

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO
AUTOMOTRIZ**

PROYECTO TÉCNICO

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO
CAMINERO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA”**

AUTORES:

**JULIO GUSTAVO CHICAIZA PACHITO
ROYER ALEJANDRO YAGUANA GUALÁN**

TUTOR:

ING. RAFAEL WILMER CONTRERAS URGILES, MSC.

CUENCA – ECUADOR

2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Julio Gustavo Chicaiza Pachito con documento de identificación N° 100417466-8 y Royer Alejandro Yaguana Gualán con documento de identificación N° 110535697-4, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales, en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación denominado: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO CAMINERO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de : Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Julio Gustavo Chicaiza Pachito

CI: 1004174668-8



Royer Alejandro Yaguana Gualán

CI: 110535697-4

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO CAMINERO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA”**, realizado por los autores Julio Gustavo Chicaiza Pachito y Royer Alejandro Yaguana Gualán, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2018



Ing. Rafael Wilmer Contreras Urgiles, MSc.

CI: 010446332-8

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Julio Gustavo Chicaiza Pachito con documento de identificación N° 100417466-8 y Royer Alejandro Yaguana Gualán con documento de identificación N° 0488988-4, autores del trabajo de Titulación: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO CAMINERO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA”**, certificamos que el total contenido de este Proyecto Técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2018



Julio Gustavo Chicaiza Pachito

CI: 1004174668-8



Royer Alejandro Yaguana Gualán

CI: 110535697-4

DEDICATORIA

Dedico esta Proyecto Técnico a mis padres Cesar Julio Chicaiza Cacuango y María Elena Pachito Perugachi que siempre me apoyaron incondicionalmente, a pesar de las situaciones económicas que carecía la familia para poder cumplir mis sueños de llegar a ser un profesional.

A mis hermanos Ernesto, Gladys, Hilda y demás familiares en general por el apoyo moral que me brindaron en el transcurso de la carrera universitaria

Julio Gustavo

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme dado el regalo de la vida, la fortaleza frente a cada obstáculo y la perseverancia para continuar.

A mi familia

De quien también es el triunfo, por confiar en mis capacidades y ser el pilar fundamental en mi formación, al enseñarme el verdadero sentido de la unión, la bondad, la perseverancia y el sacrificio.

Royer Alejandro

AGRADECIMIENTO

A mi Dios todopoderoso por ayudarme a llegar obtener esta bendición y por todas las
que derrama en mí, durante mi vida.

Agradezco a mis queridos padres Elena y Julio por haberme dado la oportunidad de
cumplir mis sueños con la sabiduría, con el esfuerzo me han sabido guiar durante toda
la etapa de mi vida.

A mis hermanos, tíos, abuelos y familiares en general que me brindaron con un granito
de arena durante la etapa de preparación universitaria para que sea más sencillo la
formación académica.

A mi novia por todas las cosas, que a pesar de la distancia ha sido un pilar fundamente
en mis momentos de lucha por alcanzar mis sueños con su amor, paciencia y carisma
me ha sabido acompañar durante este camino.

Al Consejo Provincial de Imbabura por la ayuda prestada al facilitar la información
necesaria para poder llevar a cabo este trabajo

Agradezco también a mi asesor de Proyecto Técnico al Ing. Rafael Wilmer Contreras
MSc. Por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad, conocimiento
científico, experiencia y paciencia permitió terminar mis estudios con éxito.

A mis compañeros, amigos y en especial al compañero de la fórmula Royer Yaguana
por brindarme todo su apoyo y confianza durante el desarrollo de este trabajo.

Julio Gustavo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por tener la oportunidad de culminar otra etapa de mi vida de manera exitosa.

A mi mama Elena y mi papa Joaquín por su amor, apoyo y dedicación llena de sacrificio, quienes han sido parte fundamental en mi formación y gracias a quienes tuve la oportunidad de realizar mis estudios.

A mis abuelitas, tías, tíos y demás familiares, quienes me han apoyado incondicionalmente y para quienes su esfuerzo se refleja fructífero por este logro alcanzado.

Al Ing. Rafael Wilmer Contreras MSc por su gran apoyo y disposición para la dirección y culminación de este proyecto técnico de manera exitosa.

Al Consejo Provincial de Imbabura por la ayuda prestada al facilitar la información necesaria para poder llevar a cabo este trabajo.

A todos los profesores que me han aportado conocimientos, a lo largo de mi desarrollo académico, mil gracias por sentar las bases firmes de todos los conocimientos necesarios.

A todas mis compañeros, amigos y personas con quienes compartí experiencias constructivas de esfuerzo, compañerismo, solidaridad, unión, fortaleza y sacrificio.

Royer Alejandro

RESUMEN

El presente proyecto muestra la propuesta de un Plan de Mantenimiento para el equipo caminero del Consejo Provincial de Imbabura (GPI). Desde la recopilación de los históricos de la información de cada máquina, hasta la evaluación final de factibilidad.

Se inicia con la búsqueda de información acerca del mantenimiento, bibliografía y trabajos similares, que permitan establecer un formato de referencia, de esta revisión se asignan los parámetros a considerar en el plan de mantenimiento a elaborar.

Luego se establece un formato para recolección de datos, el cual se elabora específicamente para dos tipos de maquinaria, la semipesada comprendida por: volquetes, plataformas, tanqueros; y la pesada comprendida por: tractores, motoniveladoras, cargadoras, mini cargadoras, retroexcavadoras, excavadoras y rodillos; cada formato se diseña acorde a los sistemas con los que cuentan los equipos a analizar, una vez establecido el formato, mediante trabajo de campo se procede a revisar los documentos físicos de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, tales como ordenes de trabajo, proformas, registros de compras, manuales de máquinas, manuales de funciones y software de registro GPIcar.

Para facilitar el análisis se elabora un programa que permita analizar los datos obtenidos, basados en criterios de Pareto y variables CMD, de manera que se pueda priorizar las máquinas críticas, los sistemas con mayor número de fallos y los costos de cada elemento, de manera específica para cada sistema, elemento y máquina.

Realizado el análisis se procede a la elaboración del plan de mantenimiento, orientado a la optimización de los procesos tanto en las áreas administrativas como en el área técnica de talleres, donde se propone la distribución estratégica de las instalaciones y la capacitación del personal, adicional a esto, se elabora la planificación de mantenimiento, a los distintos intervalos recomendados por el fabricante y se le agrega revisiones adicionales, basándose en las frecuencias de fallos determinadas del histórico de mantenimiento.

Por último, se establece una actividad a evaluar, empleando una matriz de decisión, para demostrar la necesidad de un Plan de mantenimiento y el impacto que tiene, tanto a nivel productivo como económico.

ABSTRACT

This present project shows “La propuesta de un Plan de Mantenimiento de equipo caminero del Consejo Provincial de Imbabura (GPI)”. From the collection of the historical information of each machine, up to the final evaluation of feasibility.

It begins with the search of information about the maintenance, bibliography and similar work that will permit the establishment of a reference format, of this review are assigned the parameters to consider in the maintenance plan to develop.

It then sets out a format for data collection, which is made specifically for two types of machinery; semi heavy machinery understood by large vehicles (dump trucks, platforms, tankers) and heavy machinery understood by machines (tractors, motor graders, loaders, mini loaders, backhoes, excavators and rollers) , each format is designed according to the systems that have the equipment to analyze, once established the format, through field work is to review the physical documents of the Head of Maintenance, such as: work orders, form, records of purchases, manuals, manuals of functions and GPIcar logging software.

To facilitate the analysis, it is designed a program to analyze the data obtained, based on the criteria of Pareto and variables CMD, so to be able to prioritize the critical machines, systems with greater number of failures and the cost of each item, specifically for each system, element, and machine.

The elaboration of the maintenance plan, aimed at optimizing of both processes in the administrative areas and in the technical area of workshops, where the strategic distribution of the facilities is proposed and the training of the staff, in addition to this, prepares the maintenance planning, at different intervals recommended by the manufacturer and added reviews additional, based the historical and of the failure frequencies of maintenance.

Finally, sets an activity to be evaluated using a decision matrix, to demonstrate the need for a Maintenance Plan and the impact that has, both productive and economic.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA.....	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Importancia y alcances.....	2
2.3. Sistematización de problema.....	3
2.4. Delimitación.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. GRUPO OBJETIVO	4
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo general	4
5.2. Objetivos específicos.....	4
6. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	5
6.1. Definición de mantenimiento	5
6.2. Objetivos de mantenimiento	7
6.3. Tipos de mantenimiento	8
6.3.1. Mantenimiento correctivo	9
6.3.1.1. Mantenimiento inmediato	9
6.3.1.2. Mantenimiento diferido o programable	9
6.3.2. Mantenimiento preventivo	11
6.3.2.1. Mantenimiento predictivo según condición	12
6.3.2.2. Mantenimiento sistemático o predeterminado	17
6.4. Fallos.....	18
6.4.1. Evolución de la tasa de fallos a lo largo del tiempo	18
6.4.1.1. Juventud. Periodo de fallo infantil	18
6.4.1.2. Madurez. Periodo útil.....	19
6.4.1.3. Envejecimiento	19
6.5. Diagrama de Pareto.....	20
6.6. Variables de mantenimiento	21

6.6.1. Fiabilidad	21
6.6.2. Mantenibilidad	22
6.6.3. Disponibilidad	24
6.7. Toma de decisiones de mantenimiento	24
7. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA	27
7.1. Misión	27
7.2. Visión	27
7.3. Areas Estrategicas	27
7.4. Ubicación Geográfica	28
7.5. Estructura organizacional.....	29
7.6. Políticas de los departamentos del GPI	30
7.7. Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor	31
7.7.1. Organización de la Jefatura de mantenimiento	31
7.7.2. Infraestructura	32
7.7.2.1. Instalaciones físicas	32
7.7.2.2. Equipos y herramientas	35
7.8. Stock de repuestos	35
7.9. Órdenes y registros.....	37
7.9.1. Fichas técnicas.....	37
7.9.2. Orden de trabajo	38
7.9.3. Pedido de repuestos y materiales.....	40
7.9.4. GPICar (Software de registro)	41
7.10. Organigrama del proceso actual de mantenimiento	42
7.11. Flota vehicular.....	44
7.12. Levantamiento de información	46
7.12.1. División de sistema y subsistema de la maquinaria	46
7.12.2. Clasificación de fallos.....	49
7.13. Resultados de los datos tabulados.....	57
7.14. Análisis de los equipos.....	67
7.14.1. Determinación de criticidad	67
7.14.2. Frecuencia de fallos	75

7.15. Indicadores CMD	85
8. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	92
8.1. Determinación de los aspectos a optimizar	92
8.2. Organización de taller	93
8.2.1. Estructura orgánica de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor ...	93
8.2.2. Procedimientos dentro del taller	94
8.2.3. Orden de trabajo propuesto	97
8.2.4. Distribución del taller	99
8.2.5. Stock de repuestos	101
8.3. Elaboración de la tabla de mantenimiento	102
8.3.1. Codificación de las tareas de mantenimiento	102
8.3.2. Requerimientos de mantenimiento generales	103
8.3.3. Formato de mantenimiento para cada tipo de maquina	104
8.3.4. Programa de mantenimiento	106
9. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO	110
9.1. Determinación de una actividad específica para el análisis comparativo	110
9.2. Comparativa de tiempos operativos actuales y propuestos	112
9.3. Comparativa de costos operativos actuales y propuestos.	117
9.4. Comparativa de índices CMD	119
10. CONCLUSIONES	121
11. RECOMENDACIONES	124
12. BIBLIOGRAFIA	125
13. ANEXOS	127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conceptualización de mantenimiento Fuente: Autores.	7
Figura 2: Tipos de mantenimiento según la terminología UNE EN-13306 Fuente: (Fernández, 2005).	8
Figura 3: Tarea de mantenimiento correctivo Fuente: (Knezevic, 1996).	9
Figura 4: Ventajas de mantenimiento correctivo Fuente: Autores.	11
Figura 5: Tarea de mantenimiento preventivo Fuente: (Knezevic, 1996).	11
Figura 6: Ventajas de mantenimiento preventivo Fuente: Autores.	12
Figura 7: Tarea de mantenimiento predictivo Fuente: (Knezevic, 1996).	12
Figura 8: Ventajas de mantenimiento predictivo Fuente: Autores.	13
Figura 9: Inspección visual. Fuente: (Caterpillar, 2017).	13
Figura 10: Inspección por líquidos penetrantes Fuente: (tallerjbordagaray, 2017).	14
Figura 11: Inspección magnética Fuente: (gyninspecciones, 2017).	15
Figura 12: Inspección radiográfica Fuente: (tallerjbordagaray, 2017).	15
Figura 13: Análisis de vibraciones Fuente: (ieav, 27).	16
Figura 14: Medida de presión Fuente: (Renault 19, 2017).	17
Figura 15: Ventajas de mantenimiento sistemático Fuente: Autores.	18
Figura 16: Curva de la bañera Fuente: (Marín, 2006).	19
Figura 17: Diagrama de pareto Fuente: Autores.	21
Figura 18: Relación entre las variables de mantenimiento Fuente: (Amendola, 2014).	21
Figura 19: Tiempo medio entre fallos y tiempo medio de buen funcionamiento Fuente: (Fernández, 2005).	22
Figura 20: Relación del tiempo de buen funcionamiento con los tiempos técnicos de reparación Fuente: (Fernández, 2005)	23
Figura 21: Diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso. Fuente: (Harris, 2012).	26
Figura 22: Ubicación geográfica de los Talleres del GPI Fuente: Google Maps.	29
Figura 23: Estructura Organizacional del Concejo Provincial de Imbabura Fuente: GPI.	30
Figura 24: Organización de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor Fuente: GPI.	31
Figura 25: Organización de las instalaciones físicas del Departamento de Mantenimiento del GPI Fuente: Autores.	34
Figura 26: Ficha técnica de Equipos Fuente: GPI.	38
Figura 27: Orden de trabajo Fuente: GPI.	39
Figura 28: Pedidos de repuestos y materiales Fuente: GPI.	40
Figura 29: Interfaz GPICar Fuente: GPI.	41
Figura 30: Proceso de mantenimiento GPI Fuente: Autores.	43
Figura 31 : Costos totales de los sistemas de maquinaria semipesada Fuente: Autores	67
Figura 32: Costos totales de los sistemas de maquinaria pesada Fuente: Autores.	68
Figura 33: Pareto de costos versus fallos por sistemas en maquinaria semipesada Fuente: Autores.	69
Figura 34: Pareto de costos versus fallos por sistemas en maquinaria pesada Fuente: Autores.	70

