje que lleva unos pesos descentrados, llamados excéntricos. Se transmite a las piezas del vibrador mediante cojinetes comunes y está aislada de las piezas no vibratorias de la máquina con placas o colgadores de material flexible, llamados aisladores. La potencia desde un motor se

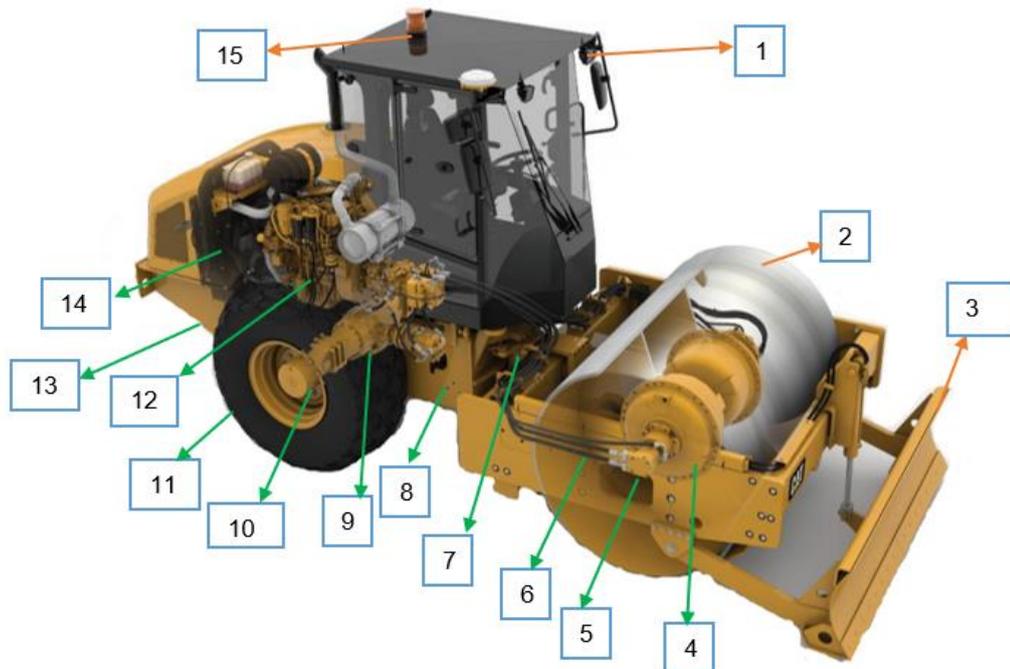
transmite al vibrador con bandas flexibles o con mangueras de un sistema hidráulico.

Las mediciones del movimiento vibratorio son frecuencia y amplitud. La frecuencia son los ciclos por minuto y dependen de la velocidad de rotación del eje excéntrico. La máquina puede o no tener mecanismos para cambiar la frecuencia durante el funcionamiento.

Las frecuencias disponibles en rodillos varían desde unos pocos centenares hasta 2400 o más vibraciones por minuto (rpm), pero en cualquier máquina este intervalo es mucho más pequeño.

La amplitud es la distancia de movimiento de la superficie vibratoria desde una posición central y es la mitad del movimiento total y varía de acuerdo con las propiedades elásticas y amortiguadoras del suelo, pero sin tener en cuenta el efecto del suelo. **(Nichols, 1993).**

Figura 2. 4 RODILLO COMPACTADOR CATERPILLAR Y SUS PARTES



Fuente: Imagen tomada de la Pontificia Universidad Católica del Perú y señalización basada en la teoría utilizada en la investigación.

Tabla 2. 1 PARTES DEL RODILLO COMPACTADOR CATERPILLAR

Número	Parte	Número	Parte
1	Cabina FOPS	9	Caja diferencial
2	Rodillo	10	Mando final
3	Parachoques universal	11	Neumáticos
4	Cápsula excéntrica de pesos	12	Motor
5	Motor hidráulico	13	Sistema de enfriamiento
6	Mangueras hidráulicas	14	Tanque de combustible
7	Articulación	15	Circulina
8	Bastidor posterior		

Fuente: Elaborada en base a la figura 2.4

Entre las principales funciones de los rodillos compactadores se tienen:

- Compactación de terrenos.
- Compactación de rellenos.
- Compactación de pavimentos asfálticos.

Entre las principales actividades de aplicación en donde se desempeñan los rodillos compactadores se tienen:

- Construcción de vías y caminos.
- Mantenimiento de vías y caminos.
- Tratamiento de residuos sólidos.
- Actividades específicas en la industria constructora en general.

d. Minicargador

Los minicargadores son equipos muy versátiles, son utilizados en distintas actividades por esta peculiar característica, su capacidad de carga mediante un cucharón es aproximadamente en 1000 Kg, en distintos fabricantes y modelos, la transmisión a las cuatro ruedas se ejecuta por medio de cadenas que son accionadas por motores hidrostáticos que a su vez reciben el flujo de aceite de bombas hidrostáticas que forman parte de todo un sistema hidrostático muy compacto.

Los minicargadores que actualmente operan alrededor del mundo son equipos muy confiables, sin embargo, requieren de inspecciones constante, acertadas frecuencias de mantenimiento, cambios de lubricantes y refrigerantes con exhaustiva rigurosidad en su cumplimiento, debido a que estos equipos por lo general están sometido a trabajos de extrema exigencia.

Figura 2. 5 MINICARGADOR CATERPILLAR 236D3



Fuente: Tomada del catálogo de (Caterpillar, 2021)

Entre las principales funciones de los minicargadores se podrían mencionar:

- Cargar materiales para el llenado de camiones.
- Transportar material en distancias cortas.
- Esparcir y compactar material sobre superficies.
- Excavar superficies a profundidades menores.
- Si se le cambia la cuchara por una herramienta perforadora estos pueden utilizarse en trabajos de perforación.
- Si se le cambia la cuchara por una herramienta de agarre, este equipo puede ser utilizado para agarrar y transportar elementos pesados con bastante precisión.

Entre las principales actividades en donde se desempeñan los minicargadores se tienen:

- Construcción y rehabilitación de caminos.
- Mantenimiento de caminos.
- Limpieza pública y mantenimiento urbano.
- Actividades específicas en la industria constructora en general.
- Trabajos en granjas, como el transporte de forraje y otros materiales útiles en este contexto.

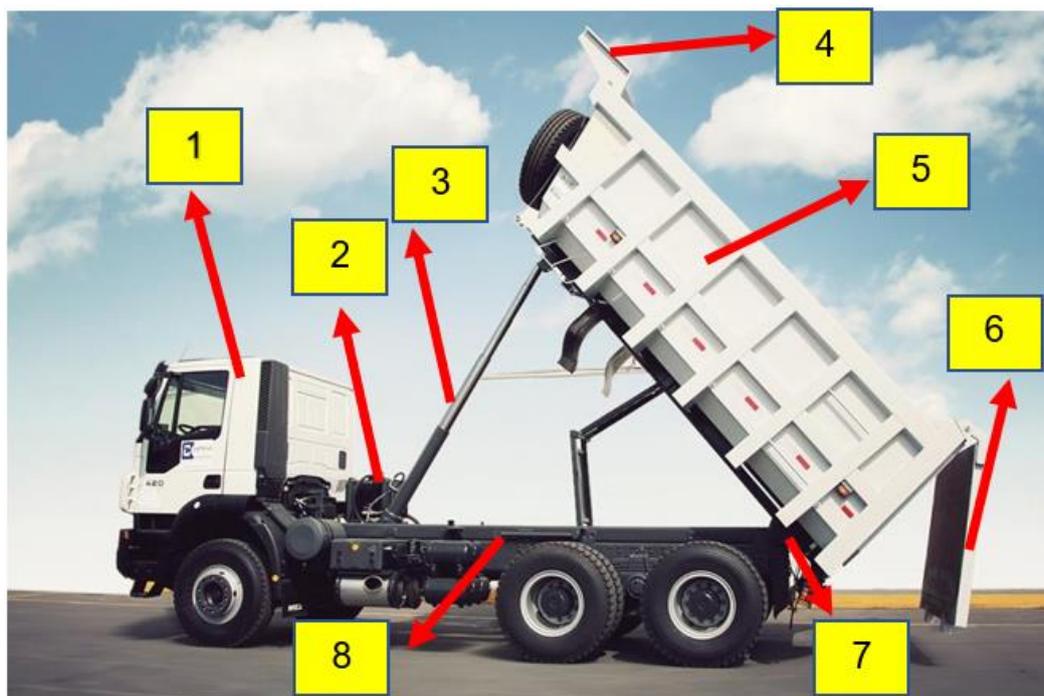
e. Camión de volteo.

Dentro de los equipos camineros el camión de volteo es el equipo complementario a los cargadores frontales, especialmente, ellos son los encargados del transporte de materiales a distancias cortas, medianas y en algunas oportunidades largas.

Nichols en una de sus publicaciones hace referencia que “el camión de volteo es, quizá la máquina más conocida para excavaciones. Sin embargo, su estructura es bastante compleja y tan importante, que se describirá en detalle.

Consta de cuatro subconjuntos principales. El chasis incluye el bastidor, parachoques, muelles, eje no propulsor, ruedas y neumáticos. La unidad motriz, soportada por el chasis consiste en el motor, embrague, transmisión, eje motor, diferencial y semieje. La cabina es para el conductor. La caja de volteo que incluye la caja en sí, compuerta, protector para la cabina y el sistema y controles hidráulicos, es un componente separado que por lo general produce otro fabricante y que se puede adaptar en diferentes marcas de camiones”. (Nichols, 1993).

Figura 2. 6 PARTES BÁSICAS DE UN CAMIÓN VOLTEADOR



Fuente: Imagen tomada de los archivos de (RMB Sateci, 2014) y señalización basada en la teoría utilizada en la investigación.

Tabla 2. 2 PARTES BÁSICAS DE UN CAMIÓN VOLTEADOR

Número	Parte	Número	Parte
1	Cabina	5	Caja de volteo
2	Sistema hidráulico de elevación	6	Puerta trasera
3	Cilindro elevador	7	Bisagra de la caja
4	Protección de cabina	8	Bastidor

Fuente: Elaborada en base a la figura 2.6.

En la tabla se puede observar las designaciones de algunas de las partes más básicas de un camión volteador, se destaca el sistema hidráulico el cual está comprendido por un tanque de almacenamiento, una bomba, las mangueras y conexiones de distribución del fluido, los elementos de control y el cilindro de levante, este sistema se complementa con la caja volteadora, la cabina es netamente para el uso del operador y cuenta con una protección la cual se deriva de la caja volteadora, se muestra la bisagra como una articulación que permite el movimiento de la caja, esta requiere una lubricación especial por ser un componente fundamental

para el movimiento de volteo, el bastidor es la estructura que soporta la caja volteadora, este elemento debe de tener la suficiente resistencia mecánica para garantizar el funcionamiento del camión cuando este cargado.

La principal función de un camión volteador es la de transportar materiales a distancias cortas, medianas y largas.

Entre las principales actividades en donde se desempeñan los camiones volteadores están:

- Construcción y rehabilitación de caminos.
- Mantenimiento de caminos.
- Limpieza pública y mantenimiento urbano.
- Actividades específicas en la industria constructora en general.
- Actividades específicas en la industria minera en general.

2.2.14. Codificación de Equipos

Para desarrollar una gestión de mantenimiento en una organización es básico y necesario contar con una codificación de los equipos, ya sea para asignar tareas de mantenimiento, recursos humanos, recursos materiales, entre otros es de mucha ayuda el tener un sistema de codificación básico por lo menos. Conforme el nivel de mantenimiento de una organización se incrementa cobra mucha más importancia el contar con una codificación de activos.

Se debe tener en cuenta algunas consideraciones para realizar una codificación adecuada, las cuales se mencionan a continuación:

- Los códigos de los equipos deben de ser de fácil entendimiento.
- Los códigos de los equipos deben de contener caracteres que estén relacionados con las características del equipo.
- Los códigos de los equipos deben contener dígitos alfa numerados.

A continuación, se muestra un ordenamiento para realizar una codificación básica de equipos.

Figura 2. 7 ORDENAMIENTO PARA LA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS



Fuente: Elaborado en base a la Tesis “Gestión del Mantenimiento para la Sección de Equipo Caminero del Gobierno Municipal de Arajuno” desarrollada por (Pico Leguizamó, 2011).

La figura muestra la distribución para realizar una codificación básica para un conjunto de activos. En este ordenamiento se tiene en cuenta el tipo de equipo, estos podrían ser equipos pesados, livianos, camineros, entre otros; la denominación del equipo refiere específicamente a la denominación que se le da al equipo del cual se está tratando, si es un cargador frontal, una motoniveladora, entre otros y el número correlativo refiere a la numeración que se le asigne al activo, ya sea de acuerdo al número de activos con los cuales se cuenta o de acuerdo a lo que convenga el usuario.