Figura 35: Pareto de costos versus fallos del tren de potencia para maquinaria semipesada Fuente: Autores.....	70
Figura 36: Pareto de costos versus fallos de otros sistemas para maquinaria semipesada Fuente: Autores.....	71
Figura 37: Pareto de costos versus fallos del sistema de suspension para maquinaria semipesada Fuente: Autores.....	71
Figura 38: Pareto de costos versus fallos del sistema de inyeccion para maquinaria semipesada Fuente: Autores.....	72
Figura 39: Pareto de costos versus fallos del tren de potencia para maquinaria pesada Fuente: Autores.....	72
Figura 40: Pareto de costos versus fallos los brazos y accesorios para maquinaria pesada Fuente: Autores	73
Figura 41: Pareto de costos versus fallos del tren de rodaje para maquinaria pesada Fuente: Autores.....	73
Figura 42: Pareto de costos versus fallos del sistema hidráulico para maquinaria pesada Fuente: Autores.....	74
Figura 43: Pareto de costos versus fallos de otros sistemas para maquinaria pesada Fuente: Autores.....	74
Figura 44: Comportamiento e indicadores de la maquina 05-36 Fuente: Autores.....	76
Figura 45: Representación gráfica de los intervalos de buen funcionamiento con los tiempos técnicos de reparación Fuente: Autores	85
Figura 46: Propuesta de organización de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor Fuente: Autores.....	94
Figura 47: Propuesta de organigrama de procedimientos Fuente: Autores.....	96
Figura 48: Orden de trabajo Fuente: Autores.....	98
Figura 49: Propuesta de distribución del Taller del GPI Fuente: Autores.....	100
Figura 50: Formato para imprimir con revisiones generales diarias, y las revisiones específicas de las horas Fuente: Autores.....	106
Figura 51: Programa de plan de mantenimiento pantalla inicial Fuente: Autores.....	107
Figura 52: Ventana de mantenimiento maquinaria semipesada por número de discos Fuente: Autores.....	108
Figura 53: Intervalos de mantenimiento del volquete Hino 05-36 Fuente: Autores..	109
Figura 54: Recorrido actual realizado para ejecución de mantenimientos Fuente: Autores	113
Figura 55: Recorrido de propuesta para ejecución de mantenimientos Fuente: Autores	114
Figura 56: Procedimiento actual para cambio de aceite Fuente: Autores.....	115
Figura 57: Procedimiento actual para cambio de aceite Fuente: Autores.....	116

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos de Mantenimiento Fuente: (Amendola, 2014).	7
Tabla 2: Resumen de tipos de fallos Fuente: Autores.	20
Tabla 3: Niveles de intensidad aplicables en el mantenimiento Fuente: (Harris, 2012).	25
Tabla 4: Departamento del Gobierno Provincial de Imbabura Fuente: GAD Imbabura.	28
Tabla 5: Listado general de equipos y herramientas de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor Fuente: GPI.	35
Tabla 6: Tabla general de repuestos disponible en bodega Fuente: GPI.	36
Tabla 7: Procedimiento de mantenimiento del GPI Fuente: Autores.	42
Tabla 8: Listado general de vehículos propiedad del GPI Fuente: GPI.	45
Tabla 9: Descripción de sistemas del equipo caminero Fuente: Autores.	47
Tabla 10: Formato para clasificación de fallas de maquinaria semipesada Fuente: Autores.	49
Tabla 11: Formato para clasificación de fallas de maquinaria pesada Fuente: Autores.	53
Tabla 12: Resultados de fallos en maquinaria semipesada Fuente: Autores.	57
Tabla 13: Resultados de fallos en maquinaria pesada Fuente: Autores.	59
Tabla 14: Resultados de costos en maquinaria semipesada parte Fuente: Autores.	61
Tabla 15: Resultados de costos en maquinaria pesada parte Fuente: Autores.	64
Tabla 16: Valores acumulados de los sistemas de maquinaria semipesada Fuente: Autores.	68
Tabla 17: Valores acumulados de los sistemas de maquinaria pesada Fuente: Autores.	69
Tabla 18: Frecuencias de fallos (en horas) para maquinaria semipesada Fuente: Autores.	77
Tabla 19: Frecuencias de fallos (en km) para maquinaria semipesada Fuente: Autores.	80
Tabla 20: Frecuencias de fallos (en horas) para maquinaria pesada Fuente: Autores.	82
Tabla 21: Datos de TBF y TTR volquete 05-36 Fuente: Autores.	86
Tabla 22: Indicadores CMD para maquinaria semipesada Fuente: Autores.	89
Tabla 23: Indicadores CMD para maquinaria pesada Fuente: Autores.	90
Tabla 24: Descripción de la propuesta de flujo de procedimientos Fuente: Autores.	95
Tabla 25: Repuestos prioritarios necesarios en bodega. Fuente: Autores.	101
Tabla 26: Intervalos de mantenimiento maquinaria pesada Fuente: Autores.	103
Tabla 27: Intervalos de mantenimiento maquinaria semi-pesada Fuente: Autores.	103
Tabla 28: Intervalos de mantenimiento general de maquinaria pesada Fuente: Autores.	104
Tabla 29: Intervalos de mantenimiento general de maquinaria semi-pesada Fuente: Autores.	104
Tabla 30: Matriz de decisiones para selección de actividad a evaluar Fuente: Autores.	111
Tabla 31: Comparativa de tiempos actuales - propuestos Fuente: Autores.	117
Tabla 32: Variables para determinar el costo horario de la maquina Fuente: Autores.	117

Tabla 33: Costos detallados de volqueta 5-36 Fuente: Autores	118
Tabla 34: Valores comparativos de la propuesta Fuente: Autores	119
Tabla 35: Comparativa de Índices CMD Fuente: Autores.....	120

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evidencia Fotográfica Fuente: GPI.....	127
Anexo 2: Listado general de flota vehicular Fuente: Autores.....	130
Anexo 3: Lista de repuestos para maquinaria semipesada Fuente: Autores.....	134
Anexo 4: Lista de repuestos para maquinaria semipesada Fuente: Autores.....	137

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fiabilidad	22
Ecuación 2: Mantenibilidad (Tiempo medio de buen funcionamiento)	23
Ecuación 3: Mantenibilidad (Tiempo medio de reparación).....	23
Ecuación 4: Disponibilidad	24
Ecuación 5: Conversión de km a hora	85
Ecuación 6: Tiempo de funcionamiento continuo	88
Ecuación 7: Tiempos técnicos empleados para la reparación	88
Ecuación 8: Cálculo de disponibilidad	89

1. INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial en el siglo XIX, donde se incrementa el uso de máquinas para las actividades de producción, nace la necesidad de preservar y prolongar la vida útil de estas; con el pasar de los años y el creciente avance tecnológico, se incrementan las exigencias respecto a varios aspectos vitales de la cadena de producción, como el mantenimiento, el mismo que con el paso del tiempo, ha llegado a consolidarse como ciencia.

El mantenimiento al ser uno de los pilares fundamentales de la producción, es considerado una actividad independiente, pero de vital interés dentro de la empresa, cuya finalidad es la de aumentar la rentabilidad y vida útil de los equipos e instalaciones; en las instituciones públicas o privadas, se emplean herramientas de gestión y manejo de recursos, una de estas herramientas se la denomina plan de mantenimiento, el mismo que debe elaborarse de manera óptima.

El mantenimiento como una rama de la ingeniería, maneja múltiples variables, entre las que se comprenden la disponibilidad, fiabilidad y la mantenibilidad. Estas variables relacionan los tiempos de mantenimiento con los tiempos de buen funcionamiento, y permiten establecer un valor medible de eficiencia, además de otros valores como las frecuencias de fallos.

Los planes de mantenimiento, basan su estudio en aproximaciones de parámetros matemáticos, en historiales de funcionamiento a lo largo de los años, en recomendaciones del fabricante y en criterios técnicos propios del ingeniero, que pueden ir desde recomendaciones pequeñas, hasta cambios en los procesos de operación de la maquinaria y elaboración de mantenimientos de acuerdo a la necesidad y el estado de cada máquina.

En las empresas que contienen muchos equipos o instalaciones, un incorrecto plan de manejo, produce cada vez mayores costes de mantenimiento y por lo tanto se requiere de un presupuesto superior al de épocas pasadas.

Las mejoras que representa un plan de mantenimiento van desde el funcionamiento óptimo en condiciones normales, hasta la obtención de la máxima productividad en condiciones de menor presupuesto, por lo que implementar uno no debe ser opcional, sino obligatorio y con mayor razón si se trata de instituciones públicas.

2. PROBLEMA

En la recolección de información obtenida directamente de la población y del personal del Departamento de Mantenimiento del Consejo Provincial de Imbabura, varias autoridades señalan que hay una buena organización en el departamento, pero que a veces existen imprevistos y daños en la maquinaria que obligan a detener las obras, lo que genera retrasos y en consecuencia, causa el incremento de costos y malestar de la sociedad debido a la demora en la ejecución de los trabajos.

Además, el personal de operación y los encargados del mantenimiento de los equipos, señalan que, en la ejecución de las obras, el equipo caminero presenta fallas inesperadas como pérdida de potencia, daños en la bomba de inyección, pérdida de líquido hidráulico, daños en la bomba hidráulica, roturas de piezas estructurales, entre otros fallos, los mismos que no pueden ser reparados a tiempo por baja disposición de repuestos en bodega o por la lejanía de las obras.

2.1. Antecedentes

El Consejo Provincial de Imbabura, al ser una entidad a nivel de provincia encargada entre otras cosas de la gestión y el desarrollo vial, cuenta con 121 vehículos en funcionamiento activo, conformados de 49 vehículos livianos, 29 vehículos semipesados y 43 máquinas pesadas, los cuales durante las tareas de operación sufren danos y paradas imprevistas de las obras, por ende, es necesario el control y la planificación optima del mantenimiento que se realiza en la flota vehicular.

2.2. Importancia y alcances

De los registros físicos y en línea de los mantenimientos, se realiza un levantamiento de información para conocer de manera confiable el estado actual de la maquinaria, que permita analizar de manera minuciosa los comportamientos de las fallas y que ayude a estimar los posibles periodos, en los cuales se deben realizar acciones de mantenimiento adicionales a las establecidas por el fabricante, para preservar al máximo el buen estado del equipo caminero. Todo llevado a cabo con una correcta planificación, que garantice la disminución de los tiempos de paradas imprevistas y la disminución de fallos durante el tiempo de vida útil de la maquinaria.

2.3. Sistematización de problema

Durante la operación se detectan fallas en la maquinaria, que son analizadas por personal de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, cuya metodología de diagnóstico y reparación está en función del sector donde se encuentren trabajando las máquinas.

En primeras instancias las averías pueden ser detectadas mediante la inspección visual seguida de una serie de pruebas y de acuerdo a la criticidad de la falla se procede al desarmado y reparación de componentes ya sea en el sector o se traslada al taller autorizado.

Con la realización del proyecto, se busca determinar las frecuencias con las que fallan los distintos sistemas de la maquinaria, para adicionar revisiones preventivas en los mismos que ayuden a incrementar el tiempo de funcionamiento sin fallas y disminuir las reparaciones.

2.4. Delimitación

Este proyecto técnico se delimita al levantamiento de información, recopilación de datos, análisis estadístico de información y propuesta de un Plan de Mantenimiento optimizado, para el Equipo Caminero del Gobierno Provincial de Imbabura, exclusivamente de la maquinaria pesada y semipesada, en este estudio se exceptúa el resto de vehículos de la flota por ser vehículos para usos múltiples.

3. JUSTIFICACIÓN

Dentro del Consejo Provincial es de vital interés el correcto manejo de los departamentos que lo conforman, sobre todo si manejan equipos y maquinarias cuyo costo de adquisición y mantenimiento son elevados, lo cual obliga a obtener el máximo desempeño de las mismas, de manera que la gestión de maquinaria pesada sea estricta y bien realizada al momento de ser ejecutada.

Mediante el presente proyecto se propone un modelo de plan de mantenimiento para aumentar la rentabilidad y la vida útil de la maquinaria basados en los tiempos medios de reparación y los tiempos medios de buen funcionamiento, de manera que disminuya los paros imprevistos y se optimicen los costos operacionales de la maquinaria del Consejo Provincial de Imbabura, mediante la aplicación de criterios técnicos de gestión de mantenimiento automotriz.

4. GRUPO OBJETIVO

Este proyecto va dirigido al Consejo Provincial de Imbabura, que será beneficiario directo por la elaboración del Plan de Mantenimiento para el equipo caminero.

Además, será beneficiario de esta metodología la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana a través de su Grupo de Investigación de Ingeniería del Transporte “GIIT”, asignaturas afines y la sociedad en general.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Proponer un Plan de Mantenimiento, a través de la aplicación de técnicas preventivas para que se garantice la máxima rentabilidad del equipo caminero del Consejo Provincial de Imbabura.

5.2. Objetivos específicos

- Realizar una síntesis bibliográfica del estado del arte referente a planes de mantenimiento aplicados a maquinaria pesada, mediante la revisión de documentos afines al tema, para que se establezca un formato de referencia.
- Realizar un levantamiento de datos actuales del departamento de mantenimiento, mediante la revisión de los archivos físicos conjuntamente con la recolección de datos obtenidos de trabajo de campo, para la determinación de las frecuencias de fallas, intervalos de mantenimiento y los costos operativos del mismo, en el software estadístico.
- Generar una propuesta de plan de mantenimiento optimizado que reduzca los costos operativos y los tiempos de parada, mediante la aplicación de criterios del mantenimiento preventivo programado para que se analicen los costos de implementación del proyecto.
- Evaluar el plan de mantenimiento propuesto mediante la aplicación de una actividad de campo específica para la determinación de la factibilidad del proyecto.

6. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

6.1. Definición de mantenimiento

El mantenimiento aparece desde que el hombre empezó a realizar inventos, a lo largo de la historia el mantenimiento ha estado ligado a las máquinas que marcaron una nueva era con la llamada revolución industrial, con el afán de evitar que se pararan los primeros procesos de producción, se realizaron mantenimientos de corrección a las primeras máquinas, para alargar la vida útil de las mismas.

Hoy en día el mantenimiento dentro de una empresa o instituciones es una rama independiente de la ingeniería y es de mucha importancia, ya que permite tener una disminución de paros imprevistos que garantiza la máxima producción y rentabilidad en cada proceso.

Además, está presente en cada proceso o cadena de producción, llegando a ser de suma importancia en las industrias más grandes del planeta, como la automovilística o la aeroespacial, conjuntamente con el desarrollo de otras ciencias que avanzan a grandes velocidades como la metalurgia, la nanotecnología, la cibernética y otras más, se ha obligado a que se maneje esta rama con amplio y profundo conocimiento para que se permita el aprovechamiento de los avances de la tecnología.

Durante el transcurso de los años el mantenimiento ha pasado por algunos cambios en la conceptualización, por lo que se detallan algunos de estos conceptos a continuación según las corrientes ideológicas de algunos autores.

Mantenimiento es:

- “Lo que hay que hacer para que las cosas funcionen correctamente o, en su defecto, para que las averías duren lo menos posible.” (Bona, 2000).
- “Sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo.” (Gutierrez, 2009)
- “La combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas.” (Dixon, 2000).
- “Un conjunto de acciones que buscan prolongar el funcionamiento continuo de los equipos, reducir los costes en la producción, alargar la vida útil de los equipos,

evitar pérdidas por paros inesperados de los mismos y producción con mayor calidad.” (León, 1998).

- “Consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso.” (Prando, 1996).
- “El proceso durante el que se mantiene la capacidad del sistema para realizar una función.” (Knezevic, Mantenimiento, 1996)
- “Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios.” (Navarro, 2004)
- “Las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.” (QUAC, 2017)

Basado en las conceptualizaciones y al realizar una síntesis el mantenimiento es: El conjunto de acciones, técnicas, estrategias y sistemas organizadas de manera empresarial, que permiten controlar el estado de las instalaciones, prever las averías, efectuar revisiones, realizar engrases y reparaciones de manera justa con la mayor eficacia, para esperar como resultado de esto, un buen funcionamiento de las máquinas que contribuya beneficios significativos para la empresa, al poder llevar a cabo alguna función requerida.

De manera metáfora el mantenimiento es la medicina preventiva, curativa de las máquinas, equipos, instalaciones, etc., la cual permite asegurar que todo activo de la empresa continúe en su desempeño diario. En la figura 1 se puede apreciar una conceptualización donde incluye lo que comprende el mantenimiento.

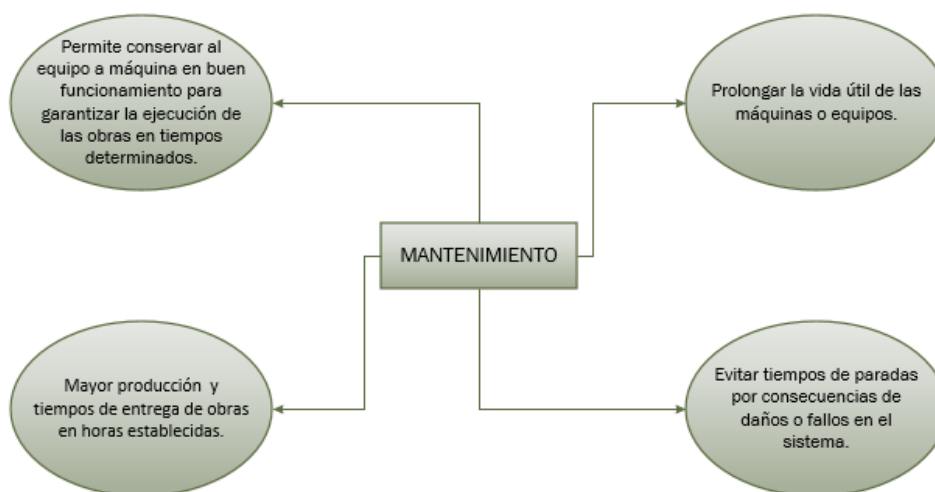


Figura 1: Conceptualización de mantenimiento **Fuente:** Autores.

6.2. Objetivos de mantenimiento

El mantenimiento se alinea a la empresa o a la institución con el fin único y principal de garantizar la producción necesaria en el momento oportuno. (Amendola, 2014).

En la tabla 1 se pueden observar los objetivos generales que se busca, al implementar el mantenimiento.

Tabla 1: Objetivos de Mantenimiento **Fuente:** (Amendola, 2014).

Máxima producción	• Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos. • Reparar las averías en el menor tiempo posible.
Mínimo Costo	• Reducir a su mínima expresión las fallas. • Aumentar la vida útil de las máquinas y equipos. • Manejar de manera responsable los repuestos en stock.
Calidad requerida	• Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones. • Eliminar las averías que afectan la calidad del producto.

Conservación de la energía	• Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares. • Eliminar paros y puestas de marcha continuos. • Controlar el rendimiento de los equipos.
Conservación del medio ambiente	• Mantener las protecciones en aquellos que pueden producir fugas contaminantes. • Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.
Higiene y seguridad	• Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes. • Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes. • Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

6.3. Tipos de mantenimiento

Según la normativa europea UNE EN-13306 para un mejor estudio, clasifica los tipos de mantenimiento como se detallan en la figura 2.

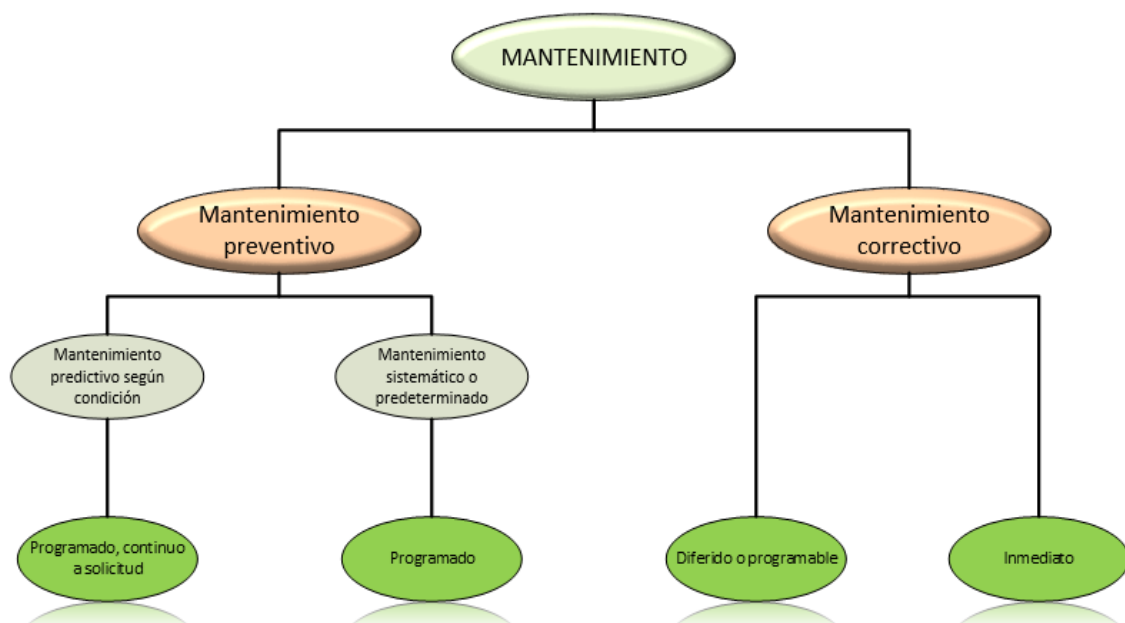


Figura 2: Tipos de mantenimiento según la terminología UNE EN-13306 **Fuente:** (Fernández, 2005).

6.3.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo “Es aquel en que solo se interviene en el equipo o maquina después de su fallo total o parcial”. (Bona, 2007) Este tipo de mantenimiento se aplica en numerosas situaciones, especialmente para aquellos elementos en los que es difícil determinar su vida útil o cuando se desconoce el fallo que se va presentar durante el funcionamiento.

La tarea de mantenimiento correctivo típica, consta de una serie de actividades las mismas que se puede apreciar en la figura 3. A la vez que se divide en otros tipos de mantenimiento según la aplicación y la condición.



Figura 3: Tarea de mantenimiento correctivo Fuente: (Knezevic, 1996).

6.3.1.1. Mantenimiento inmediato

Es el mantenimiento de emergencia (reparación por roturas, accidentes). Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición obligatoria que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

6.3.1.2. Mantenimiento diferido o programable

Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para que se realice correctamente.

Por las acciones a tomar en las operaciones de mantenimiento, se puede considerar dos tipos de mantenimiento correctivo:

- (a) De sustitución de elementos o conjuntos.
- (b) De reparación propiamente dicha.

a) Mantenimiento correctivo por sustitución de elementos

Es aplicado a una máquina o equipo de producción, en el cual las intervenciones de reparación se basan fundamentalmente en el desmontaje de piezas o conjuntos acompañado de la respectiva sustitución por recambios.

Este tipo de mantenimiento es más utilizado en el sector automovilístico (maquinaria pesada, equipos camineros entre otros). Se caracteriza por la simplicidad y rapidez en la propia intervención que presenta ciertas características.

- Rapidez en la respuesta al fallo.
- Bajo costo en la mano de obra aplicada en la reparación.
- Costos elevados en material y recambios empleados.

b) Mantenimiento de reparación propiamente dicha

Este tipo de mantenimiento correctivo es aplicado a una máquina o equipo productivo, en la cual las actuaciones incluyen todo tipo de operaciones de reparación como son desmontajes, sustitución de piezas, ajustes, reconstrucción de componentes, etc.

Se caracteriza por la complejidad de las intervenciones y los tiempos empleados en las mismas conjuntamente con:

- Difícil planificación del tiempo de intervención.
- Elevado costo de la mano de obra empleada.
- Costos bajos en material y recambios empleados.

El apoyo de los talleres auxiliares puede ser muy importante en la reparación, especialmente para disminuir tiempos de respuesta en la intervención ante necesidades de ajuste o reconstrucciones de piezas por falta de repuestos.

Las ventajas que presenta este tipo de mantenimiento se muestran en la figura 4 a manera de resumen.

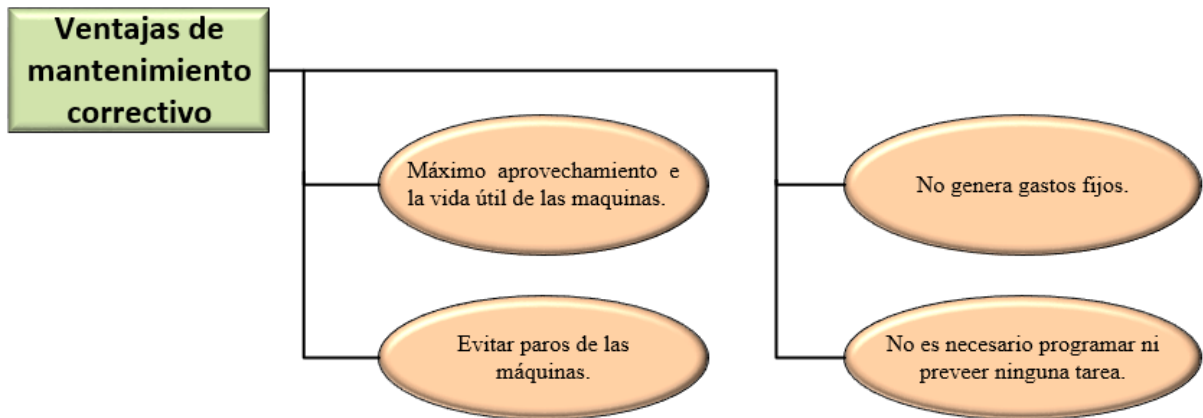


Figura 4: Ventajas de mantenimiento correctivo **Fuente:** Autores.