2.3. Conceptual

2.3.1. Disponibilidad

Uno de los términos más utilizados en los departamentos de mantenimiento es la disponibilidad, este indicador que en la mayoría de los casos es referido a los activos pertenecientes a una instalación que por lo general es cuantificable en porcentaje, existen varias formas de medirlo, una de ellas podría ser realizando una división entre el número de horas operativas de funcionamiento de un activo y el número de horas programadas.

La disponibilidad se puede medir en relación al tiempo de acuerdo a la intención del usuario, en ese sentido podría medirse en días, semanas, meses, años, etc. También puede medirse respecto del número de activos o componentes que el usuario desea evaluar, por ejemplo, podría ser medida respecto de toda una planta o respecto de tan solo un sistema, equipo o componente.

La disponibilidad, citado por Alberto Mora, se define como “la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico”. (Mora Gutiérrez, 2009).

De acuerdo a los distintos contextos en los cuales se encuentran operando los activos de una instalación la disponibilidad puede obtener una relación adecuada para su medición.

Para un contexto en el cual es necesario medir la incidencia que tiene los tiempos de parada por mantenimiento preventivo respecto de los tiempos programados, se presenta a continuación la siguiente relación para la obtención de la disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Horas programadas} - \text{Horas de parada por MP}}{\text{Horas programadas}}$$

Donde:

$$\text{Horas programadas} = \text{Horas operativas} + \text{ready time}$$

Ready time: es el tiempo de operación en vacío, los equipos están programados, listos para operar, pero no están operando.

Horas de parada por MP: Horas de parada por mantenimientos preventivos, referidas a tareas de verificación, limpieza, lubricación, cambios de componentes, entre otras tareas referidas a mantenimientos preventivos.

Esta relación es llevada a la práctica cuando se requiere proyectar valores de disponibilidad para un conjunto de activos en su etapa prematura de sus ciclos de vida, para las horas de parada de los equipos no se consideran los mantenimientos correctivos, tan son solo las horas de parada por mantenimientos preventivos, se tiene la obtención de la disponibilidad como una línea base la cual se vería afectada con acontecimientos de mantenimiento correctivo, las horas programadas se

consideran la suma de las horas operativas más el ready time, el ready time es el tiempo en el cual el activo no está operando, pero está listo para operar y se considera dentro de las horas programadas.

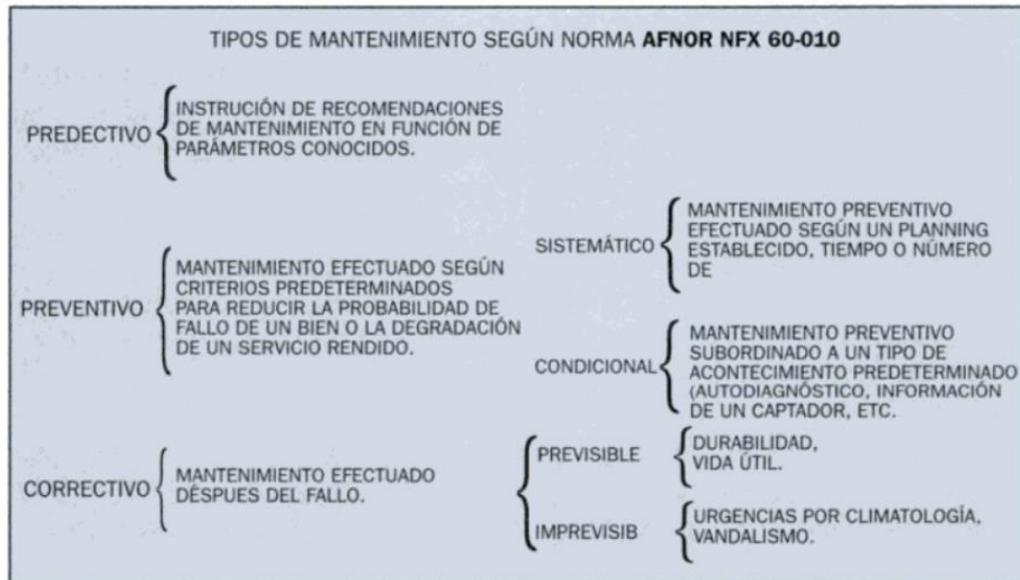
2.3.2. Terminología del Mantenimiento

Se han definido diversas clasificaciones para los tipos o estrategias de mantenimiento aplicados a equipos industriales o vehículos automotrices. Las organizaciones en general escogen un tipo o estrategia de mantenimiento en particular, esto dependerá de las posibilidades que tenga la organización para poder realizar sus actividades, sus posibilidades técnicas y administrativas son determinantes para la implementación de una estrategia de mantenimiento moderno, por ejemplo. Las organizaciones públicas generalmente descuidan el cuidado y la preservación de activos propios, no se asignan los recursos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento, por otro lado las organizaciones privadas especialmente las de gran prestigio y enormes instalaciones se atribuyen una gestión y ejecución muy rigurosa de las actividades de mantenimiento, desarrollando estrategias de mantenimiento que van de la mano con el desarrollo de la tecnología, sin embargo es casi imposible cumplir con el 100% de lo que manda una estrategia moderna de mantenimiento y dejar de reparar una vez producida la falla.

Francisco Gonzáles en su libro “Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado” menciona dos normas internacionales que presentan ciertas clasificaciones para el mantenimiento.

Gonzáles citó la terminología utilizada por la norma francesa AFNOR NFX 60-010 para calificar los tipos de mantenimiento.

Figura 2. 2 TÉRMINOLOGÍA UTILIZADA POR LA NORMA AFNOR NFX 60-010 PARA CLASIFICAR LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO



Fuente: Figura tomada del libro “Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado” del autor (González Fernández, 2005).

González cita también a la norma española EN-13306 de la cual refiere que tiene dos subdivisiones: mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. El mantenimiento preventivo, a su vez, se subdivide en sólo dos tipos: mantenimiento basado en la condición (o predictivo) y mantenimiento predeterminado (o preventivo sistemático). El mantenimiento correctivo, o la conocida reparación de fallos, como segundo aspecto a resaltar, tiene dos divisiones a su vez a un nivel inferior: mantenimiento programable (o diferido) y mantenimiento inmediato (o urgente).

Figura 2. 3 TERMINOLOGÍA UTILIZADA POR LA NORMA EN-13306 PARA CLASIFICAR LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO



Fuente: Figura tomada del libro “Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado” del autor **(González Fernández, 2005)**.

Se puede notar una diferencia entre lo que menciona la Norma EN-13306 y lo que menciona la Norma AFNOR NFX 60-010, especialmente en cuanto a mantenimiento preventivo, la norma francesa determina al mantenimiento predictivo como un tipo de mantenimiento, al mismo nivel que el mantenimiento preventivo, sin embargo, la norma española determina al mantenimiento predictivo como una subdivisión del mantenimiento preventivo.

2.3.3. Niveles del Mantenimiento

Alberto Mora en su libro “Mantenimiento planeación, ejecución y control” hace referencia a 4 niveles de mantenimiento, él menciona que: “el estado natural de cada empresa en particular tiene un desarrollo

asociado con alguno de los cuatro niveles, y en paralelo puede incursionar en un nivel superior o consolidar uno inferior. Se trata de suministrar los criterios básicos y los fundamentos relevantes para tomar decisiones acertadas, en cuanto a la selección de elementos vitales de los diferentes niveles de mantenimiento que se desean desarrollar. De tal forma que las disposiciones sean coherentes con la estrategia que se quiere implementar en el futuro. La experiencia de muchos autores muestra que lo tradicional en las compañías es ir desarrollando cada nivel en forma independiente, históricamente acorde con las situaciones del momento y del entorno circunstancial de la empresa, lo cual implica, en muchas ocasiones, devolverse de nivel. Las empresas que están en la fase de implementación de alguna táctica se dan cuenta de que en la fase operativa no conformaron un adecuado grupo caza fallas, GCF o no implementaron la metodología FMECA, lo cual las obliga a retroceder en su proceso evolutivo al nivel anterior para consolidar lo no realizado, pues, a manera de ejemplo, el análisis de fallas es vital en la mayoría de las tácticas como el TPM, PMO, RCM y TPM, entre otras. Otro caso es cuando se alcanza el nivel cuatro, denominado estratégico, en el que hay que medir, lo cual, posteriormente, da cuenta de que el nivel I instrumental no cuenta con un sistema de información en tiempo real que provea costos reales, o que permita tomar los tiempos de fallas o reparaciones para calcular el CMD". (Mora Gutiérrez, 2009)

La siguiente es una clasificación para los niveles de mantenimiento realizada por (Mora Gutiérrez, 2009).

a. Nivel Instrumental

Instrumentos básicos

- Sistemas Informáticos.
- Recursos Humanos.
- Herramientas, repuestos.
- Espacio físico, tecnología, maquinaria.

Instrumentos avanzados genéricos de mantenimiento

- Herramientas estadísticas

- Análisis y diagrama de Pareto
- Diagrama de causa – efecto
- Histogramas

Instrumentos avanzados específicos de mantenimiento

- Análisis de falla FMECA, RCFA
- Gestión y manejo de inventarios y repuestos
- Clasificación ABC
- Subcontratación
- Flash Audit

Instrumentos avanzados específicos técnicos en mantenimiento

- Inspección visual
- Vigilancia de temperaturas
- Control de corrosión
- Lubricación y engrase
- Análisis de vibraciones
- Líquidos penetrantes, etc.

b. Nivel Operativo

- Acciones correctivas
- Acciones preventivas
- Acciones modificativas
- Acciones predictivas

c. Nivel táctico

- TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad)
- Mantenimiento proactivo
- Mantenimiento reactivo
- Mantenimiento orientado a resultados
- Mantenimiento de clase mundial
- Mantenimiento centrado en habilidades y consecuencias

d. Nivel Estratégico

- Costos fijos y variables

- Indicadores
- Costo del ciclo de vida
- Gestión de activos.

2.3.4. Administración de la Producción Referida a Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se podrían inmiscuir dentro de los procesos productivos, ya que el producto de dichas actividades se puede conceptualizar como un bien o un servicio, la idea es que al reparar o monitorear un activo se le está generando un valor, un valor agregado. Existe una peculiaridad respecto de las actividades de mantenimiento y las actividades de producción, propiamente dichas, refiere a que el mantenimiento es un conjunto de actividades realizadas por personas que aún no han podido ser reemplazadas por máquinas automáticas, sin embargo en otros tipos de procesos productivos como los de producción en serie por ejemplo en un planta industrial, el personal humano ha quedado prácticamente relegado por máquinas mucho más rápidas y precisas que han podido suplir el accionar de las personas en la mayoría de actividades.

Es en este contexto que es posible considerar al mantenimiento como un proceso de producción, y si se habla de gestión de mantenimiento es posible referirse a la administración de la producción referida a actividades de mantenimiento.

Según el Ingeniero Félix Guerrero la administración de las operaciones se puede diferenciar de dos tipos: la administración de la producción de bienes y la administración de la producción de servicios.

Administración de la Producción de Bienes: Son aquellas destinadas a obtener un producto físico, cuyo valor está relacionado directamente con sus propiedades físicas. (Guerrero Roldán, 2009).

La producción de bienes está referida a la producción manufacturera, producción de conversión y producción de reparaciones.

Administración de la Producción de Servicios: Son aquellas en que el resultado del proceso no está asociado con propiedades físicas del

producto y tiene relación directa con las personas que reciben el proceso. (Guerrero Roldán, 2009).

La producción de servicios está referida a servicios logísticos, de seguridad y de bienestar.

El propósito de toda operación es añadir valor a los costos de los recursos en el proceso productivo.

2.3.5. Aprendizaje Tecnológico

Al implementar un proceso o nuevos procedimientos en una institución se presenta con regularidad una resistencia al cambio, especialmente de parte del personal, poco interés en la adquisición de nuevos aprendizajes, especialmente cuando son tecnológicos.

Según el ingeniero Félix Guerrero Roldán un cambio tecnológico radical tiene menos posibilidades de éxito por las barreras internas al cambio y al aprendizaje. Mientras que un cambio tecnológico gradual, acorde con los objetivos y necesidades de la empresa, maximizará el índice de mejora de la empresa. La tecnología debe estar alineada con la estrategia global y con las prioridades de la empresa. (Guerrero Roldán, 2009)

2.4. Definición de Términos Básicos

Según Arias la definición de términos básicos consiste en dar el significado preciso y según el contexto a los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema formulado. (Arias Odón, 1999).

La definición de términos básicos, citado por Arias, “es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema” (Arias Odón, 1999).

Arias hace énfasis en no confundir esta sección con un glosario, se trata de conceptos diferentes.