6.3.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento “se da por la necesidad de reducir la posibilidad que se produzca un mantenimiento correctivo, con esto se pretende disminuir las reparaciones, mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de algunos elementos dañados.” (León, 1998)

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de las maquinas en base a la experiencia, ficha técnica y los datos históricos obtenidos de las mismas.

La tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades que se presenta en la figura 5.

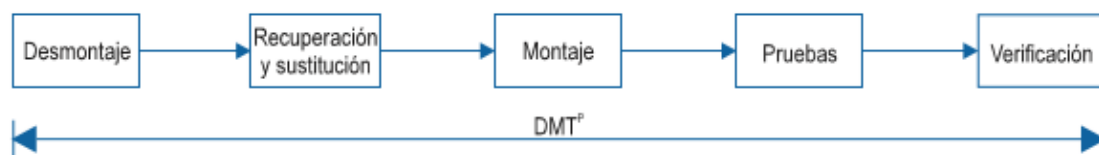


Figura 5: Tarea de mantenimiento preventivo **Fuente:** (Knezevic, 1996).

El mantenimiento preventivo de cada máquina y/o equipo comprende acciones como: cambio de correas, engrase de los elementos móviles, cambio de aceite, desmontaje, limpieza, entre otros.

En la figura 6 se muestra algunas de las ventajas al realizar este tipo de mantenimiento.

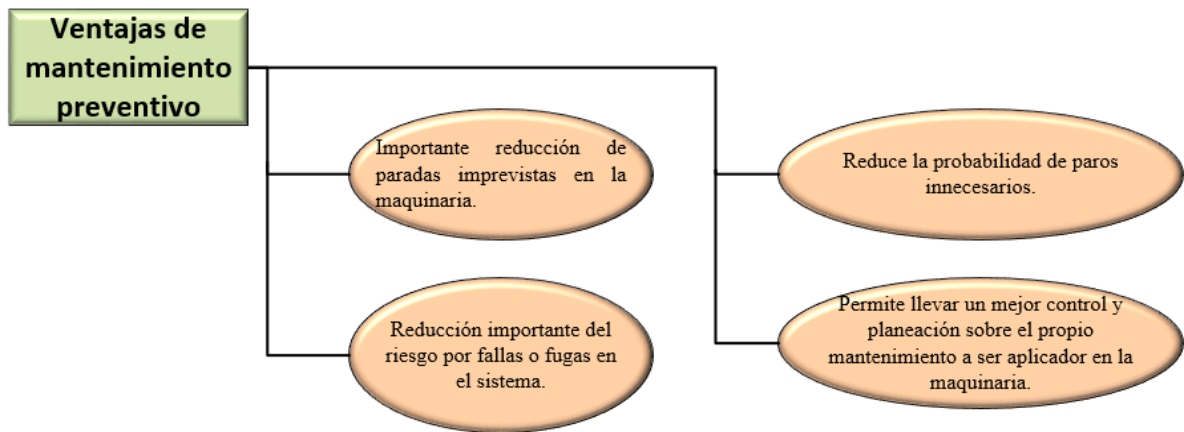


Figura 6: Ventajas de mantenimiento preventivo **Fuente:** Autores.

6.3.2.1. Mantenimiento predictivo según condición

Este tipo de mantenimiento surgió de la necesidad de reducir los costes de los mantenimientos tradicionales correctivo y preventivo, para ayudar a disminuir los tiempos de paradas e inspecciones innecesarios.

El mantenimiento predictivo o condicional tiene como objetivo asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas críticas a través de la inspección visual del estado de equipo por vigilancia continua de los niveles. Si durante la vigilancia se descubre una anomalía o falla se programará una intervención para realizar mantenimiento correctivo o preventivo.

La tarea de mantenimiento predictivo consta de las siguientes actividades las cuales se puede apreciar en la figura 7.

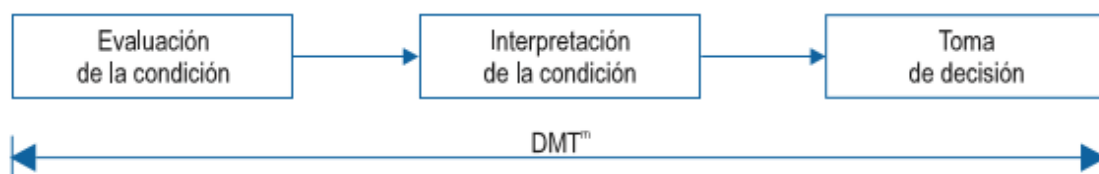


Figura 7: Tarea de mantenimiento predictivo **Fuente:** (Knezevic, 1996).

En la figura 8 se resumen las ventajas que se puede obtener al aplicar este tipo de mantenimiento.

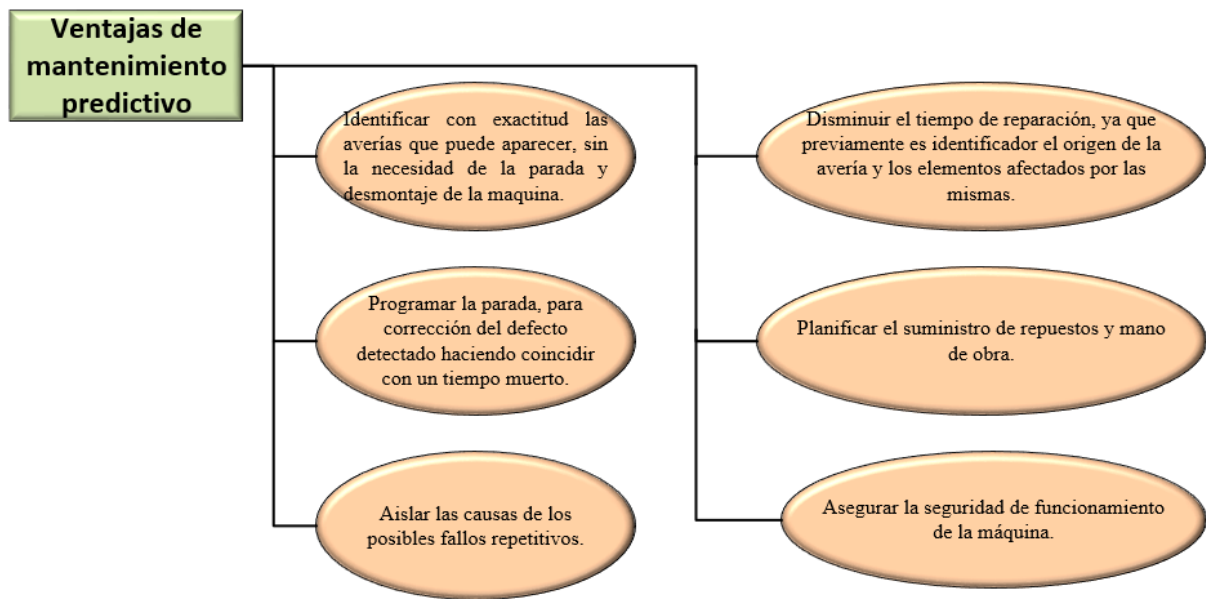


Figura 8: Ventajas de mantenimiento predictivo **Fuente:** Autores.

Las principales técnicas que se utilizan en este tipo de mantenimiento son:

- **Inspección visual:** Este tipo de inspección es la más simple, ya que el control es de forma directa a la máquina.

En este tipo de inspección se pueden detectar fallos que se manifiestan físicamente como puede ser aparición de grietas, fisuras, desgastes, soltura de elementos de fijación, cambios de color, etc. En la figura 9 se puede apreciar un proceso de inspección visual llevado a cabo por personal de Caterpillar en una máquina.



Figura 9: Inspección visual. **Fuente:** (Caterpillar, 2017).

- **Líquidos penetrantes:** Es una inspección no destructiva que es utilizada para encontrar fisuras superficiales o fallos internos del material presentes a manera de apertura en la superficie.

La prueba con este líquido consiste en aplicar una tinta sobre la superficie previamente limpiada, en la cual se debe transcurrir un tiempo para que el líquido penetre bien en todo lo posible. En la figura 10 se puede apreciar el proceso de inspección por líquidos penetrantes que nos ayuda a la detección de grietas en el material.

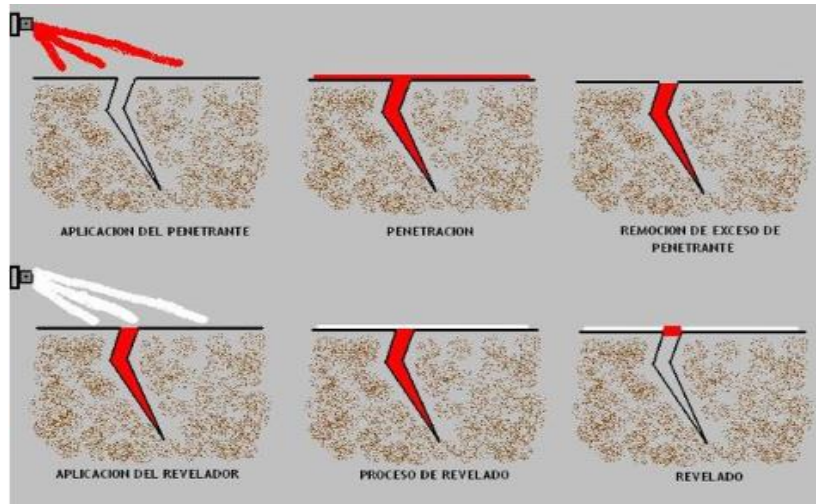


Figura 10: Inspección por líquidos penetrantes **Fuente:** (tallerjbordagaray, 2017).

- **Inspección magnética:** Es de la misma manera que la inspección por líquido penetrantes ya que busca descubrir fisuras superficiales, con la diferencia que también permite descubrir discontinuidades no superficiales hasta cierta profundidad.

Esta prueba consiste en la magnetización de un material ferromagnético al someterlo a un campo magnético. Para su realización se debe empezar limpiando bien la superficie a realizar la prueba, la cual es sometida a un campo magnético uniforme, como resultado final las partículas magnéticas de pequeña dimensión se esparcen por el efecto magnético, mostrándose una mayor asociación de partículas en caso de existir una fisura. En la figura 11 se puede observar un proceso de inspección electromagnética la cual es realizada directamente a las máquinas en las partes superficiales.



Figura 11: Inspección magnética Fuente: (gyninspecciones, 2017).

- **Inspección radiográfica:** Es una técnica utilizada para la detección de fallos internos del material como pueden ser grietas, burbujas o impurezas interiores, es la más utilizada para la inspección en las uniones de soldadura que requieren gran calidad. Como se puede observar en la figura 12 la inspección radiográfica emplea equipos que requieren un buen entrenamiento de operación.



Figura 12: Inspección radiográfica Fuente: (tallerjbordagaray, 2017).

- **Ultrasonidos:** Es uno de los métodos de inspección más común para detectar grietas, fisuras por fatiga, corrosión o defectos de fabricación del material es utilizado donde la inspección por rayos X se muestra insuficiente, ya que los rayos son absorbidos por la capa de material de grandes espesores.
- **Análisis de lubricantes:** El aceite lubricante es uno de los parámetros más importantes en el diagnóstico del buen funcionamiento de cualquier parte de la

máquina. Al disminuir o desaparecer la lubricación se produce una disminución de la película lubricante interpuesta entre los elementos mecánicos en movimientos relativamente constantes, lo cual provoca desgaste, aumento de fuerzas de rozamiento y aumento de temperatura, los mismos que provocan dilatación de material, inclusive llegando a fusionarse los materiales, cuya consecuencia generaría un bloqueo de piezas móviles. “El control de estado mediante análisis físico-químicos de muestra de aceite de servicio y el análisis de partículas de desgaste contenidas en el aceite (ferrografía) pueden alertar incipientes en los órganos lubricados.

- **Análisis de vibraciones:** Este tipo de técnica se utiliza para análisis vibratorios, lo que ayuda al control funcional de la máquina, además establece un nivel de alerta, como puede darse en casos de aparición de fatiga generada por los esfuerzos alternantes de los sistemas que lo conforman.

El nivel vibratorio se aumenta si existe algún defecto como desalineación, desequilibrio mecánico, holguras inadecuadas, cojinetes defectuosos, etc. En la figura 13 se aprecia las ondas de vibración generada por una maquina defectuosa y otra en buen funcionamiento.

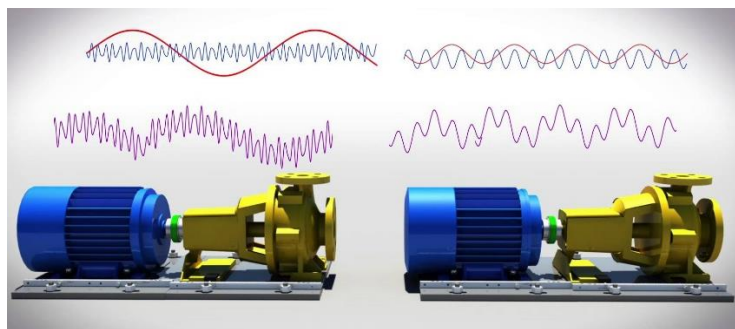


Figura 13: Análisis de vibraciones **Fuente:** (ieav, 27).

- **Medida de la presión:** Este tipo de técnica se puede utilizar para aportar del estado actual con la información útil ante defectos como la cavitación, condensación de vapores o existencia de golpes de ariete.

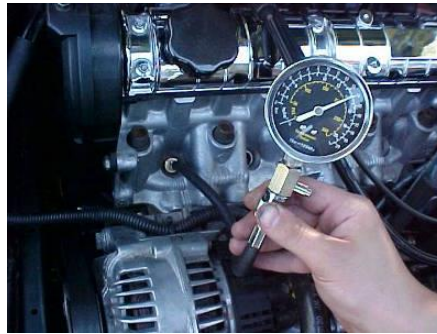


Figura 14: Medida de presión Fuente: (Renault 19, 2017).

- **Medida de temperatura:** El control de temperatura es uno de los parámetros más importantes que ayudan a determinar el buen funcionamiento de algunos de los sistemas cuya variación siempre está asociado a un comportamiento anómalo.

Un ejemplo claro es el caso de los rodamientos y cojinetes de deslizamiento, donde al producirse el aumento de temperatura, aparece algún deterioro en las mismas, razón por la que es necesaria la aplicación de las técnicas de inspecciones de mantenimiento predictivo.

- **Termografía:** Es una de las técnicas más utilizadas, que emplea la fotografía de rayos infrarrojos para detectar zonas calientes en dispositivos electromecánicos, esto ayuda a crear imágenes térmicas cartográficas que permiten localizar fuentes de calor anómalas.

6.3.2.2. Mantenimiento sistemático o predeterminado

Este tipo de mantenimiento es realizado por programa de revisiones como puede ser por los kilometrajes o las horas de trabajo de las propias misma sin importar en las condiciones que se encuentren además se realiza labores de medición y pruebas de las mismas la cual ayuda a determinar si es necesario realizar el mantenimiento.

La figura 15 se resumen algunas de las ventajas de mantenimiento sistemático.

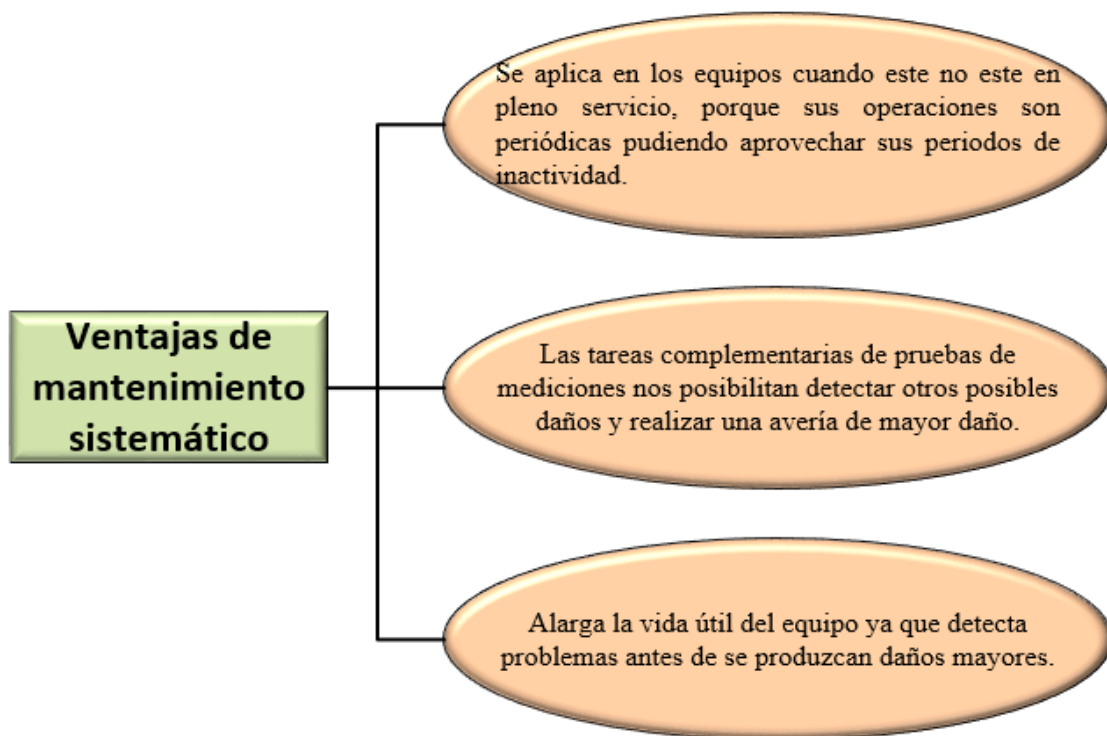


Figura 15: Ventajas de mantenimiento sistemático Fuente: Autores.

6.4. Fallos

El concepto de fallo en un equipo, maquina o instalación es cuando deja de brindar el servicio, e impide que esta realice la función para la que fue diseñada.

Las causas de fallos de la máquina y/o equipo son numerosas y muy diversas. No suelen ser las mismas cuando el fallo se produce en el inicio de la vida útil de la máquina que cuando se produce al final de su vida útil. (Francisco Sanchez. Antonio Perez, Joaquín Sancho, Pablo Rodríguez, 2007)

Evolución de la taza de fallos a lo largo del tiempo

La duración de la vida útil de las máquinas y/o equipos se puede dividir en tres ciclos diferentes:

6.4.1.1. Juventud. Periodo de fallo infantil

En esta parte la mayoría de las fallas son provenientes de la fabricación, “ya evitar estas averías en esta zona los fabricantes, someten a sus componentes a un quemado inicial, en condiciones de prueba extremas, desechando los componentes defectuosos” (Abella, 2010).

Es el primer periodo de vida útil de la máquina, los fallos pueden presentarse de manera inmediata o al cabo de poco tiempo de funcionamiento de la maquinaria, consecuencia de algunos factores como:

- Errores de diseño.
- Defectos de fabricación o montaje.

6.4.1.2. Madurez. Periodo útil

En esta zona cuyo periodo es de mayor duración, la tasa de fallos es aproximadamente constante y aleatoria, ya sea fallo mecánico, o estructural debido a que los componentes sufren daños por degradación de sus características consecuencia del paso del tiempo, por lo que se realizan cambios de algunos de sus sistemas antes de que alcancen el periodo de envejecimiento.

6.4.1.3. Envejecimiento

Este periodo es el último de la vida útil de la máquina, en esta zona la tasa de fallos vuelve a crecer, ya que los elementos o sistemas fallan por degradación de sus características por el paso de tiempo y durante el funcionamiento. Aún con reparaciones y mantenimientos efectuados, las tasas de averías aumentan, hasta que al final resulta demasiado costoso el mantenimiento frente a la adquisición de un equipo nuevo.

Estos tres periodos de la vida útil de la maquina se puede apreciar en la figura 16 en la que se representa la tasa de fallos del sistema frente al tiempo, más conocida como la “curva de la bañera”.

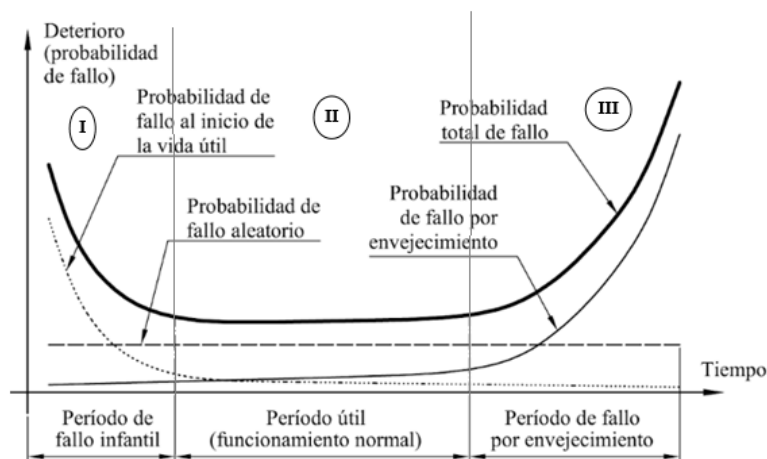


Figura 16: Curva de la bañera **Fuente:** (Marín, 2006).

Además, para mayor entendimiento se presenta en la tabla 2 un resumen de los fallos que se presentan durante toda la vida útil del equipo.

Tabla 2: Resumen de tipos de fallos **Fuente:** Autores.

Tipos de fallos	Conceptos
Fallos infantes.	Este tipo de falla suelen presentarse por los defectos de la propia fábrica de algunas de las piezas o un incorrecto montaje.
Fallos producidos por el desgaste y envejecimiento.	Este tipo de fallos pueden estar vinculados a errores durante la fabricación, diseño mecánico, variaciones de las propiedades de los materiales que dan lugar a un crecimiento progresivo del defecto (grietas, tratamientos térmicos incorrectos, fallos en las soldaduras, etc.)
Fallos aleatorios	Este tipo de fallos se pueden producir por azar por lo que su probabilidad de aparición se mantiene constante durante toda la vida de la máquina.

6.5. Diagrama de Pareto

El diagrama no es más que “Un gráfico de barras que enumera las categorías en orden descendente de izquierda a derecha, el cual es utilizado por un equipo para analizar causas, estudiar resultados y planear una mejora continua”. (Pablo Juan Verdoy, 2006)

En el diagrama de Pareto se indica que hay muchos problemas sin importancia y solo unos graves, ya que, por lo general, el 80% de los resultados de fallos totales se originan en el 20% de los elementos.

Pareto permite identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que son importantes prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar. En la figura 17 se puede observar un diagrama de Pareto aplicado a una serie de fallos por sistema.

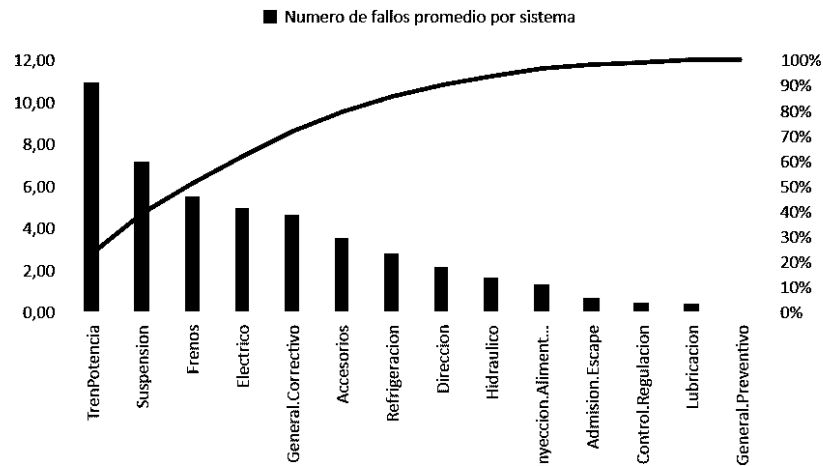


Figura 17: Diagrama de pareto **Fuente:** Autores.

6.6. Variables de mantenimiento

Las variables del mantenimiento comprenden la disponibilidad, fiabilidad y la mantenibilidad. Estos a su vez se relacionan mediante la disponibilidad, con los tiempos de mantenimiento y los tiempos de buen funcionamiento que son una medida de la mantenibilidad y la confiabilidad en función del tiempo, como se muestra en la figura 18.

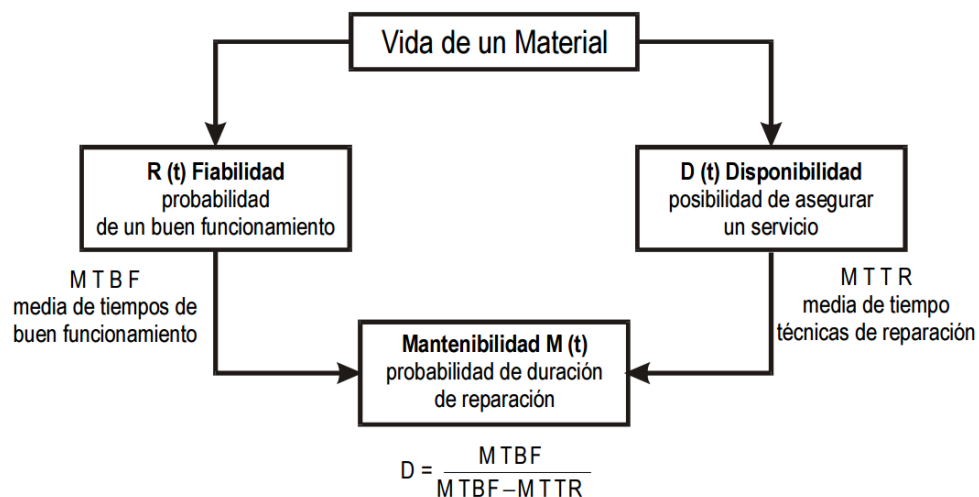


Figura 18: Relación entre las variables de mantenimiento **Fuente:** (Amendola, 2014).

6.6.1. Fiabilidad

Es la probabilidad, durante un periodo de tiempo especificado, de que el equipo en cuestión pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización sin ningún daño o sin ninguna parada inesperada. La medida de fiabilidad es la “calidad” en

el tiempo, que se muestra en la ecuación 1 y se representa como MTBF (Media de tiempos de buen funcionamiento).

$$FR = \frac{\text{Numero de fallos}}{\text{tiempo de operacion}} \times 100$$

Ecuación 1: Fiabilidad

Para la evaluación de la fiabilidad se usan dos métodos:

Datos históricos de la máquina y/o equipo, que ayudan a estimar el grado de confianza que la máquina ha estado en su buen funcionamiento. Usar la probabilidad de buen funcionamiento conocida por partes para calcular la fiabilidad en conjunto, para lo que se toma en cuenta las distribuciones de probabilidad en función del tiempo.