El término “**plan**”, en el campo de mantenimiento hace referencia a un documento que contiene un conjunto de tareas o actividades que se preparan previamente a su realización con el fin de atender a un

componente, equipo, sistema o instalación y lograr ciertos objetivos como los de producción, disponibilidad, etc., mientras que en el campo de los negocios “**plan**” puede referir a un documento que orienta a la organización en el logro de sus objetivos, ya sean financieros, productivos u organizacionales, bajo ideas como la misión y la visión que tiene la organización.

El término “**disponibilidad**”, en el campo del mantenimiento es la probabilidad de que un componente, equipo, sistema o una instalación opere satisfactoriamente luego del inicio de su operación durante un tiempo determinado bajo condiciones establecidas, mientras que, en el uso cotidiano, “**disponibilidad**”, una persona lo puede referir a la factibilidad que tiene para realizar alguna acción, no necesariamente en un tiempo determinado ni bajo condiciones establecidas.

La palabra “**caminero**”, en el campo de los equipos automotrices refiere a un tipo de equipo que es utilizado en trabajos de construcción, rehabilitación y/o mantenimiento de caminos, mientras que, en un contexto distinto “**caminero**” podría referirse a una persona que camina o cualquier ser u objeto relativo a un camino.

La palabra “**criticidad**”, en el campo del mantenimiento refiere a una jerarquización o priorización de activos, es decir que activo es el más influyente para alguno de los aspectos por los cuales se mide una empresa, ya sea para la operación, medio ambiente, seguridad, costos, etc. Mientras que “**criticidad**” en otro contexto podría referirse al nivel de dificultad para resolver un problema relacionado a un objeto o a un ser.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis de la Investigación

3.1.1. Hipótesis General

El diseño del plan de mantenimiento preventivo incide acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

3.1.2. Hipótesis Especificas

- a. Las tareas de mantenimiento preventivo permitirán asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.
- b. El análisis de criticidad permitirá asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

3.2. Definición Conceptual de Variables

3.2.1. Variable Independiente:

Plan de mantenimiento preventivo.

3.2.2. Variable Dependiente:

Disponibilidad de equipos camineros.

3.2.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 3. 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensiones	Indicadores	Índice	Método	Técnicas e Instrumentos
VI: Plan de Mantenimiento Preventivo	Tareas de mantenimiento preventivo	Tiempo invertido por tarea de mantenimiento	Minutos	Analítico Lógico Deductivo con Enfoque Sistémico	Técnica: Documental. Instrumentos: Fichas técnicas, formatos para el plan de mantenimiento y hoja de verificación.
	Análisis de criticidad	Grado de criticidad	Unidad	Analítico Lógico Deductivo con Enfoque Sistémico	Técnica: Documental. Instrumentos: Hoja de criticidad, matriz de criticidad.
VD: Disponibilidad de equipos camineros	Horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP)	Horas de mantenimiento preventivo por equipo	Horas	Analítico Lógico Deductivo con Enfoque Sistémico	Técnica: Documental. Instrumentos: Formato del plan de mantenimiento.

Fuente: Elaborado en base al desarrollo de la Tesis.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y Diseño de Investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

La investigación se consideró de tipo **Tecnológica**, ya que se observó un problema involucrado en un contexto real, se aplicó el conocimiento científico para diseñar un proceso tecnológico para la solución del problema y que este beneficie a la sociedad.

Según Espinoza la investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad. (Espinoza Montes, 2010).

4.1.2. Diseño de Investigación

La investigación se consideró de diseño **pre - experimental**, ya que no se tuvo el control de la validez interna de las variables de la investigación, pero si se ilustró la forma en que una de las variables puede influir en la validez interna.

Según Espinoza los diseños pre – experimentales “son diseños que no pueden controlar los factores que influyen contra la validez interna y externa. Pero ilustran la forma en que las variables extrañas pueden influir en la validez interna. Nos muestra lo que se debe y no debe hacer” (Espinoza Montes, 2010).

Según Espinoza la validez de los diseños refiere al grado de control y posibilidad de generalización que se obtiene sobre el problema estudiado.

“La validez interna trata de responder a la pregunta: ¿La variable independiente produce un efecto significativo en la variable dependiente?” (Espinoza Montes, 2010).

Diagrama:

O → X

Donde:

O: Observación del objeto de estudio.

X: Tratamiento aplicado para el objeto de estudio.

4.2. Método de Investigación

La investigación se consideró de método **Analítico Lógico Deductivo con Enfoque Sistémico**, se desarrolló un proceso lógico durante las etapas de la investigación para deducir resultados, se abordó el problema en su totalidad y se desglosó las variables en dimensiones para evaluar sus relaciones.

Según Espinoza “el enfoque de sistemas afronta el problema en su complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad, en el estudio de la relación entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes”. (Espinoza Montes, 2010).

4.3. Población y muestra

La presente investigación tomó como objeto de estudio los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla, los cuales son los únicos equipos con características propias tanto físicas y de funcionamiento en el Municipio, por lo que se consideró que la población es igual a la muestra.

Población: Equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

La Población o universo, citado por Arias Odón, se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan, los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucrados en la investigación. (Arias Odón, 1999).

Muestra: Equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.

La muestra, citado por Arias Odón, es un subconjunto representativo de un universo o población. (Arias Odón, 1999).

Tabla 4. 1 RELACIÓN DE EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA

Equipos	Marca y Modelo	Cantidad
Cargador Frontal	Komatsu WA380	1
Motoniveladora	Komatsu GD535	1
Compactador vibratorio	Caterpillar CS54B	1
Minicargador	Caterpillar 236D	1
Camión volteador	Scania P450	2

Fuente: Elaborada en base a la información recolectada del Municipio de Ventanilla.

Figura 4. 1 CARGADOR FRONTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA



Fuente: Tomada en las instalaciones del Municipio Distrital de Ventanilla.

Figura 4. 2 MOTONIVELADORA DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA



Fuente: Tomada en las instalaciones del Municipio Distrital de Ventanilla.

Figura 4. 3 RODILLO COMPACTADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA



Fuente: Tomada en las instalaciones del Municipio Distrital de Ventanilla.

Figura 4. 4 MINICARGADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA



Fuente: Tomada en las instalaciones del Municipio Distrital de Ventanilla.

Figura 4. 5 CAMIÓN VOLTEADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA

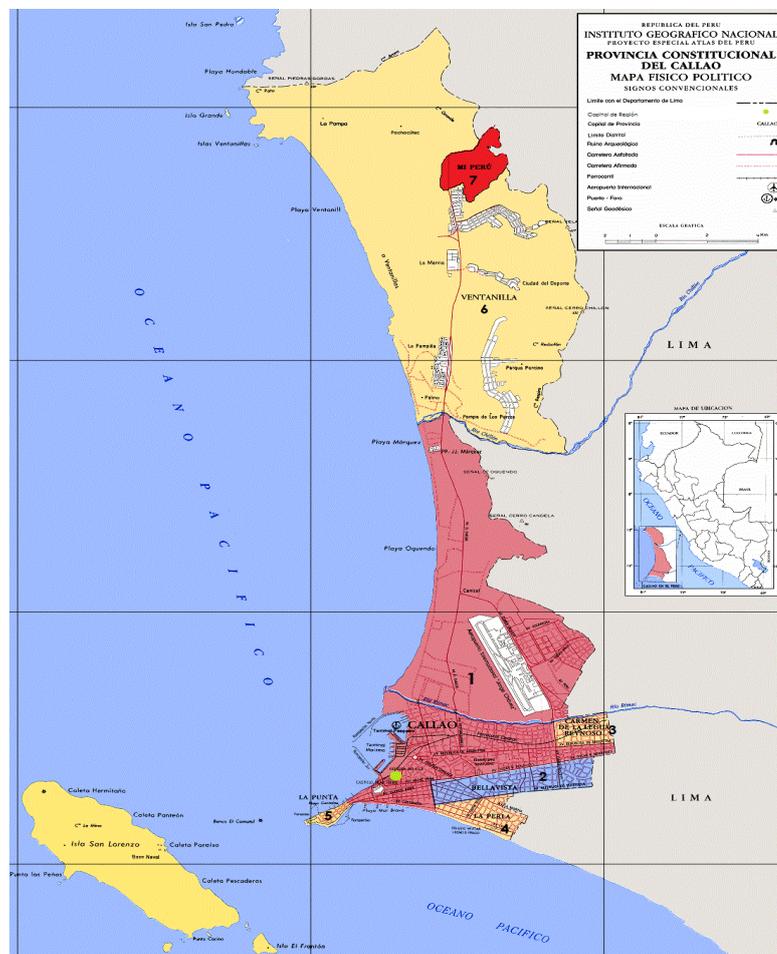


Fuente: Tomada en las instalaciones del Municipio Distrital de Ventanilla.

4.4. Lugar de Estudio

La investigación tuvo como lugar de estudio el territorio del distrito de Ventanilla que cuenta con un área de 73.52 Km² y en donde habita una población de 315 600 habitantes de acuerdo al último censo del año 2017. Es en este territorio y para esta población que los equipos camineros realizan trabajos en el día a día. Se tomó como referencia para la recolección de datos las instalaciones de la Gerencia de Servicio a la Ciudadanía de la Municipalidad de Ventanilla ubicada en la intersección de la Av. Revolución S/N y la Av. Cuzco del nuevo distrito de Mi Perú, es en este lugar en donde se llevan a cabo las actividades de mantenimiento de los equipos camineros.

Figura 4. 6 MAPA DEL DISTRITO DE VENTANILLA DENTRO DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO



Fuente: Tomada de la información del (Instituto Nacional Geográfico)

4.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

4.5.1. Técnicas

El proceso de recolección de información se basó en las técnicas:

- Documental.

4.5.2. Instrumentos

Para la recolección de información se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Formatos del plan de mantenimiento.
- Hojas de verificación de tareas.
- Fichas de especificaciones técnicas.
- Matriz de criticidad.
- Hoja de criticidad.

4.6. Análisis y Procesamiento de Datos

Para diseñar el plan de mantenimiento de los equipos camineros del Municipio de Ventanilla se inició con un preámbulo para entender cuáles debieron ser los pasos a seguir para el desarrollo del plan, esto comenzó con una lista de exigencias que debió de cumplir el plan de acuerdo a lo estipulado por el Municipio.

a. Lista de Exigencias para el Diseño del Plan de Mantenimiento.

Durante el periodo investigativo se obtuvieron algunas exigencias y/o deseos de parte del Municipio de Ventanilla para el diseño del plan de mantenimiento con el fin de que este pueda ser adecuadamente implementado en su etapa de ejecución.

Tabla 4. 2 LISTA DE EXIGENCIAS PARA EL DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

TÍTULO DE TESIS		DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA	
Número	DESEO (D) EXIGENCIA (E)	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
FUNCIÓN PRINCIPAL			
1	(E)	Preservar de posibles fallas a los equipos camineros.	Bryan Zea
DISPONIBILIDAD			
2	(E)	Incidir acertadamente en la disponibilidad de los equipos	Bryan Zea
VIDA ÚTIL			
3	(D)	Extender el ciclo de vida de los equipos.	Bryan Zea
RECURSO HUMANO			
4	(D)	Generar una cultura de mantenimiento en el personal	Bryan Zea
SEGURIDAD			
5	(D)	Disminuir el riesgo asociado por fallas.	Bryan Zea
MEDIO AMBIENTE			
6	(D)	Disminuir el daño al medio ambiente asociado por fallas.	Bryan Zea

Fuente: Elaborada en base al desarrollo de la investigación.

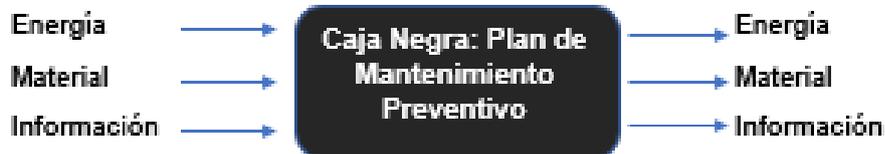
b. Conceptualización del Diseño

Para el diseño del plan de mantenimiento y que este incida acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros se plantearon exigencias a partir de las cuales se buscó los mejores caminos de solución, se debió realizar un diagnóstico del estado de los equipos, se debió adquirir un conocimiento de las especificaciones técnicas más importantes de los equipos, para eso se tuvieron fichas técnicas, fue importante jerarquizar a los equipos para su atención en relación a las tareas de mantenimiento para así establecer correctamente las horas de parada por mantenimiento preventivo y por ende el desarrollo del plan de mantenimiento.

c. Estructuración de las Funciones y Procesos

Se organizó las ideas de la conceptualización del diseño mediante dos diagramas lógico que se presentan a continuación:

Gráfico 4. 1 DIAGRAMA LÓGICO FUNCIONAL - CAJA NEGRA



Fuente: Elaborado en base al desarrollo de la investigación.

Entradas:

- Material: Equipos camineros con su disponibilidad.
- Información: Información referente a los equipos camineros.