6.6.2. Mantenibilidad

Es la probabilidad de que el equipo o máquina, después del fallo o avería sea puesto en estado de funcionamiento en un tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad. La medida de mantenibilidad es el MTTR (Media de tiempo técnicas de reparación).

En la figura 19 se puede apreciar los tiempos de buen funcionamiento (TBF), tiempos comprendido cuando la maquina o equipo realiza su operación sin ninguna parada inesperada y que será el valor medio entre paros consecutivos, para un periodo dado de la vida, también se puede apreciar los TTR que son los tiempos técnicos de reparación empleados en un ciclo de operación.

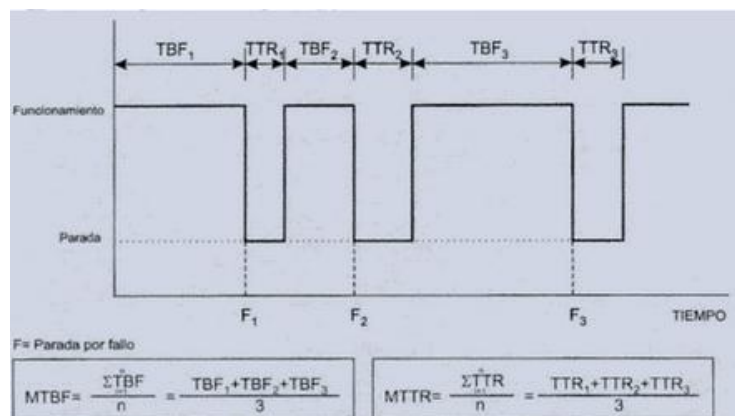


Figura 19: Tiempo medio entre fallos y tiempo medio de buen funcionamiento **Fuente:** (Fernández, 2005).

En la ecuación 2 se muestra la fórmula del MTBF, resultante de la sumatoria de las medias de los tiempos de buen funcionamiento, tiempos en los cuales la maquina opera sin ningún problema.

$$MTBF = \frac{\sum_0^n TBF}{n} = \frac{TBF_1 + TBF_2 + TBF_3}{3}$$

Ecuación 2: Mantenibilidad (Tiempo medio de buen funcionamiento)

De la misma manera se puede observar en la ecuación 3, la media de los tiempos técnicos de reparación, que consiste en dar el mantenimiento preventivo o correctivo necesario a la maquina o equipo y que por ende tendrá una intervención en el tiempo de buen funcionamiento.

$$MTTR = \frac{\sum_0^n TTR}{n} = \frac{TTR_1 + TTR_2 + TTR_3}{3}$$

Ecuación 3: Mantenibilidad (Tiempo medio de reparación)

Estos valores pueden ser calculados (después de observaciones), estimados, prefijados o extrapolados, de acuerdo al caso y la disponibilidad de los datos, historiales y documentos de mantenimientos anteriores.

En la figura 20 se aprecia la relación del tiempo de buen funcionamiento con los tiempos técnicos de reparación.

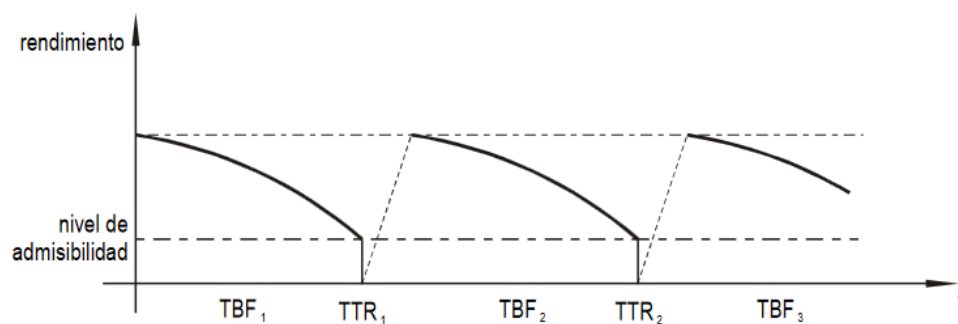


Figura 20: Relación del tiempo de buen funcionamiento con los tiempos técnicos de reparación
Fuente: (Fernández, 2005)

6.6.3. Disponibilidad

Es la proporción de tiempo durante la cual el equipo o maquina estuvo en condiciones de ser usado. La disponibilidad depende de:

- La frecuencia de fallas.
- El tiempo que demande reanudar el servicio.

La palabra disponibilidad engloba a todas las paradas del equipo o máquina, pues la sumatoria $\sum_0^n TTR_1$, no diferencia entre paralizaciones correctivas o preventivas. En la ecuacion 4 se puede observar la disponibilidad reducida a una ecuacion matemática.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Ecuación 4: Disponibilidad

6.6.4. Eficiencia General de los Equipos (OEE)

También conocida como OEE (Overall Equipment Efficiency) es una métrica utilizada para representar en un sólo indicador tres parámetros para la mejora en la productividad de industrias de manufactura. Esto puede aplicarse a una sola máquina, una línea de producción aislada o una planta completa, los tres parámetros mencionados son la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Los diferentes intervalos de valores de porcentaje de OEE son:

$OEE < 0,65$	Inadmisible
$0,65 \leq OEE < 0,75$	Regular
$0,75 \leq OEE < 0,85$	Aceptable
$0,85 \leq OEE < 0,95$	Buena
$OEE \geq 0,95$	Excelente (World Class)

6.7. Toma de decisiones de mantenimiento

Para la toma de decisión de un mantenimiento se tiene como la parte principal una maquinaria y/o equipo en buen funcionamiento, el cual tendra fallos previstos e

imprevistos las cuales se clasificaran, por distintos niveles de intensidad de averías como se muestra en la tabla 3 y de acuerdo a como se presente el caso.

Tabla 3: Niveles de intensidad aplicables en el mantenimiento **Fuente:** (Harris, 2012).

Nivel	Contenido	Personal	Medio
1	• Ajustes simples previstos en sus sistemas. • Cambio de elementos accesibles y fáciles de efectuar.	Operador	Utillaje ligero
2	• Arreglos por cambio estándar. • Operaciones menores de preventivo (rondas/gamas).	Técnico habilitado	Utillaje ligero + repuestos necesarios en stock
3	• Identificación y diagnóstico de averías. • Reparación por cambio de componentes y reparaciones mecánicas menores.	Técnico especializado	Utillaje + aparatos de medida + bancos de ensayos, control, etc.
Nivel	Contenido	Personal	Medio
4	• Trabajos importantes de mantenimiento correctivo y preventivo.	Técnico especializado	Utillaje específico + material de ensayos, control, etc.
5	• Trabajos de grandes reparaciones, renovaciones, etc.	Equipo completo	Maquinas herramientas y específicas de fabricación (forja, fundición, soldadura, etc.)

Las desiciones acerca de que mantenimiento aplicar, se pueden analizar con el diagrama de decisión de la figura 21 , donde se diferencian facilmente los tipos de mantenimiento según el proceso a seguir.

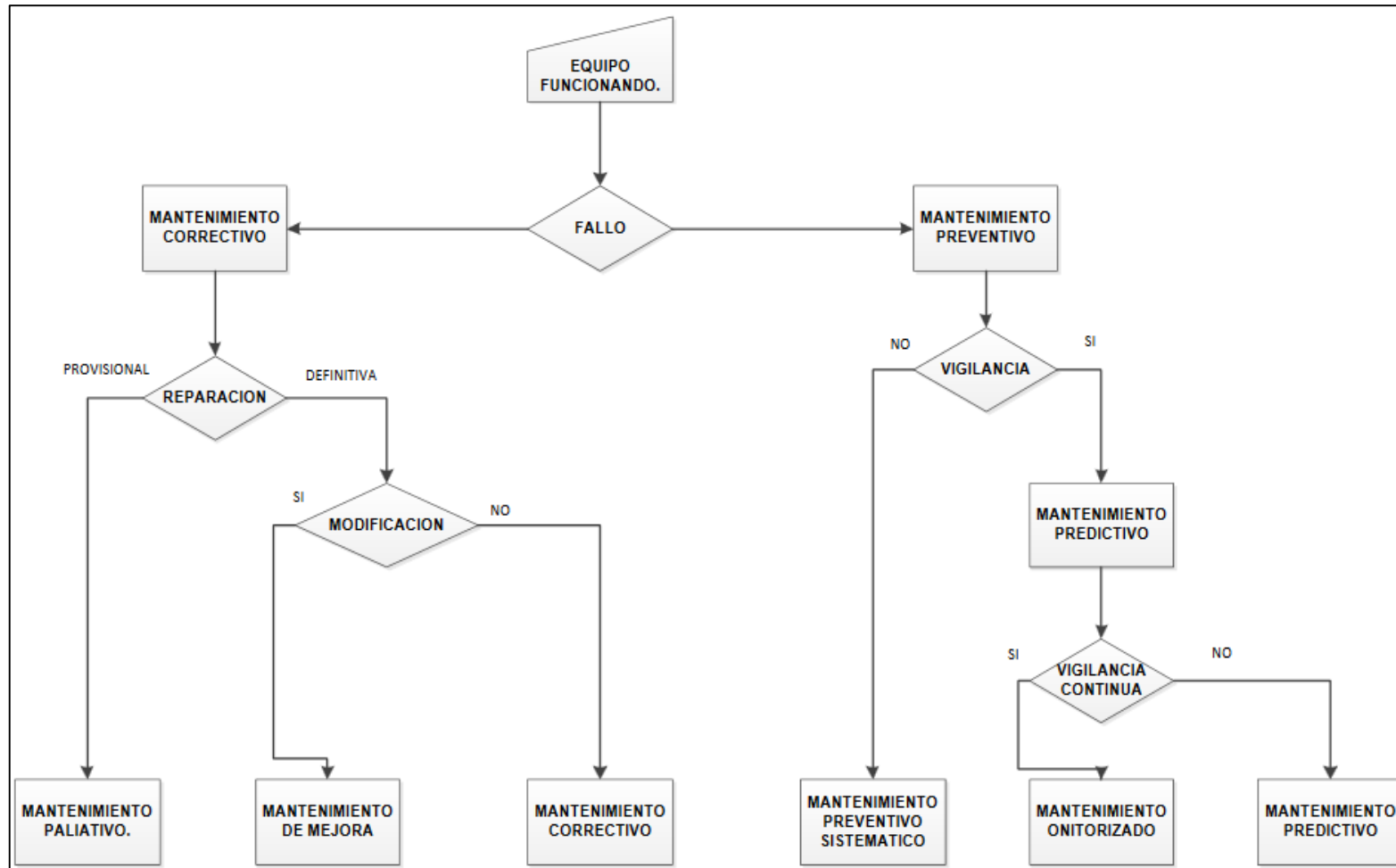


Figura 21: Diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso. **Fuente:** (Harris, 2012).

7. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA

El Consejo Provincial de Imbabura es una institución pública, la cual esta encargada de planificar, coordinar y ejecutar obras a nivel provincial, dentro de las distintas areas como la vialidad, la produccion y el manejo de recursos.

7.1. Misión

La Prefectura de Imbabura es la institución encargada de coordinar, planificar, ejecutar y evaluar el Plan de Desarrollo Provincial Participativo; fortaleciendo la productividad, la vialidad, el manejo adecuado de sus recursos naturales y promoviendo la participación ciudadana; a fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

7.2. Visión

Imbabura al 2035, es una provincia referente nacional de desarrollo integral territorial sustentable, que conjuga su diversidad étnica, productiva y turística con la conservación de sus lagos, cuencas hidrográficas y recursos naturales. Innova, emprende y garantiza la seguridad y soberanía alimentaria. Cuenta con un sistema vial eficiente que permite la movilidad de la población y transporte de bienes y servicios. Gestiona responsablemente las potencialidades ambientales, sociales y culturales de la provincia, incorporando la prevención y mitigación de riesgos naturales. Promueve el respeto y cumplimiento de los derechos constitucionales.

7.3. Areas Estrategicas

El Gobierno Provincial de Imbabura ha planteado objetivos en las diferentes areas estrategicas detalladas a continuacion:

- Gestion Ambiental
- Fomento de Actividades Productivas y Agropecuarias
- Recursos Hidricos
- Vialidad
- Planificacion Territorial
- Cooperacion Internacional
- Grupos de Atencion Prioritaria

- Participación Ciudadana
- Gestión Institucional

7.4. Ubicación Geográfica

Imbabura la Ciudad de los Lagos, ubicada al norte de Ecuador, posee una superficie de 4353 km², responsabilidad del Gobierno Provincial de Imbabura, el mismo que con el afán de tener mayor cobertura, está dividido en varios departamentos que se ubican en diferentes sectores de la ciudad, en la tabla 4 se muestra las diferentes ubicaciones de los departamentos.

Tabla 4: Departamento del Gobierno Provincial de Imbabura **Fuente:** GAD Imbabura.

Departamento	Área	Dirección	Mapa
Matriz	Oficinas Principales	Calle Simón Bolívar 7-44 y Miguel Oviedo esquina	
IMBAVIAL	Infraestructura vial y obras de ingeniería	Calle Vicente Rocafuerte y María Angélica Idrovo	
Empresa Pública del Complejo Turístico Chachimbiro	Administración del Complejo Turístico	Complejo Turístico Santagua Termas de Chachimbiro	
Patronato de Acción Social	Desarrollo humano integral y social	Calle García Moreno y Antonio José de Sucre	
Geoparque Imbabura	Proyecto de Patrimonio Geológico	Sucre y García Moreno, esq.	
Talleres del Consejo Provincial de Imbabura	Talleres de mecánica, patio automotor y bodega	Calle José Mejía Lequerica y Manual de Chica Narváez	Ver Figura 22

El lugar de donde se extrae la información y se realiza el estudio son los Talleres del Consejo Provincial de Imbabura, ubicadas en las calles José Mejía Lequerica y Manuel de Chica Narváez, para mayor exactitud se muestra una gráfica en la figura 22.

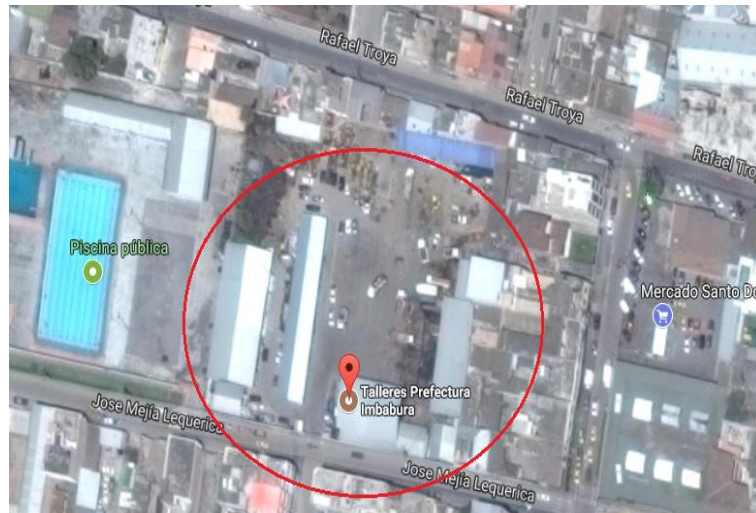


Figura 22: Ubicación geográfica de los Talleres del GPI **Fuente:** Google Maps.

7.5. Estructura organizacional

El consejo provincial está dividido en varios departamentos, los cuales se orientan a diversos sectores productivos de la sociedad, a continuación, en la figura 23 se presenta la estructura organizacional del Consejo Provincial y la interrelación con la Jefatura de Transporte y Mantenimiento, así como también con la Jefatura de Bodega.

Aquí se puede destacar que se tiene como entidades desconcentradas a Imbavial E.P, Patronato de Acción Social y Santa Agua de Chachimbiro E.P.

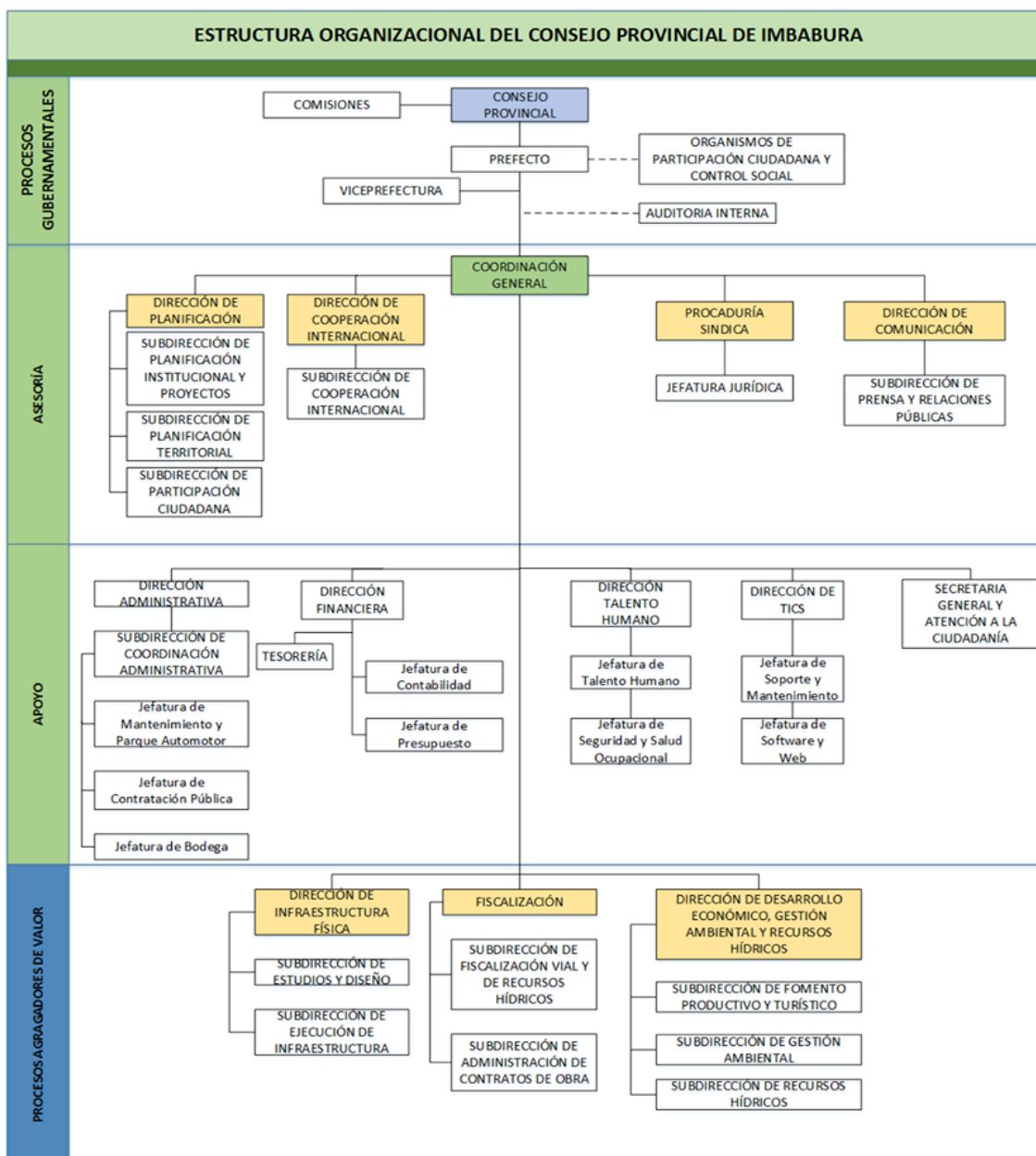


Figura 23: Estructura Organizacional del Concejo Provincial de Imbabura **Fuente:** GPI.

7.6. Políticas de los departamentos del GPI

El Gobierno Provincial de Imbabura GPI, al ser una institución de estado, en acuerdo con lo establecido en la ley, se rige a los horarios laborales que comprenden 8 horas diarias, los 5 días de la semana, en caso de requerirse se complementan con horas extra los días sábados hasta el mediodía, en algunas jefaturas como la de mantenimiento.

7.7. Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor

Dentro de la Dirección General Administrativa, subdividida en jefaturas y de vital importancia, está presente la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, antes denominada Jefatura de Transporte y Mantenimiento, la cual se encarga de la planificación, organización, dirección, supervisión, control, gestión y mantenimiento de la flota vehicular y anexos del Consejo Provincial de Imbabura.

7.7.1. Organización de la Jefatura de mantenimiento

Como se muestra en la figura 24, la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor está conformado de la siguiente manera:

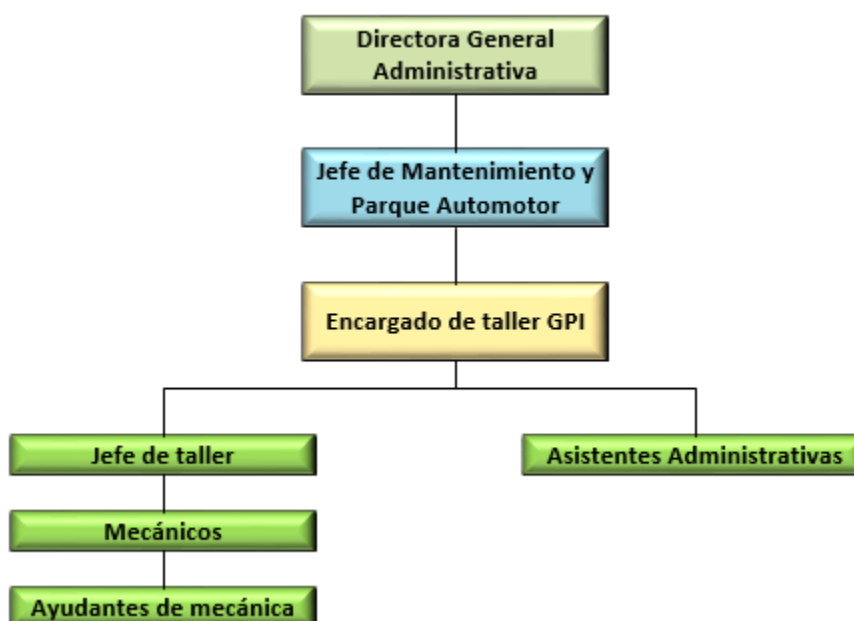


Figura 24: Organización de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor **Fuente:** GPI.

A la cabeza esta la dirección administrativa, seguido del encargado de jefatura que tiene a cargo todo el parque automotor y el área de mantenimiento, a continuación, está el encargado de taller, que es el responsable directo del taller de mecánica; el encargado de taller se apoya en el jefe de taller y los asistentes administrativos, los mismos que están encargados de la gestión y coordinación del mantenimiento de la flota vehicular del GPI.

El jefe de taller tiene bajo su cargo toda la gestión del mantenimiento y el control del personal del área mecánica, el personal de apoyo y los conductores del equipo caminero.

Los asistentes administrativos a su vez evalúan proformas y gestionan la adquisición de los repuestos e insumos para el mantenimiento de la flota vehicular, los mismos que deben ser aprobados por la Jefatura de Bodega, que es la encargada directa de las actividades de compra y almacenamiento.

De los anteriormente descrito, se establece que la estructura organizacional que presenta la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, no le permite el manejo exclusivo de los repuestos e insumos necesarios en el mantenimiento, por lo que se recurre a terceros para la aprobación y adquisición, para el caso es de la intervención de la Jefatura de Bodega.

7.7.2. Infraestructura

Se comprende como infraestructura los medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para desarrollar una actividad o para utilizar un lugar.

En el caso del departamento de mantenimiento, se cuenta con instalaciones, equipos y herramientas necesarias para las labores de reparación y mantenimiento de los vehículos, maquinaria y equipos del Gobierno Provincial de Imbabura, las mismas que se describen a continuación.

7.7.2.1. Instalaciones físicas

Las instalaciones físicas comprenden en si toda el área donde se desempeña una actividad, la misma que está dotada de servicios básicos de agua, luz, teléfono, internet, entre otras, en la figura 25 se muestra el plano de las instalaciones en las cuales se llevan a cabo las labores, propias del departamento de mantenimiento.

En el Anexo 1 se muestran varias capturas de las instalaciones del Taller del Consejo Provincial de Imbabura y el plano respectivo, donde se puede observar el estado de los equipos y de varias de las secciones en las cuales se muestra algunos fallos de organización en cuanto a maquinaria y repuestos usados, así como se puede observar el manejo de los desechos del sector como aceites y material fungible contaminado.

Es importante señalar que el Taller del Consejo Provincial no es exclusivo de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor destinada al área de mecánica automotriz, sino que también en estas instalaciones se encuentra la Jefatura de Bodega, talleres de

carpintería, laboratorio de materiales, bodegas de cemento, bodega de herramientas para trabajos en suelo, y bodegas generales de suministros.

Para la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, se dispone de bodega de herramientas automotrices, taller para vehículos y maquinaria, bodega de grasas y aceites, rampas para estiba de maquinaria, zona de lavado con rampa incluida, parqueadero de vehículos en general y taller de mecánica industrial para torneado de piezas y trabajos de soldadura.

De lo anteriormente descrito, se establece que las instalaciones de los Talleres del Consejo Provincial de Imbabura presentan cierta desorganización, ya que existen varias secciones que no pertenecen al área automotriz, además si se observa en la figura 25 varias de las áreas pertenecientes al mantenimiento están demasiado lejanas entre sí, como es el caso de la bodega de insumos, que está al otro extremo del taller.

Otra de las falencias evidenciadas, es la falta de un lugar designado donde se almacenen los repuestos, maquinas que no se usan, neumáticos viejos y el material contaminado del taller, además se evidencia la lejanía del taller a la zona de almacenamiento de las herramientas y la ubicación de la bodega de lubricantes respecto a las rampas de cambio de aceite.