Salidas:

- Material: Equipos camineros con una incidencia en su disponibilidad.
- Información: Información procesada referente a los equipos camineros.

Gráfico 4. 2 DIAGRAMA LÓGICO DE PROCESOS - CAJA BLANCA



Fuente: Elaborado en base al desarrollo de la investigación

d. Matriz Morfológica

Mediante la matriz morfológica se plantaron las posibles alternativas para el desarrollo del plan de mantenimiento.

Tabla 4. 3 MATRIZ MORFOLÓGICA DEL PROCESO

Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Diagnóstico del estado de los equipos	Basado en los sistemas por equipo	Basado en los componentes por equipo	Basado en el equipo en sí
Selección de la estrategia de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM)	Mantenimiento Productivo Total (TPM)
Análisis de criticidad	Método del flujograma de análisis de criticidad	Modelo de Criticidad Semicuantitativo	Modelo de criticidad Cuantitativo
Elaboración del plan de mantenimiento	Basadas en recomendación del fabricante	Basadas en análisis de fallas funcionales	Basadas en procedimiento genéricos
Posibles soluciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3

Fuente: Elaborado en base al desarrollo de la investigación.

e. Concepto de solución 1

La solución 1 se propuso iniciar con un diagnóstico del estado de los equipos, enfocado en los sistemas de cada uno de los mismos, para el diagnóstico se consideró previamente obtener un conocimiento técnico de los equipos utilizando fichas técnicas.

Para la selección de la estrategia de mantenimiento la alternativa 1 consideró la estrategia de mantenimiento preventivo, que se amolda muy bien a un contexto como el del Municipio de Ventanilla.

La solución 1 consideró realizar un análisis de criticidad basado en el Modelo de Criticidad Semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo), que es un modelo muy práctico y aplicable a distintos contextos.

Para la elaboración de las tareas de mantenimiento del plan se consideró basarse en procedimientos genéricos de acuerdo al tipo de equipo y las frecuencias de mantenimiento se elaboraron en base a la experiencia de los técnicos.

f. Concepto de solución 2

La solución 2 se consideró iniciar con un diagnóstico de los equipos basándose en los componentes de los mismos.

Para la selección de la estrategia de mantenimiento se presentó el mantenimiento basado en la confiabilidad, el cual requiere de un análisis bastante exigente de las funciones, fallas funcionales y modos de falla asociados a los equipos, lo cual estaría un poco alejado de la realidad del Municipio.

Para el análisis de criticidad se consideró el modelo de criticidad cuantitativo, el cual requiere de una considerable cantidad de datos para su desarrollo, esto es un punto desfavorable para su aplicación en la Oficina de Maestranza del Municipio de Ventanilla, ya que aún no se cuenta con una gestión de base de datos para llevar a cabo este modelo. Para la elaboración del plan de mantenimiento se consideró realizar las tareas basándose en análisis de fallos de los equipos.

De las dos soluciones propuestas se tomó la solución número 1, ya que es la que mejor se amolda al contexto en el cual se encuentran involucrados los equipos camineros del Municipio de Ventanilla.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

5.1.1. Características de la Institución donde se desarrolló la investigación

Se presentan algunas características referidas a la institución donde se llevó a cabo la investigación, estas fueron de vital importancia para la obtención de los resultados de la Tesis.

Un diseño de un proceso o procedimiento para una institución como un plan de mantenimiento en el caso de la presente Tesis, debe estar orientado a lo mencionado en el plan estratégico organizacional de la institución donde se va a aplicar el procedimiento, también es necesario conocer que un plan estratégico organizacional se ve reflejado en la Misión y la Visión de la institución al cual corresponde, entonces es oportuno iniciar el diseño del plan de mantenimiento teniendo en cuenta que es lo que nos menciona la Misión y la Visión de la Municipalidad Distrital de Ventanilla.

a. Misión de la Municipalidad Distrital de Ventanilla

“La Municipalidad Distrital de Ventanilla tiene la Misión de promover el desarrollo integral de la persona humana, el desarrollo integral y sostenido del distrito, manteniendo niveles óptimos de servicios públicos, complementando y desarrollando una infraestructura moderna, coordinando y concertando con los organismos públicos, sector privado y la comunidad, fortalecer la democracia participativa local, a fin de alcanzar una eficiente y eficaz administración de la inversión social que eleven la calidad de vida de la población Ventanillense”. (Municipalidad Distrital de Ventanilla, 2020)

b. Visión de la Municipalidad Distrital de Ventanilla

“Somos un distrito próspero y ordenado, donde se ha logrado alcanzar el bienestar social, orden urbano y desarrollo económico, donde la preservación del medio ambiente, así como la ecología representa una

prioridad para la protección del hábitat natural, así como la salud de su población”.

“En Ventanilla, la relación gobierno local – sociedad civil se ha consolidado gracias a mecanismos de participación ciudadana y transparencia fiscal”. (Municipalidad Distrital de Ventanilla, 2020).

Entonces por lo expuesto en la Misión y la Visión de la Municipalidad Distrital de Ventanilla es claro notar el interés que se tiene en brindar un servicio público óptimo y un desarrollo integral de la infraestructura del Distrito. Es en ese sentido que es coherente desarrollar un Plan de Mantenimiento en función de lograr estos propósitos.

c. Actividades que realizan los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla

Los equipos camineros destinados a la realización de actividades como el afirmado de caminos, mantenimiento urbano y limpieza pública fueron adquiridos en el año 2019 por la gestión municipal con periodo gubernamental del año 2019 al 2022 presidida por el Sr. alcalde Pedro Spadaro Philipps.

Estos equipos desarrollan trabajos a pedido de la población Ventanillense, quienes por medio de solicitudes documentadas enviadas a la mesa de partes del Municipio, se gestionan los recursos para su atención.

A continuación, se detallan las actividades que desarrollan los equipos camineros:

c.1 Afirmado de Caminos

El afirmado de caminos que realizan los equipos camineros se inicia con las labores de movimiento de tierras por medio del cargador frontal Komatsu WA380 o el minicargador Caterpillar 236D para el despeje del terreno, luego se vierte material especial como grava por medio de los camiones Scania P450 para el afianzamiento del terreno, se procede con el riego del terreno por medio de una cisterna, que es proporcionada por la Gerencia de Áreas Verdes del Municipio, para continuar con la

nivelación del terreno por medio de la motoniveladora Komatsu GD535, se realiza nuevamente el riego por medio de la cisterna con lo que se deja listo el terreno para su compactación por medio del rodillo compactador Caterpillar CS54B.

Con este trabajo de afirmación de caminos se beneficia a una gran cantidad de población del distrito de Ventanilla, especialmente a las zonas más vulnerables como son la Ciudad de Pachacútec, el Asentamiento Humano de Ventanilla Alta y sus alrededores, entre otras zonas que requieren de estos servicios. Con esto se logra el acceso de vehículos como ambulancias, vehículos de seguridad ciudadana, cisterna de agua potable, mototaxis entre otros que benefician a los pobladores del distrito.

Figura 5. 1 MINICARGADOR DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA REALIZANDO TRABAJOS DE AFIRMADO DE CAMINOS



Fuente: Proporcionada por el Área de Mantenimiento Urbano de la Municipalidad de Ventanilla

c.2 Limpieza Pública

Las labores de limpieza pública que realizan los equipos camineros, especialmente el cargador frontal, minicargador y camiones volteadores, son los de recojo de desmote, esto debido a las constantes construcciones y remodelaciones que se realizan en las diferentes

viviendas de los pobladores del Distrito, también se realiza la recolección de bienes muebles en desuso que los vecinos del Municipio desechan, estas actividades son solicitadas por medio de documentos formales por los vecinos Ventanillenses o son campañas de iniciativa propia que tiene el Municipio.

c.3 Mantenimiento urbano

Las labores de mantenimiento urbano que realizan los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla son las de apoyo en la rehabilitación de carreteras, avenidas y espacios de esparcimiento público del Distrito.

Existen otras actividades que los equipos camineros han realizado o está en la capacidad de realizar como los de apoyo en la construcción de grandes y pequeños proyectos de infraestructura que tiene el Distrito.

d. Organigrama de la Oficina de Maestranza de la Municipalidad de Ventanilla

Gráfico 5. 1 ORGANIGRAMA DE LAS ÁREAS Y DEL PERSONAL INVOLUCRADO CON LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA



Fuente: Elaborado en base a la información recolectada de la Municipalidad Distrital de Ventanilla.

5.1.2. Codificación de los equipos camineros

Debido a que no se contaba con una codificación para los equipos es que se realizó una designación básica para determinar un código para cada uno de los equipos en base al tipo de equipo, la denominación de los equipos y un número correlativo que se asignó a cada uno.

A continuación, se detalla la asignación de los caracteres:

Determinación de los caracteres por el tipo de equipo

Se consideró el tipo de equipo como equipo caminero, para lo cual se asignó los caracteres ECAM, la primera letra deriva de la palabra equipo y las tres restantes derivan de la palabra caminero, estos caracteres serán asignados a cada uno de los equipos por igual.

Determinación de caracteres por la denominación de equipos

Se consideró los siguientes caracteres de acuerdo a la denominación de cada uno de los equipos:

Cargador frontal: CF, motoniveladora: MN, rodillo compactador: RC, minicargador: MC, camión volteador 1: CV, camión volteador 2: CV.

Determinación de los caracteres por el número correlativo

Se asignaron los siguientes números correlativos para cada equipo:

Cargador frontal: 01, motoniveladora: 02, rodillo compactador: 03, minicargador: 04, camión volteador 1: 05 y camión volteador 2: 06.

Tabla 5. 1 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA

Equipo caminero	Código asignado
Cargador Frontal	ECAMCF01
Motoniveladora	ECAMMN02
Rodillo compactador	ECAMRC03
Minicargador	ECAMMC04
Camión volteador 1	ECAMCV05
Camión volteador 2	ECAMCV06

Fuente: Elaborada en base a la información recolectada durante el desarrollo de la Tesis.

5.1.3. Diagnóstico del estado de los equipos

Tabla 5. 2 DIAGNÓSTICO DE ESTADO DE PARTE O SISTEMA DE EQUIPO

EQUIPO	ESTADO DE PARTE O SISTEMA DE EQUIPO								
	MOTOR	SISTEMA HIDRAÚLICO	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SISTEMA ELÉCTRICO	SISTEMA DE FRENOS	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	ELEMENTOS DE DESGASTE	LLANTAS
CARGADOR FRONTAL	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	REGULAR
MOTONIVELADORA	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
RODILLO COMPACTADOR	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
MINICARGADOR	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	REGULAR
CAMIÓN VOLTEADOR (ECAMCV05)	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
CAMIÓN VOLTEADOR (ECAMCV06)	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Fuente: Elaborada en base a la información recolectada de la Municipalidad de Ventanilla

En la tabla 5.2 se muestra la designación para el estado de los equipos camineros respecto a sus sistemas y partes principales. Los equipos camineros del Municipio de Ventanilla se encuentran en una etapa prematura de su ciclo de vida, ya que las fallas asociadas a desgaste por el tiempo de uso aún no se presentan, sin embargo, ya se tiene algunos síntomas de comportamiento anormal en los sistemas de refrigeración en el minicargador y el camión volteador 2 y en los elementos de desgaste y en las llantas del cargador frontal y del minicargador.

5.1.4. Análisis de criticidad de los equipos camineros

Aplicando el modelo de criticidad semicuantitativo de criticidad total por riesgo para analizar la criticidad de cada equipo, lo cual se hizo por medio de un formato denominado hoja de criticidad que se ubica en la Tesis como anexo 7 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. 3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA CADA UNO DE LOS EQUIPOS CAMINEROS

Equipo	Grado de criticidad
Cargador frontal	Medio crítico
Motoniveladora	Medio crítico
Rodillo compactador	Medio crítico
Minicargador	Medio crítico
Camión volteador (ECAMCV05)	No crítico
Camión volteador (ECAMCV06)	No crítico

Fuente: Elaborada en base al análisis de criticidad realizado en la investigación.

En la tabla 5.3 se muestra el grado de criticidad obtenido para cada uno de los equipos camineros mediante el modelo de criticidad semicuantitativo. Se obtuvieron 4 equipos con un grado de mediana criticidad y 2 equipos con una condición de no críticos.

Es conocido que un análisis de criticidad es una herramienta de jerarquización de equipo, de acuerdo a su importancia, lo que nos

permite seleccionar a los equipos con un mayor grado de criticidad y tomar acción sobre ellos.

En la presente Tesis sin embargo se utilizó el análisis de criticidad para asignar los tiempos de parada por mantenimiento preventivo de acuerdo al grado de criticidad que obtuvieron los equipos, por ejemplo, el cargador frontal, la motoniveladora, el rodillo compactador y el minicargador obtuvieron un grado de mediana criticidad por lo que se les asignó ligeramente algunas horas más de mantenimiento preventivo que a los camiones volteadores que obtuvieron una condición de no críticos.

5.1.5. Plan de Mantenimiento Preventivo General

El plan de mantenimiento general está conformado por el plan de mantenimiento preventivo 1 (PM1) y el plan de mantenimiento preventivo 2 (PM2), estos dos planes son descritos en sus características y desarrolladas líneas abajo.

Gráfico 5. 2 DIVISIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL (PM) EN LOS PLANES (PM1) Y (PM2)



Fuente: Elaborado en base al desarrollo del plan de mantenimiento de la Tesis

5.1.6. Plan de Mantenimiento Preventivo 1 (PM1)

El PM1 está basado en tareas de inspección y es de frecuencia semanal para todos los equipos camineros, se establecieron protocolos como el estado en el que debe estar el motor del equipo durante la realización de las tareas de mantenimiento, si encendido o apagado, el ejecutante

correspondiente para cada tarea, si es un operador o un técnico mecánico, si es que se requiere un permiso especial para la ejecución, el tiempo de duración estimado por tarea y el número de técnicos necesarios para la realización de cada tarea. Se menciona también el objetivo del plan PM1 y el responsable de que se cumplan los protocolos y la ejecución completa del plan.

Se realizó la programación para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo por equipo durante una semana y se realizó también un formato de verificación para su uso simultaneo durante el desarrollo de las tareas de mantenimiento del PM1.

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento preventivo 1 (PM1).

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1 (PM1)

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA		PLAN DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA (PM1)				
		EQUIPO: TODOS LOS EQUIPOS CAMINEROS				
FRECUENCIA: SEMANAL		RESPONSABLE: JEFE DE TALLER				
N°	OBJETIVO: Prevenir fallas, conservar la vida útil de la maquina y comprometer al personal con el cuidado del equipo					
Descripción tareas		Estado	Ejecutante	Permiso	Minutos	Técnicos
1	Calentar el motor y detener el equipo en posición de estacionamiento.	Encendido	Operador	No	5	1
2	Inspeccionar todo el perímetro del equipo, prestar atención a algún ruido extraño.	Encendido	Operador	No	10	1
3	Inspeccionar estado de los vástagos y cilindros hidráulicos.	Apagado	Mecánico	No	20	1
4	Inspeccionar estado de mangueras, válvulas y conexiones hidráulicas.	Apagado	Mecánico	No	15	1
5	Inspeccionar estado y presión de los 4 neumáticos.	Apagado	Mecánico	No	20	1
6	Inspeccionar estado de vidrios y espejos de la cabina.	Apagado	Operador	No	10	1
7	Inspeccionar nivel de aceite hidráulico, aumentar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
8	Inspeccionar el nivel de aceite de transmisión, aumentar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
9	Inspeccionar el nivel de aceite del motor, aumentar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
10	Inspeccionar el nivel del líquido refrigerante, aumentar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
11	Inspeccionar el filtro de combustible, limpiar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
12	Inspeccionar el estado del radiador, limpiar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
13	Inspeccionar el estado de las mangueras y conexiones del sistema refrigerante del motor.	Apagado	Mecánico	No	15	1
14	Inspeccionar el estado de los elementos de desgaste.	Apagado	Operador	No	10	1
15	Inspeccionar el estado de la batería, limpiar bornes de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
16	Inspeccionar el nivel del electrolito de la batería, aumentar de ser necesario.	Apagado	Mecánico	No	15	1
17	Inspeccionar el funcionamiento de las luces delanteras, traseras, intermitentes y otras si las hubiera.	Encendido	Operador	No	5	1
18	Inspeccionar el funcionamiento de los indicadores tablero de conducción.	Encendido	Operador	No	10	1
19	Inspeccionar la existencia de conos de seguridad.	Apagado	Operador	No	5	1
20	Inspeccionar la existencia de extintor de seguridad.	Apagado	Operador	No	5	1
21	Inspeccionar la vigencia del SOAT	Apagado	Operador	No	5	1
22	Inspeccionar la vigencia de la revisión técnica.	Apagado	Operador	No	5	1
23	Llenar el tanque de combustible al final de la jornada para evitar la condensación durante la noche.	Apagado	Operador	No	15	1
<p>Recomendaciones para realizar las tareas:</p> <p>1) Desarrollar las tareas simultáneamente entre el técnico operador y el técnico mecánico que permita una comunicación coordinada entre el personal de operaciones y mantenimiento.</p> <p>2) Llevar a cabo las tareas y registrar su cumplimiento en la hoja de verificación impresa.</p> <p>3) Si se detectan anomalías que requieran atención de trabajos mayores, realizar los apuntes descriptivos en la hoja de verificación y reportarlos al Jefe del Taller y a la Oficina de Maestranza..</p>						

HOJA DE VERIFICACIÓN PARA PM1

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA		HOJA DE VERIFICACIÓN PARA TAREAS DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA					
EQUIPO:		CÓDIGO:		KILOMETRAJE:			
EJECUTANTES:				FECHA:			
				HORA:			
DESCRIPCIÓN	ESTADO			DESCRIPCIÓN	ESTADO		
							
Carrocería del equipo				Mangueras del sistema de enfriamiento			
Ruidos extraños				Conexiones del sistema de enfriamiento			
Vástagos y cilindros hidráulicos				Elementos de desgaste			
Mangueras y conexiones hidráulicas				Estado de la batería			
Válvulas hidráulicas				Bornes de la batería			
Neumáticos				Líquido de batería			
Vidrios de la cabina				Luces delanteras			
Espejos de la cabina				Luces traseras			
Aceite hidráulico				Luces intermitentes y otras			
Aceite de transmisión				Indicadores del tablero			
Aceite del motor				Conos de seguridad			
Líquido refrigerante				Extintor de seguridad			
Filtro de combustible				SOAT			
Estado del radiador				Revisión técnica			
OBSERVACIONES:							
SUPERVISADO POR:		REVISADO POR:		RECIBIDO POR:			
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:			
FECHA:		FECHA:		FECHA:			

PROGRAMACIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1 (PM1)

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA				PROGRAMA DE MANTENIMIENTO SEMANAL (PM1)					
				Fecha de inicio:		Fecha de fin:			
Nº	Equipo	Tipo de PM	Hrs preven	Lun	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.
1	Cargador Frontal	PM1	3	Ejecutar					
2	Motoniveladora	PM1	3		Ejecutar				
3	Rodillo compactador	PM1	3			Ejecutar			
4	Minicargador	PM1	3				Ejecutar		
5	Camión volteador ECAMCV05	PM1	3					Ejecutar	
6	Camión volteador ECAMCV06	PM1	3						Ejecutar

Consideraciones para el desarrollo del programa:
 1) El programa se realizará de acuerdo a lo mencionado en el plan de mantenimiento preventivo semanal (PM1).
 2) El programa se realizará para todos los equipos considerados en la relación líneas arriba, respetando los días a ejecutarse las tareas.
 3) En caso de no ejecutar el plan de mantenimiento preventivo para algún equipo de acuerdo al programa, se deberá reprogramar la realización del plan para la semana siguiente, sin que esto influya en el desarrollo de las actividades operativas.

5.1.7. Plan de Mantenimiento Preventivo 2 (PM2)

El plan de mantenimiento preventivo 2 (PM2) se basó en tareas de engrase, lubricación y cambios de filtros, se establecieron las frecuencias de realización indicadas por el número de horas de operación de cada equipo, también se establecieron protocolos para la realización de las tareas, se puso énfasis en la asignación de las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para la realización de las tareas de acuerdo al análisis de criticidad previamente realizado, jerarquizando a los equipos, se consideró el objetivo del plan y el responsable de la ejecución y cumplimiento del mismo.

A continuación, se presenta el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo (PM2) por tipo de equipo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 (PM2) PARA CARGADOR FRONTAL

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA		PLAN DE LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE COMPONENTES (PM2)					
		EQUIPO: CARGADOR FRONTAL					
		RESPONSABLE: JEFE DE TALLER					
N°	Objetivo: Disminuir el desgaste entre componentes, favorecer la refirgenración del equipo, limpiar impurezas y accionar componentes del equipo.						
	Descripción de la tarea	Frecuencia	Estado	Ejecutante	Permiso	Minutos	Técnicos
1	Engrasar articulaciones alrededor de la cuchara de levante	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
2	Engrasar articulaciones de la dirección hidráulica delantera	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
3	Engrasar la articulación del bastidor	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
4	Cambiar aceite del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
5	Cambiar aceites del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
6	Cambiar aceites del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
7	Cambiar filtro del aceite del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
8	Cambiar filtros del aceite del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
9	Cambiar filtros del aceite del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
10	Cambiar filtro de aire del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
11	Cambiar filtro de combustible	2000 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
12	Cambiar líquido refrigerante del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
<p>Recomendaciones para realizar las tareas:</p> <p>1) Después de realizar las tareas de engrase, retirar la grasa sobrante de la superficie.</p> <p>2) Para realizar los cambios de aceites y refrigerantes se recomienda utilizar las denominaciones recomendados por el fabricante del equipo, sin embargo se presentan algunas alternativas de lubricantes y refrigerante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para los engrases utilizar grasa NLGI N-2. - Para el motor utilizar aceite SAE 15W40. - Para el sistema de transmisión utilizar el aceite SAE 50. - Para el sistema hidráulico utilizar aceite SAE 30. - Para el sistema de refrigeración se recomienda el uso de un refrigerante anticorrosivo y anticongelante. <p>3) Llevar a cabo las tareas de mantenimiento y registrar cada ejecución simultaneamente en la hoja de verificación de las tareas de lubricación y cambio de componentes, esta hoja debe estar impresa.</p>							

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 (PM2) PARA MOTONIVELADORA

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA		PLAN DE LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE COMPONENTES (PM2)					
		EQUIPO: MOTONIVELADORA					
		RESPONSABLE: JEFE DE TALLER					
N°	Objetivo: Disminuir el desgaste entre componetes, favorecer la refrigeración del equipo, limpiar impurezas y accionar componentes del equipo.						
N°	Descripción de la tarea	Frecuencia	Estado	Ejecutante	Permiso	Minutos	Técnicos
1	Engrasar articulaciones de la dirección delantera	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	2
2	Engrasar articulaciones para el movimiento de la hoja niveladora	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	2
3	Engrasar articulaciones para el movimiento del escarificador	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	2
4	Engrasar articulaciones para el movimiento del circulo	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	2
5	Cambiar aceite del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
6	Cambiar aceites del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
7	Cambiar aceites del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
8	Cambiar filtro de aceite del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
9	Cambiar filtros de aceite del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
10	Cambiar filtros de aceite del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
11	Cambiar filtro de combustible	2000 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
12	Cambiar filtro de aire del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
13	Cambiar líquido refrigerante del radiador	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
<p>Recomendaciones para realizar las tareas:</p> <p>1) Después de realizar las tareas de engrase, retirar la grasa sobrante de la superficie.</p> <p>2) Para realizar los cambios de aceites y refrigerantes se recomienda utilizar las denominaciones recomendados por el fabricante del equipo, sin embargo se presentan algunas alternativas de lubricantes y refrigerante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para los engrases utilizar grasa NLGI N-2. - Para el motor utilizar aceite SAE 15W40. - Para el sistema de transmisión utilizar el aceite SAE 50. - Para el sistema hidráulico utilizar aceite SAE 30. - Para el sistema de refrigeración se recomienda el uso de un refrigerante anticorrosivo y anticongelante. <p>3) Llevar a cabo las tareas de mantenimiento y registrar cada ejecución simultaneamente en la hoja de verificación de las tareas de lubricación y cambio de componentes, esta hoja debe estar impresa.</p>							

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 (PM2) PARA RODILLO COMPACTADOR

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA		PLAN DE LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE COMPONENTES (PM2)					
		EQUIPO: RODILLO COMPACTADOR					
		RESPONSABLE: JEFE DE TALLER					
N°	Objetivo: Disminuir el desgaste entre componetes, favorecer la refrigeración del equipo, limpiar impurezas y accionar componentes del equipo.						
	Descripción de la tarea	Frecuencia	Motor	Ejecutante	Permiso	Minutos	Técnicos
1	Engrasar articulaciones alrededor del rodillo	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
2	Engrasar los cojinetes de las bombas hidráulicas del rodillo	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
3	Engrasar la articulación direccional del rodillo	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
4	Cambiar el aceite del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
5	Cambiar los aceites del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
6	Cambiar los aceites del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
7	Cambiar el filtro de aceite del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
8	Cambiar los filtros de aceite del sistema hidraulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
9	Cambiar los filtros de aceite del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
10	Cambiar el filtro de aire del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
11	Cambiar el filtro del combustible	2000 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
12	Cambiar el líquido refrigerante del radiador	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	2
<p>Recomendaciones para realizar las tareas:</p> <p>1) Después de realizar las tareas de engrase, retirar la grasa sobrante de la superficie.</p> <p>2) Para realizar los cambios de aceites y refrigerantes se recomienda utilizar las denominaciones recomendados por el fabricante del equipo, sin embargo se presentan algunas alternativas de lubricantes y refrigerante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para los engrases utilizar grasa NLGI N-2. - Para el motor utilizar aceite SAE 15W40. - Para el sistema de transmisión utilizar el aceite SAE 50. - Para el sistema hidráulico utilizar aceite SAE 30. - Para el sistema de refrigeración se recomienda el uso de un refrigerante anticorrosivo y anticongelante. <p>3) Para el sistema de contrapesos se debe ejecutar un mantenimiento preventivo cada 3000 horas de operación.</p> <p>4) Llevar a cabo las tareas de mantenimiento y registrar cada ejecución simultaneamente en la hoja de verificación de las tareas de lubricación y cambio de componentes, esta hoja debe estar impresa.</p>							

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 (PM2) PARA MINICARGADOR

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA		PLAN DE LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE COMPONENTES (PM2)					
		EQUIPO: MINICARGADOR					
		RESPONSABLE: JEFE DE TALLER					
N°	Objetivo: Disminuir el desgaste entre componentes, favorecer la refrigeración del equipo, limpiar impurezas y accionar componentes del equipo.						
	Descripción de la tarea	Frecuencia	Estado	Ejecutante	Permiso	Minutos	Técnicos
1	Engrasar articulaciones alrededor de la cuchara de levante	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
2	Cambiar aceite del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
3	Cambiar aceites del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
4	Cambiar aceites del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
5	Cambiar filtro del aceite del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
6	Cambiar filtros del aceite del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
7	Cambiar filtros del aceite del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
8	Cambiar filtro de aire del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
9	Cambiar filtro de combustible	2000 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
10	Cambiar líquido refrigerante del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
<p>Recomendaciones para realizar las tareas:</p> <p>1) Después de realizar las tareas de engrase, retirar la grasa sobrante de la superficie.</p> <p>2) Para realizar los cambios de aceites y refrigerantes se recomienda utilizar las denominaciones recomendados por el fabricante del equipo, sin embargo se presentan algunas alternativas de lubricantes y refrigerante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para los engrases utilizar grasa NLGI N-2. - Para el motor utilizar aceite SAE 15W40. - Para el sistema de transmisión utilizar el aceite SAE 50. - Para el sistema hidráulico utilizar aceite SAE 30. - Para el sistema de refrigeración se recomienda el uso de un refrigerante anticorrosivo y anticongelante. <p>3) Llevar a cabo las tareas de mantenimiento y registrar cada ejecución simultáneamente en la hoja de verificación de las tareas de lubricación y cambio de componentes, esta hoja debe estar impresa.</p>							

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 (PM2) PARA CAMIONES VOLTEADORES

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA	PLAN DE LUBRICACIÓN Y CAMBIO DE COMPONENTES (PM2)						
	EQUIPO: CAMIÓN VOLTEADOR (X2)						
	RESPONSABLE: JEFE DE TALLER						
N°	Objetivo: Disminuir el desgaste entre componentes, favorecer la refrigeración del equipo, limpiar impurezas y accionar componentes del equipo.						
	Descripción de la tarea	Frecuencia	Estado	Ejecutante	Permiso	Minutos	Técnicos
1	Engrasar articulaciones alrededor del cilindro de levante	80 horas	Apagado	Mecánico	No	15	1
2	Cambiar aceite del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
3	Cambiar aceites del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
4	Cambiar aceites del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
5	Cambiar filtro del aceite del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
6	Cambiar filtros del aceite del sistema hidráulico	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
7	Cambiar filtros del aceite del sistema de transmisión	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
8	Cambiar filtro de aire del motor	750 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
9	Cambiar filtro de combustible	2000 horas	Apagado	Mecánico	No	20	1
10	Cambiar líquido refrigerante del motor	1500 horas	Apagado	Mecánico	No	30	2
Recomendaciones para realizar las tareas:							
<p>1) Después de realizar las tareas de engrase, retirar la grasa sobrante de la superficie.</p> <p>2) Para realizar los cambios de aceites y refrigerantes se recomienda utilizar las denominaciones recomendados por el fabricante del equipo, sin embargo se presentan algunas alternativas de lubricantes y refrigerante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para los engrases utilizar grasa NLGI N-2. - Para el motor utilizar aceite SAE 15W40. - Para el sistema de transmisión utilizar el aceite SAE 50. - Para el sistema hidráulico utilizar aceite SAE 30. - Para el sistema de refrigeración se recomienda el uso de un refrigerante anticorrosivo y anticongelante. <p>3) Llevar a cabo las tareas de mantenimiento y registrar cada ejecución simultáneamente en la hoja de verificación de las tareas de lubricación y cambio de componentes, esta hoja debe estar impresa.</p>							

A partir de las horas estimadas para cada tarea de mantenimiento preventivo expuesta en los PM1 y PM2 se obtuvieron las horas estimadas anuales invertidas en realizar y cumplir las tareas de mantenimiento preventivo con personal de la Municipalidad de Ventanilla, utilizando materiales ya presupuestados por el Municipio como lubricantes y filtros los cuales ya se venían utilizando para las actividades de mantenimiento básicas muy esporádicas, sin embargo no se tenía una planificación para estos trabajos.

Las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) proyectadas en los planes de mantenimiento preventivo PM1 y PM2 para su ejecución en cada uno de los equipos camineros se muestran a continuación en la tabla 5.4.

Tabla 5. 4 HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO (HPMP) PROYECTADAS EN UN AÑO POR EL PM1 Y EL PM2

Equipo	HPMP proyectadas por el PM1	HPMP proyectadas por el PM2	HPMP proyectadas totales
Cargador frontal	144 horas	22 horas	166
Motoniveladora	144 horas	28.5 horas	172.5
Rodillo compactador	144 horas	22 horas	166
Minicargador	144 horas	10.5 horas	154.5
Camión volteador (ECAMCV05)	144 horas	10.5 horas	154.5
Camión volteador (ECAMCV06) 2	144 horas	10.5 horas	154.5

Fuente: Elaborada en base a tiempos estimados en PM1 y PM2

HPMP: Horas de parada por mantenimiento preventivo

PM1: Plan de mantenimiento 1

PM2: Plan de mantenimiento 2

La tabla 5.4 describe que:

- Para el PM1 se tiene 144 horas anuales estimadas por equipo.

- Para el PM2 se muestra distintos valores de horas anuales estimadas por equipo.

5.1.8. Consideraciones para la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo General

- Para el plan de mantenimiento preventivo diseñado se consideró que debe ser ejecutado por personal propio de la Institución Municipal.
- Para el plan de mantenimiento preventivo diseñado se consideró el uso de materiales como combustibles, lubricantes y filtros los cuales deben ser evaluados por el Municipio para su adquisición.
- Para el plan de mantenimiento preventivo diseñado se consideró que deben utilizarse las herramientas y el espacio físico con el que cuenta el Municipio Distrital de Ventanilla para las actividades de mantenimiento.
- Se consideró ejecutar el plan de mantenimiento preventivo 1 (PM1) semanalmente para cada equipo y el plan de mantenimiento preventivo 2 (PM2) de acuerdo al número de horas medidas por los horómetros de cada equipo.
- La presente Tesis se culminó en febrero del 2021, a partir de esta fecha se tiene en consideración la implementación del plan de mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Institución, lo cual es decisión del personal encargado de la administración de los equipos.

5.1.9. Resultados Inferenciales

Se tomaron los resultados descriptivos expuestos en la sección anterior referidos a las horas de ejecución estimadas para la aplicación del PM1 y PM2 para el periodo de un año de trabajo de cada equipo caminero, se utilizaron los datos obtenidos del Municipio de Ventanilla referidos a las horas programadas anuales comúnmente trabajadas por los equipos camineros, con esto se obtuvieron las horas disponibles por equipo para que el Municipio de Ventanilla atienda los requerimientos de la población

por medio de los equipos, así se infirió la disponibilidad anual de los equipos camineros.

Las horas programadas para los equipos camineros se obtiene a partir del horario de trabajo que se les tiene asignado a los equipos semanalmente, el cual es de 7:30 am a 4:30 pm de lunes a viernes y de 7:30 am a 12:30 pm los días sábados, durante este horario los equipos están operando o están listos para operar, esperando el momento en que sean requeridos dentro de las instalaciones de la Municipalidad, por lo cual se les consideran horas programadas. Referente a las semanas laborales anuales, se tiene un ciclo de 52 semanas anuales de trabajo por lo que se tiene la siguiente tabla para hallar las horas programadas anuales.

Tabla 5. 5 OBTENCIÓN DE LAS HORAS PROGRAMADAS ANUALES A PARTIR DE LAS HORAS PROGRAMADAS SEMANALES Y LAS SEMANAS LABORALES ANUALES

Equipo	Horas programadas semanales	Semanas laborales anuales	Horas programadas anuales
Cargador frontal	40 horas	52 semanas	2080 horas
Motoniveladora	40 horas	52 semanas	2080 horas
Compactador	40 horas	52 semanas	2080 horas
Minicargador	40 horas	52 semanas	2080 horas
Camión volteador (ECAMCV05)	40 horas	52 semanas	2080 horas
Camión volteador (ECAMCV06)	40 horas	52 semanas	2080 horas

Fuente: Elaborada en base a la información brindada por la Municipalidad Distrital de Ventanilla

La tabla 5.5 muestra las horas programadas semanales comúnmente designadas para la operación de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla, también se muestra el número de semanas consideradas en un año laboral común dentro del Municipio de

Ventanilla, realizando un producto de estos valores para cada uno de los equipos se obtiene las horas programadas anuales.

Para la obtención de la disponibilidad se utilizaron los valores obtenidos en las tablas 5.4 y 5.5 los cuales serán reemplazados en la formula siguiente:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Horas programadas} - \text{Horas de parada por MP}}{\text{Horas programadas}}$$

Esta relación se utilizó para la obtención de los valores de disponibilidad de la tabla 5.6 que se muestra a continuación.

Tabla 5. 6 PROYECCIÓN DE VALORES DE DISPONIBILIDAD A PARTIR DE HORAS PROGRAMADAS ANUALES Y HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROYECTAS EN UN AÑO

Equipo	Horas programadas anuales	HPMP totales proyectadas en un año	Disponibilidad proyectada de equipo anual
Cargador frontal	2080 horas	166 horas	92 %
Motoniveladora	2080 horas	172.5 horas	91.7%
Compactador	2080 horas	166 horas	92%
Minicargador	2080 horas	154.5 horas	92.6%
Camión volteador (ECAMCV05)	2080 horas	154.5 horas	92.6%
Camión volteador (ECAMCV06)	2080 horas	154.5 horas	92.6%

Fuente: Elaborada en base a los resultados obtenidos en las tablas 5.4 y 5.5

HPMP: horas de parada por mantenimiento preventivo.

La tabla 5.6 nos muestra los valores inferidos o proyectados para la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla, estos valores están por encima del 91%, lo cual se podría tomar como un valor base, ya que se podría ver afectado por tiempos por mantenimientos correctivos, sin embargo tener un valor por encima del 91% proporcionó un valor bastante aceptable que se proyectó para la operación de los equipos y que estos atiendan de la mejor manera a los pobladores Ventanillenses.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y Demostración de la Hipótesis con los Resultados

En la tabla 5.6 se obtuvieron valores de disponibilidad anual proyectados para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla, estos valores derivados del plan de mantenimiento diseñado están por encima del valor de 91.5% que es considerado un valor acertadamente proyectado como de línea base para la disponibilidad de los equipos el cual permitirá al Municipio atender las necesidades de la población.

Por medio del establecimiento de las tareas de mantenimiento y la realización del análisis de criticidad se logró alcanzar la asignación de las horas de parada por mantenimiento preventivo, tanto para el plan de mantenimiento preventivo 1 (PM1) y para el plan de mantenimiento preventivo 2 (PM2), lo cual se muestra en el desarrollo de dichos planes en la sección de resultados descriptivos de la Tesis.

6.2. Contrastación de Resultados con otros Estudios Similares

Los resultados obtenidos en la presente Tesis referidos a la disponibilidad se contrastaron con los resultados obtenidos en la tesis denominada **“Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi”** que se presentó en la Universidad Tecnológica del Perú en el año 2018 y que tiene como autores a (Espinoza Gamarra, y otros, 2018).

Espinoza Gamarra y Quispe Pichiule tomaron como unidad de análisis un grupo de 10 máquinas pesadas las cuales fueron 2 cargadores frontales, 2 tractores orugas, 1 retroexcavadora, 1 excavadora, 1 motoniveladora, 1 rodillo y 2 volquetes. Se implementó el plan de mantenimiento preventivo por 2 meses, diciembre y enero del 2017 y 2018 respectivamente, y se estimaron valores de disponibilidad para el resto del año 2018 a partir de una consideración de 180 horas de programación al mes para cada máquina durante 13 meses, incluyendo los 2 meses de implementación, con lo que se obtuvo un valor de 2340 horas programadas por el Municipio

de Curahuasi para cada maquinaria durante los 13 meses ya mencionados. Se establecieron valores para las horas de mantenimiento preventivo y valores para las horas por revisiones con esto se obtuvieron valores de disponibilidad tal como se muestra a continuación en la imagen extraída de la propia Tesis.

Figura 6. 1 OBTENCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD A PARTIR DE LAS HORAS PROGRAMADAS Y LAS HORAS DE PARADA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN UN ESTUDIO SIMILAR

n°	Maquinaria	Modelo	Horas programadas	H.M.P	H.R.	Disponibilidad
1	Tractor oruga	D6TXL	2340	21	104	94.7%
2	Tractor oruga	D7G	2340	9	104	95.2%
3	Retroexcavadora	580SN	2340	17	104	94.8%
4	Excavadora	CX350B	2340	21	104	94.7%
5	Cargador frontal	821F	2340	26	104	94.4%
6	Cargador frontal	WA180-3	2340	24	104	94.5%
7	Motoniveladora	GD-555-5	2340	23	104	94.6%
8	Rodillo	CA-250-B	2340	12	104	95.0%
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB	2340	19	104	94.7%
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	2340	9	104	95.2%

Tabla 51: Disponibilidad de las unidades esperada para el año 2018 (Elaboración propia.)

H.M.P: Horas de mantenimiento preventivo al año.

H.R: Horas de parada por revisiones

Para el análisis de la disponibilidad de la maquinaria se empleó la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad(\%) = \frac{\text{horas programadas} - \text{horas de parada}}{\text{horas programadas}}$$

Ejemplo disponibilidad de la unidad cargador frontal modelo D6TXL

$$Disponibilidad(\%) = \frac{2340 - (21 + 104)}{2340}$$

$$Disponibilidad = 94.7\%$$

Fuente: Basado en la tesis “Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi” (Espinoza Gamarra, y otros, 2018)

Tabla 6. 1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON UN ESTUDIO SIMILAR

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA				IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI			
Equipo	Horas programadas	HPMP proyectadas en un año	Disponibilidad proyectada en un año	Equipo	Horas programadas	HPMP proyectadas en un año	Disponibilidad proyectada en un año
Cargador frontal	2080	166	92%	Tractor oruga	2340	125	94.7%
Motoniveladora	2080	172.5	91.7%	Tractor oruga	2340	113	95.2%
Compactador	2080	166	92%	Retroexcavadora	2340	121	94.8%
Minicargador	2080	154.5	92.6%	Excavadora	2340	125	94.7%
Camión volteador (ECAMCV05)	2080	154.5	92.6%	Cargador frontal	2340	130	94.4%
Camión volteador (ECAMCV06)	2080	154.5	92.6%	Cargador frontal	2340	128	94.5%
				Motoniveladora	2340	127	94.6%
				Rodillo	2340	116	95%
				Volquete	2340	123	94.7%
				Volquete	2340	113	95.2%

Fuente: Elaborado en base a los resultados de la presente Tesis y los resultados de un estudio similar.

HPMP: Horas de parada por mantenimiento preventivo.

La tabla 6.1 muestra esencialmente valores referidos a la disponibilidad, existe una diferencia entre dichos valores en ambas tesis, ya sea por el número de horas de parada por mantenimiento preventivo establecidas en cada una de las tesis o por las frecuencias establecidas para la realización de las tareas, se puede inferir la existencia de esta diferencia porcentual en la disponibilidad, ya que en la tesis aplicada a la maquinaria pesada del distrito de Curahuasi se establecieron frecuencias de 250, 500, 1000, 1500 y 2000 horas, sin embargo, en la presente Tesis, aplicada a los equipos camineros del Municipio de Ventanilla, se establecieron frecuencias de ejecución semanales para las tareas de inspección, y para las tareas de lubricación y cambio de componentes se establecieron frecuencias de 80, 750, 1500 y 2000 horas, lo cual hace que existan diferencias en el valor de la disponibilidad de una de las tesis respecto con la otra, tal como se muestra en la tabla.

6.3. Responsabilidad Ética de acuerdo a los Reglamentos Vigentes

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en el informe final de la tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su Incidencia en la Disponibilidad de los Equipos Camineros de la Municipalidad de Ventanilla” de acuerdo a las normas y reglamentos vigentes de la Universidad Nacional del Callao.

CONCLUSIONES

1. Mediante el diseño del plan de mantenimiento preventivo se incidió en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla, utilizando una relación amoldada al contexto operacional de los equipos, se proyectaron valores de disponibilidad superiores al 91.5%, estos valores fueron considerados como valores base, valores que podrían verse afectados por la ocurrencia de mantenimientos correctivos durante el año de implementación del plan de mantenimiento preventivo.
2. Mediante el establecimiento de las tareas de mantenimiento preventivo basados en el conocimiento de los equipos el cual se obtuvo del desarrollo de fichas técnicas y de un diagnóstico básico de los sistemas de los equipos, se pudo asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP), estas horas de parada se asignaron básicamente en tareas de inspección, limpieza, lubricación y cambio de componentes.
3. Mediante el análisis de criticidad basado en el modelo semicuantitativo de criticidad total por riesgo se jerarquizó a los equipos teniendo un conocimiento de la importancia que tiene un equipo respecto del otro lo que brindó un soporte para la asignación de las horas de parada por mantenimiento preventivo (HPMP) para cada equipo caminero con el fin de plasmarlo en el plan de mantenimiento preventivo.

RECOMENDACIONES

1. Para el cumplimiento de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo y que se obtengan los resultados proyectados para la disponibilidad se recomienda a la Oficina de Maestranza del Municipio realizar capacitaciones continuas al personal involucrado con las actividades de mantenimiento.
2. Para un seguimiento permanente de las tareas y de sus horas de parada por mantenimiento preventivos se recomienda a la Oficina de Maestranza del Municipio tener un formato donde se realicé un seguimiento continuo de la ejecución y la toma de tiempos de las tareas del plan de mantenimiento ejecutadas, también para tener un mejor monitoreo de la condición de los equipos se recomienda agregar tareas de mantenimiento predictivo como el análisis de aceites.
3. Ya que los factores ponderados en el análisis de criticidad podrían variar en el tiempo y un equipo que fue considerado de grado no crítico, durante el desarrollo de la Tesis, podría pasar a ser de grado de media criticidad o de grado crítico, se recomienda realizar un análisis de criticidad para los equipos camineros cada 2 años, se podría utilizar el mismo modelo expuesto en la Tesis, con esto también se debería modificar la asignación de horas de parada por mantenimiento preventivo para las tareas de cada equipo caminero con lo que el plan de mantenimiento expuesto en la presente Tesis también debería modificarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amable Salazar, Jhonatan Breajan. 2017.** Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Centro. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de 11 de 2020.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1634>.
- Arias Odón, Fidas. 1999.** *El Proyecto de Investigación Guía para su Elaboración*. Tercera . Caracas : EPISTEME, C.A., 1999. pág. 96.
- Avila Hernandez , Melvin Ricardo. 2016.** Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de Guatemala. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de 11 de 2020.] <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5761/>.
- British Standard. 1993.** Maintenance Management. [En línea] 1993. [Citado el: 15 de 01 de 2021.] <https://maintenancemgmt.wordpress.com/tag/maintenance-definition-types/>.
- Castela, Francisco. 2017.** Mantenimientoindustrialweb. [En línea] 28 de 06 de 2017. [Citado el: 20 de 01 de 2021.] <https://mantenimientoindustrialweb.wordpress.com/2017/06/28/tareas-del-mantenimiento/>.
- Caterpillar. 2021.** Página Web Oficial de Caterpillar. [En línea] 2021. [Citado el: 01 de 02 de 2021.] https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/skid-steer-and-compact-track-loaders/skid-steer-loaders/30056688546281.html.
- . 2021. Página Web Oficial de Caterpillar. [En línea] 2021. [Citado el: 20 de 01 de 2021.] https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18277446.html#.
- Espinoza Gamarra, Ciro Fabricio y Quispe Pichiule, Francisco. 2018.** Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica del Perú. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de 10 de 2020.] <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/1295>.
- Espinoza Montes, Ciro. 2010.** *Metodología de la Investigación Tecnológica*. Huancayo : s.n., 2010. pág. 189.
- García Garrido, Santiago. 2014.** Blog de Mantenimiento - RENOVETEC. [En línea] 24 de 05 de 2014. [Citado el: 03 de 01 de 2021.] <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>.
- . 2014. Blog de Mantenimiento - RENOVETEC. [En línea] 24 de 05 de 2014. [Citado el: 05 de 01 de 2021.] <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento/130-elaboraci%C3%B3n-de-planes-de-mantenimiento>.
- García Garrido, Santiago. 2013.** Instituto Renovetec de Ingeniería del Mantenimiento. [En línea] 04 de 12 de 2013. [Citado el: 10 de 02 de 2021.]

<http://www.renovetec.com/irim/sobre-mantenimiento/planes-de-mantenimiento/que-es-un-plan-de-mantenimiento>.

Gomez de León, Felix Cesáreo. 1998. *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. Murcia : Universidad de Murcia, 1998. pág. 341.

González Fernández, Francisco Javier. 2005. Terminología del Mantenimiento. *Teoría y Practica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Segunda. Madrid : FUNdación Confemetal, 2005.

Gramsh, Ernesto. 2008. Página Web Oficial de BSGINSTUTE. [En línea] 24 de 10 de 2008. [Citado el: 01 de 02 de 2021.] <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Definiciones-de-Mantenimiento-en-las-Normas-11>.

Guerrero Roldán, Félix. 2009. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Callao. [En línea] 25 de 09 de 2009. [Citado el: 08 de 02 de 2021.] <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2127>.

Instituto Nacional Geográfico. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 25 de 01 de 2021.] <https://es.wikipedia.org/wiki/Callao>.

Komatsu. 2019. Komatsu Latinoamerica. [En línea] 2019. [Citado el: 02 de 11 de 2020.] <https://webklat.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2019/10/11172908/Cat%C3%A1logo-Cargador-Frontal-WA380-6-esp-digital.pdf>.

—. **2019.** Komatsu Latinoamérica. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 11 de 2020.] <https://webklat.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2019/07/26143728/Cat%C3%A1logo-Motoniveladora-GD535-5-KLTD-esp%C3%B1ol-digital.pdf>.

Mora Gutiérrez, Alberto. 2009. *Mantenimiento planeación, ejecución y control*. México D.F. : Alfaomega, 2009. pág. 528.

Municipalidad Distrital de Ventanilla. 2020. Página de Facebook Oficial de la Municipalidad de Ventanilla. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de 01 de 2021.] <https://www.facebook.com/watch/MuniVentanilla/>.

—. **2020.** Página Web Oficial de la Municipalidad Distrital de Ventanilla. [En línea] 2020. [Citado el: 08 de 02 de 2021.] <https://muniventanilla.gob.pe/municipalidad/#mision-vision>.

Nichols, Herbert, L. Jr. . 1993. *Manual de Reparación y Mantenimiento de Maquinaria Pesada*. s.l. : McGraw-Hill, 1993. pág. 326. Vol. Número 2.

Parra Márquez, Carlos y Crespo Márquez, Adolfo. 2012. Mantenimiento Mundial. [En línea] 2012. [Citado el: 25 de 10 de 2020.]

<http://www.mantenimientomundial.com/notas/Metodos-basicos-de-criticidad-activos.pdf>.

Pico Leguízamo, Cristian Rafael. 2011. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de 12 de 2020.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1667>.

Pontificia Universidad Católica del Perú. Diplomatura de Especialización en Gestión de Maquinaria Pesada. Lima, Perú : s.n.

RMB Sateci. 2014. Página Web Oficial de RMB Sateci. [En línea] 2014. [Citado el: 01 de 02 de 2021.] <http://rmbSateci.com.pe/website/construccion.php>.

Rubio Pacheco, William Alfonso. 2019. Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación de la Universidad Santo Tomás. [En línea] 2019. [Citado el: 30 de 10 de 2020.] <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/19188>.

Scania. 2020. Página Web Oficial de SCANIAENLINEA.PE. [En línea] 2020. [Citado el: 30 de 01 de 2021.] <https://www.scaniaenlinea.pe/camiones.php>.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CAMINEROS DE LA MUNICIPALIDAD DE VENTANILLA							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
GENERAL			Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo	Tareas de mantenimiento preventivo	Tiempo invertido por tarea de mantenimiento	Tipo de Investigación: Tecnológica.	Técnica: Documental.
¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita incidir acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla?	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita incidir acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla	El diseño del plan de mantenimiento preventivo incide acertadamente en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.					
ESPECIFICOS							
¿Cómo establecer las tareas de mantenimiento preventivo que permitan asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla?	Establecer las tareas de mantenimiento preventivo que permitan asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla	Las tareas de mantenimiento preventivo permitirán asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.	Análisis de criticidad	Grado de criticidad.	Diseño de Investigación: Pre experimental.	Método de la Investigación: Analítico lógico deductivo con un enfoque sistémico.	Instrumentos:
¿Cómo realizar un análisis de criticidad que permita asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla?	Realizar un análisis de criticidad que permita asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla	El análisis de criticidad permitirá asignar acertadamente las horas de parada por mantenimiento preventivo para los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla.					

Fuente: Elaborado en base a los planteamientos de la Tesis.

ANEXO 2. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - CARGADOR FRONTAL

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA	FICHA ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO
DATOS GENERALES DEL EQUIPO	
Denominación:	Cargador Frontal
Marca:	Komatsu
Modelo:	WA380
Potencia Bruta:	143 KW – 192 HP
Potencia Neta:	142 KW – 191 HP
País de Origen:	Japón
DIMENSIONES DEL EQUIPO	
Ancho sobre neumáticos:	2695 mm
Distancia entre ejes:	3300 mm
Altura sobre cabina:	3325 mm
	
MOTOR	
Modelo:	SAA6D107E-1
Número de cilindros:	6
Potencia:	142 kW - 191 hp
RPM nominal:	2100 rpm
SISTEMA DE FRENOS	
Accionamiento:	Hidráulico
Freno de servicio:	Frenos húmedos de discos múltiples en las cuatro ruedas
Freno de estacionamiento:	Frenos húmedos de discos múltiples
Freno de emergencia:	Freno de estacionamiento
SISTEMA HIDRÁULICO	
Bomba de dirección:	Bomba de pistones
Cilindros hidráulicos de dirección:	Doble efecto, tipo pistón x (2)
Bomba de cuchara:	Bomba de pistones
Cilindros hidráulicos de elevación:	Doble efecto, tipo pistón x (2)
Cilindro hidráulico de la cuchara:	Doble efecto, tipo pistón x (1)
Mangueras hidráulicas:	Con sello de cara plana con O-ring
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería:	2 x 12 V / 136 ah
Alternador:	60 A.
Motor de arranque:	5,5 kW / 24 V.
CAPACIDADES DE RECARGA	
Sistema de enfriamiento:	30,5 L
Tanque de combustible:	300 L
Motor:	23 L
Sistema Hidráulico:	139 L
Eje (Cada uno, delantero y Trasero):	40 L
Convertidor de torque y transmisión:	38 L
CARACTERÍSTICAS DE LA CUCHARA	
Capacidad:	2,7 - 4,0 m ³
Altura de volteo:	2885 mm
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
Tipo de transmisión:	Automático
Tracción:	Tracción en las cuatro ruedas
Engranaje de reducción:	Engranajes cónicos helicoidales
Engranaje de diferencial:	Convencional
Engranaje de reducción final:	Engranaje planetario
Convertidor de Torque:	De 3 elementos

Fuente: Elaborado en base al catálogo digital de (Komatsu, 2019)

ANEXO 3. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - MOTONIVELADORA

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA	FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO
DATOS GENERALES DEL EQUIPO	
Denominación:	Motoniveladora
Marca:	Komatsu
Modelo:	GD535
Potencia Bruta:	115 KW – 154 HP
Potencia Neta:	108 KW – 145 HP
País de Origen:	Japón
DIMENSIONES DEL EQUIPO	
Ancho sobre neumáticos:	2455 mm
Longitud general:	9880 mm
Altura sobre cabina:	3250 mm
	
MOTOR	
Modelo:	SAA6D107-E
Número de cilindros:	6
Potencia neta:	108 kW - 145 HP
RPM nominal:	2000 rpm
Enfriamiento:	Por agua
SISTEMA DE FRENOS	
Accionamiento:	Hidráulico
Freno de servicio:	Frenos húmedos de disco múltiples
Freno de estacionamiento:	Frenos húmedos de discos múltiples
Freno de emergencia:	Freno de estacionamiento
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería:	2 x 12 V / 112 Ah
Alternador:	24V / 35 A
SISTEMA HIDRÁULICO	
Bomba de dirección:	De engranajes en tándem
Cilindros de dirección:	Doble efecto, tipo pistón x (2)
Bomba de la hoja:	De engranaje en tándem
Cilindros de inclinación de hoja:	Doble efecto, tipo pistón x (2)
Cilindro de cambio de hoja:	Doble efecto, tipo pistón x (1)
Cilindro de Ripper:	Doble efecto, tipo pistón x (1)
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
Modo de transmisión:	Manual - automático
Mando Tándem:	En las 4 ruedas posteriores
Convertidor de torque:	En modo automático
Oscilación del tándem:	11° en avance, 13° en retroceso
Oscilación del eje delantero:	32°
Neumáticos:	14.00 - 24
CAPACIDADES DE RECARGA	
Sistema de enfriamiento:	24 L
Tanque de combustible:	271 L
Cárter del motor:	23, 1 L
Sistema hidráulico:	51,5 L
Transmisión:	45 L
Transmisión final:	13 L
CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA	
Dimensiones:	3710 mm x 645 mm x 16 mm
Radio del arco:	329 mm
Angulo máximo de la hoja derecha - izquierda:	90°
Ángulo de oscilación de la hoja:	40° adelante, 5° atrás

Fuente: Elaborado en base al catálogo digital de (Komatsu, 2019)

ANEXO 4. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - RODILLO COMPACTADOR

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA	FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO
DATOS GENERALES DEL EQUIPO	
Denominación:	Rodillo Compactador
Marca:	Caterpillar
Modelo:	CS54B
Potencia bruta:	98 kW
DIMENSIONES DEL EQUIPO	
Ancho total:	2300 mm
Distancia entre ejes:	2900 mm
Ancho del tambor:	2134 mm
Altura con cabina:	3110 mm
Longitud Total:	5850 mm
Diámetro tambor:	1534 mm
	
SISTEMA MOTOR	
Modelo:	Diesel CAT C4.4
Potencia bruta:	98 kW
Paquete de enfriamiento:	Tipo abatible
Cambio de aceite:	500 horas
Ventilador:	Velocidad variable
SISTEMA VIBRATORIO	
Amplitud nominal:	0.95 - 1.9 mm
Frecuencias:	23.3 – 30.5 Hz
Fuerza centrífuga:	133 – 234 kN
Rodillo:	Liso
CONTRAPESOS	
Tipo:	Excéntrico encapsulado
Mantenimiento:	3000 horas – 3 años
CABINA	
Tipo:	FOPS
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
Ancho de compactación:	2134 mm
Velocidad máxima:	11 km/h
PESOS OPERATIVOS	
Equipo en trabajo:	10555 kg
Rodillo en trabajo:	5880 kg.

Fuente: Elaborado en base a las especificaciones técnicas expuestas en la página web oficial de **(Caterpillar, 2021)**.

ANEXO 5. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - MINICARGADOR

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA	FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO
DATOS GENERALES DEL EQUIPO	
Denominación:	Minicargador
Marca:	Caterpillar
Modelo:	236D
Potencia bruta:	55.4 kW
DIMENSIONES DEL EQUIPO	
Ancho sobre ruedas:	1676 mm
Distancia entre ejes	1105 mm
Altura con cabina:	2082 mm
Longitud total con cucharón en suelo:	3487 mm
SISTEMA MOTOR	
Tipo:	Motor Diesel
Modelo:	CAT 3.3B
Potencia bruta:	55.4 kW
Cilindrada	3.3 L
Carrera del pistón:	120 mm
Par máximo a 1500 rpm:	265 Nm
TREN DE FUERZA	
Transmisión:	Por cadena
Tracción:	En las 4 ruedas
Bomba	Bomba hidrostática (X2)
Motor	Motor hidrostático (X2)
Velocidad estándar de desplazamiento:	Entre 11 km/h y 17.1 km/h
Neumáticos:	10 x 16.5
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
Capacidad nominal de operación:	820 kg.
Peso en orden de trabajo	2979 kg.
Carga límite de equilibrio	1635 kg.
Fuerza de desprendimiento del cilindro inclinación:	2269 kg
CAPACIDAD DE LLENADO	
Caja de cadenas cada lado:	8.8 L.
Sistema de enfriamiento:	14 L.
Cárter del motor:	11 L
Tanque de combustible:	94 L.
Sistema hidráulico:	50 L
Tanque hidráulico:	39 L.
CABINA	
Tipo:	FOPS
SISTEMA HIDRÁULICO	
Bomba:	Estándar de engranajes
Flujo hidráulico estándar del cargador:	76 L/min
Presión hidráulica máxima del cargador:	23000 kPa
SISTEMA ELÉCTRICO	
Alternador:	95 amp.
Motor de arranque:	4.0 kW
Batería:	12 V, 1000 CCA para arranque en frío a - 18°C



Fuente: Elaborado en base a las especificaciones técnicas expuestas en la página web oficial de **(Caterpillar, 2021)**.

ANEXO 6. FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO - CAMIÓN VOLTEADOR

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VENTANILLA	FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO
DATOS GENERALES DEL EQUIPO	
Denominación:	Camión volteador
Marca:	Scania
Modelo:	P450
País de origen:	Suecia
MOTOR	
Modelo:	DC13 450
Potencia máxima:	450 CV (331 kW)
Revoluciones a potencia máxima:	1900 rpm
Par máximo:	2350 Nm
Cilindrada:	12.7 dm ³
Sistema de inyección:	Scania XPI
Nivel de emisión:	Euro 5
TRANSMISIÓN	
Caja de cambios:	Mecánica
Accionamiento:	Automático
Marchas:	12 + 2 adelante / 2 reserva
Tipo de tracción:	6 x 4
Tipo de diferencial:	Con reducción de cubos
Relación de reducción:	5.36
CAPACIDAD DE RECARGA	
Tanque de combustible:	1 x 300 + 1 x 150 L.
Tanque de reductor:	47 litros
NEUMÁTICOS Y AROS	
Medida de aros	8.5x24
Material de aros	acero
	
FRENOS	
Tipo:	Tambor
Control:	Neumático
SUSPENSIÓN DELANTERA	
Tipo	Muelles 4 x 28 mm
Capacidad técnica	9000 kg
SUSPENSIÓN POSTERIOR	
Tipo:	Muelles 5 x 48/90 mm
Capacidad técnica:	32000 kg

Fuente: Elaborado en base a las especificaciones técnicas expuestas en la página web oficial de (Scania, 2020)

ANEXO 7. HOJA DE CRITICIDAD

HOJA DE CRITICIDAD																																													
EQUIPO:																																													
Criterios					Ponderación																																								
Factor de frecuencia de fallos (FF) (escala 1 – 4)																																													
Frecuente: mayor a 2 eventos al año																																													
Promedio: 1 y 2 eventos al año																																													
Bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año																																													
Excelente: menos de 0,5 eventos al año																																													
Factor de consecuencia (C)																																													
Impacto Operacional (IO) (escala 1 - 10)																																													
Pérdidas de producción superiores al 75%																																													
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%																																													
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%																																													
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%																																													
Pérdidas de producción menor al 10%																																													
Impacto por Flexibilidad Operacional (FO) (escala 1 - 4)																																													
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.																																													
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios																																													
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.																																													
Impacto en Costes de Mantenimiento (CM) (escala 1 - 2)																																													
Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares.																																													
Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares.																																													
Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (escala 1 - 8)																																													
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.																																													
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.																																													
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.																																													
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.																																													
FF	IO	FO	CM	SHA	$C = (IO \times FO) + CM + SHA$	$CTR = FF \times C$																																							
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">FRECUENCIA</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: red;">C</td> <td style="background-color: red;">C</td> <td style="background-color: red;">C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: red;">C</td> <td style="background-color: red;">C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="background-color: white;">NC</td> <td style="background-color: white;">NC</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: red;">C</td> <td style="background-color: red;">C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="background-color: white;">NC</td> <td style="background-color: white;">NC</td> <td style="background-color: white;">NC</td> <td style="background-color: yellow;">MC</td> <td style="background-color: red;">C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">CONSECUENCIA</td> </tr> </table>					FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C	3	MC	MC	MC	C	C	2	NC	NC	MC	C	C	1	NC	NC	NC	MC	C			10	20	30	40	50			CONSECUENCIA					CONCLUSIÓN DE CRITICIDAD: 	
FRECUENCIA	4	MC	MC	C		C	C																																						
	3	MC	MC	MC		C	C																																						
	2	NC	NC	MC		C	C																																						
	1	NC	NC	NC	MC	C																																							
		10	20	30	40	50																																							
		CONSECUENCIA																																											

Fuente: Elaborado en base al Modelo de Criticidad Semicuantitativo de Criticidad Total por Riesgo expuesto en el documento “Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicadas en el Proceso de Gestión de Activos” de (Parra Márquez, y otros, 2012).