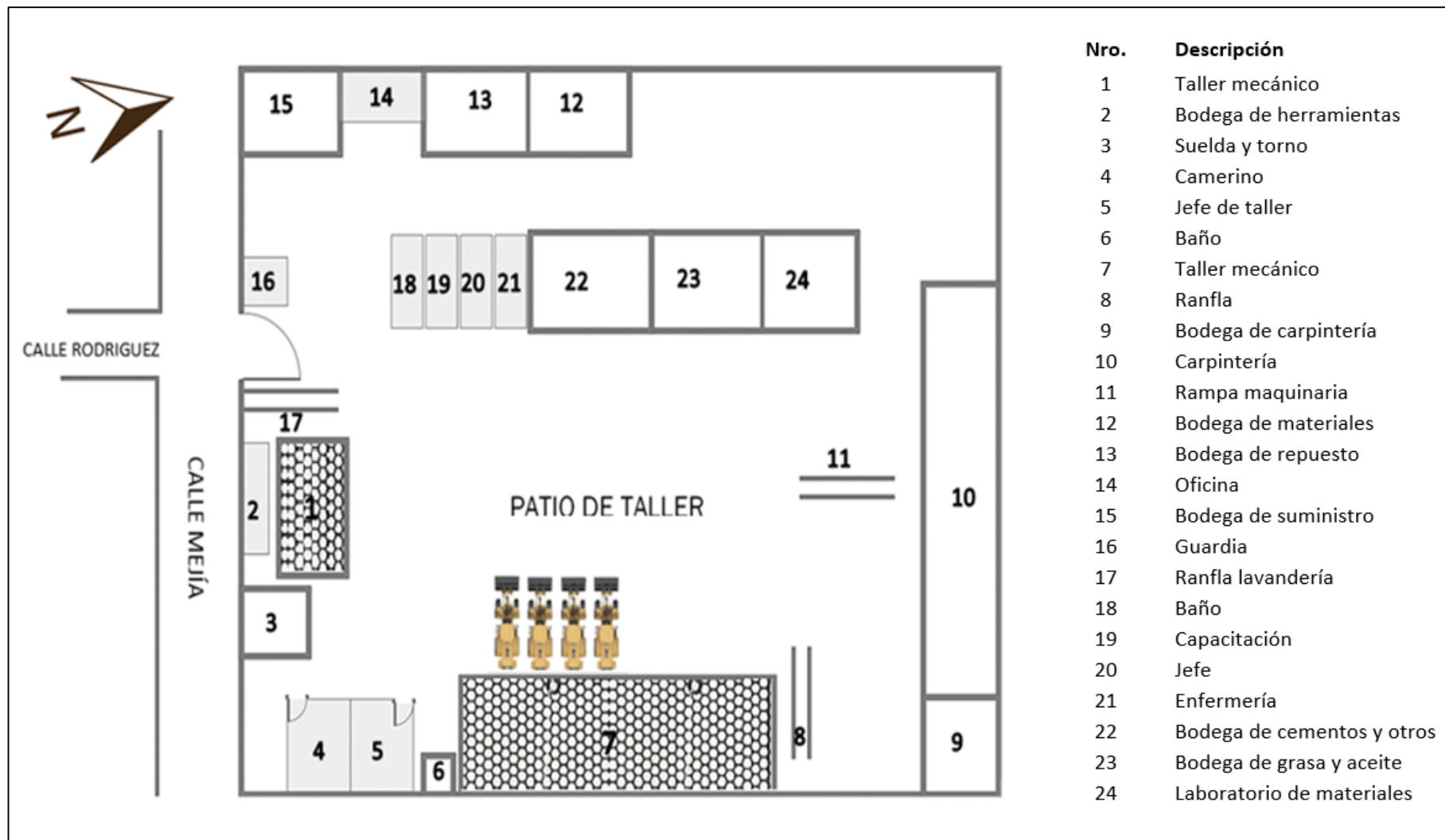


Figura 25: Organización de las instalaciones físicas del Departamento de Mantenimiento del GPI **Fuente:** Autores.

7.7.2.2. Equipos y herramientas

Para la ejecución de las labores de mantenimiento de los vehículos y la maquinaria del Concejo Provincial de Imbabura, es necesario el empleo de varios equipos, para labores específicas los mismos que se indican de manera general en la tabla 5.

Tabla 5: Listado general de equipos y herramientas de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor
Fuente: GPI.

Elementos	Descripción	Número
Equipos para metal mecánica	Equipos de suelda, perforado y corte	59
Equipos automotrices	Equipos de elevación, medición y ajuste.	57
Accesorios de equipos	Para metal mecánica como barrenos y cabezales.	10
Kit de Herramientas	Juegos de llaves, dados, destornilladores, alicates, entre otros	48
TOTAL		174

Del listado de herramientas y equipos se determina, que se cuenta con un taller bastante completo, el mismo que dota de una caja de herramientas a cada mecánico, además cuenta con herramientas de metal mecánica que permiten la reconstrucción, suelda y torneado de varios elementos, sin embargo, se evidencia la falta de equipos que permitirían una mejora en los procesos de mantenimiento como las pistolas neumáticas o las pistolas eléctricas.

7.8. Stock de repuestos

Dentro de la Dirección Administrativa, otra de las jefaturas que la conforman es la Jefatura de Bodega, la cual funciona de manera independiente a la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, esta jefatura es la encargada de la gestión, manejo y almacenamiento de los repuestos e insumos más empleados, además de insumos pertenecientes a otras ramas diferentes al mantenimiento automotriz.

Los repuestos que dispone comúnmente se muestran de manera general en la tabla 6.

Tabla 6: Tabla general de repuestos disponible en bodega **Fuente:** GPI.

Elementos	Descripción
Lubricantes	Aceites y grasas
Elementos de desgaste rápido	Cuchillas, cunas, pernos, esquineros, espaciadores, espárragos, insertos, puntas,
Elementos eléctricos y electrónicos	Alarmas, bobinas, flasher, inducido de arranque, focos, faros, fusibles, horometro, indicador de nivel, carbones, platinas, reles, reguladores, sensores, terminales electricos.
Tren de potencia	Crucetas, guardapolvos, defensas de llantas, engranajes, cubos de ruedas, kit embrague, rodamientos, tubos de llantas, válvulas de llanta,
Elementos del sistema de frenos	Discos de freno, acoples, conectores, zapatas, ratchet
Elementos del tren de rodaje	Kit de arrastre, seguros, rodillos
Elementos del motor	Bomba de combustible, flotador del tanque de combustible, kit de pistones, governor, guías de válvula, cabezote, bujías, bandas, kit cigüeñal, balancines, cuerpo del depurador, bomba de agua, radiador, silenciador, termostato, trompos, bayoneta de aceite.
Elementos filtrantes	Filtros de aceite de motor, de polen, de combustible, del sistema de dirección, de transmisión, del sistema hidráulico, de aire y de A/C
Elementos para sellado	Empaques, retenes, retenedores, sellos, anillo torico
Elementos de sistema hidráulico	Mangueras, cilindros hidráulicos,
Elementos del sistema de suspensión	Hoja, bujes, topes de paquete
Elementos de la dirección	Rodamientos, barra estabilizadora, terminales,
Otros elementos	Compuerta volquete, elementos de goma, graseros, espejos retrovisores, juego de micas, juego de plumas, bases de cabina, tapón, respiraderos, tornillos y arandelas

De la tabla anterior se establecer que de los repuestos que están en bodega, la mayoría son adquiridos por pedido, otros se adquieren al inicio del año y otra parte se tiene debido a qué son los que más frecuencia de salida evidencian, por lo tanto la mayoría de los

repuestos que se necesitan por fallas imprevistas no están presentes y el pedido de los mismos depende de la disponibilidad del repuesto en el lugar, caso contrario se requiere del envío desde la ciudad más cercana o en casos extremos se debe importar. El tiempo logístico de adquisición del repuesto cuando no está disponible en el lugar, oscila entre los 3 y los 23 días aproximadamente.

7.9. Órdenes y registros

Dentro del Departamento de Mantenimiento es muy común el uso de formatos que permiten registrar las actividades realizadas al igual que los tiempos de ejecución y los materiales empleados.

Aquí se identifica el empleo de estos documentos de control que permitirán la obtención de datos confiables y seguros, además que servirán de apoyo en los procesos de fiscalización y auditoria propios de las empresas.

7.9.1. Fichas técnicas

Dentro de los archivos físicos existentes están las fichas técnicas de cada máquina, estas cuentan con los datos más relevantes de la misma como marca, modelo, año y características de desempeño como potencia, par, transmisión, etc.

Además, aquí constan insumos recomendados para el funcionamiento de la maquina como fluidos, filtros y grasas. En la figura 26 se puede apreciar la ficha técnica del volquete 05-36 en la que se observa el modelo aplicado en el Consejo Provincial de Imbabura.

El modelo actual existente dispone de todos los datos necesarios para una ficha técnica, el problema se presenta al no existir las fichas técnicas actuales de todos los equipos, ya que algunas presentan los formatos anteriores, los mismos que no constan con la información necesaria y están en malas condiciones, inclusive otras máquinas no presentan ningún tipo de ficha técnica.

FICHA TECNICA EQUIPOS

NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACION DEL EQUIPO		GRUPO
VOLQUETE 12M3		JHDF51ELV70X10337		MAQUINARIA DE APOYO

MARCO	MODELO	COLOR	AÑO	NUMERO DE PLACA
HINO	F51ELV	BLANCO	2007	IEA-283

NUMERO DE DISCO	05-36
------------------------	-------



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Motor	6 CILINDROS
Potencia	410 PS A 1800 RPM
Sistema de combustible	Electronica riel comun EURO III
Cabina	Simple
Sistema eléctrico	24 V
Transmisión	ZF16S2330TD
Tanques de combustible	360 L
Distancia entre ejes	4680+1350
Largo de la tolva	7,890 m
Chasis	Escalera
Dirección	Hidráulica
Embrague	Disco
Ullantas	1000-20 TOTAL 10

STOCK NECESARIO			
ACEITES		FILTROS	
PARA	REFERENCIAS	Filtro aceite	FILTROS
Motor	SAE 15W40	Filtro aceite	51560-72261
Hidráulico	SAE 10W30	Filtro aceite	51560-72281
Transmisión	SAE 85W90	Filtro combustible	52340-11690
Caja de velocidades	SAE 140	Filtro combustible	52340-11580
		Filtro aire	51780-13450
		Filtro aire	51780-13460
		Filtro diferencial	54109-E0010
		Filtro transmisión	54109-E0010

SISTEMAS Y/O PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO	
Sistema de potencia y refrigeración	
Sistema neumático	
Sistema eléctrico	
Sistema de suspensión	
Sistema de dirección	
Sistema de transmisión o tren de potencia	
Sistema eje delantero no propulsor y eje trasero propulsor.	

Figura 26: Ficha técnica de Equipos **Fuente:** GPI.

7.9.2. Orden de trabajo

El GPI dispone de un formato elaborado exclusivo de órdenes de trabajo en las cuales se registra las fechas de ejecución del trabajo completas con horas y días, las actividades realizadas, el diagnóstico de la maquinaria y los materiales o repuestos necesarios, el formato se puede apreciar en la figura 27 obtenida de la Jefatura del Mantenimiento del GPI.



GAD PROVINCIAL DE IMBABURA

ORDEN DE TRABAJO DE TALLER

Nº 004747



PREFECTURA DE IMBABURA

No. Disco: 05-36
Operador: CARLOS MAZA
Tipo de Maquinaria: VOLBUETA
Fecha de Trabajo Inicio: 6-11-2018
Fecha de Trabajo Final: 6-11-2018

Lugar: CERO VERDE (SANTA ROSA)
Mecánico / s: DAVID XEPER
JAI R AZA
Horas de Trabajo:
Kilometraje:

DIAGNÓSTICO
Seguro de la computadora del borde con desgaste.

TRABAJOS REALIZADOS
Reconstrucción del seguro de la computadora.

MATERIALES:	
CANT.	DESCRIPCIÓN
1/2	libra electrodos 60-11 x 1/8.

REPUESTOS:	
CANT.	DESCRIPCIÓN

Días de Trabajos	Salida	Inicio Trabajo	Fin Trabajo	Llegada Taller	Tiempo Normal	Horas Suplem.	Horas Extras	Total Horas
Lunes								
Martes	06:00	13:00	14:30	17:00				
Miércoles								
Jueves								
Viernes								
Sábado								
Domingo								

Firma Operador/Conductor: 000219558-2
Firma Responsable Taller: [Firma]
Firma Técnico 1: [Firma]
Firma Técnico 2: [Firma]

Figura 27: Orden de trabajo Fuente: GPI.

De la inspección directa se puede concluir que el uso de los formatos de órdenes de trabajo, está dándose de manera errónea ya que no aprovecha el formato en su totalidad, presentándose errores de llenado, campos incompletos e incluso llenados de manera poco legible, además el formato no prioriza la importancia en la ejecución de los mantenimientos.

7.9.3. Pedido de repuestos y materiales

Los pedidos de repuestos y materiales son otros de los documentos empleados en el departamento, ya que permiten llevar la contabilidad de los insumos y repuestos que se emplean para las tareas de mantenimiento y que están presentes en bodega, en la figura 28 se muestra el formato empleado en las órdenes de compra, el cual o presenta problema ya que es empleado correctamente.

[illegible]

Figura 28: Pedidos de repuestos y materiales Fuente: GPI.

7.9.4. GPICar (Software de registro)

Debido a la necesidad de llevar un registro confiable que al mismo tiempo permita el uso de múltiples usuarios, el GPI cuenta con un software de registro en línea, elaborado a pedido denominado GPI Car, el mismo que limita el acceso a través de una contraseña y es de uso exclusivo en computadoras del GPI.

Como se muestra en la figura 29 el software cuenta con una interfaz de manejo bastante sencilla, aquí se puede almacenar los datos de la flota vehicular del Consejo Provincial, como fichas técnicas, consumo de combustible, operadores de cada máquina, horas o kilómetros trabajados y lugares donde se ha trabajado.

Adicional a esto se almacenan los datos de los trabajos realizados, materiales empleados, repuestos, accesorios, trabajos contratados, dando opción a almacenar también herramientas, fotos, partes, órdenes y otras opciones.

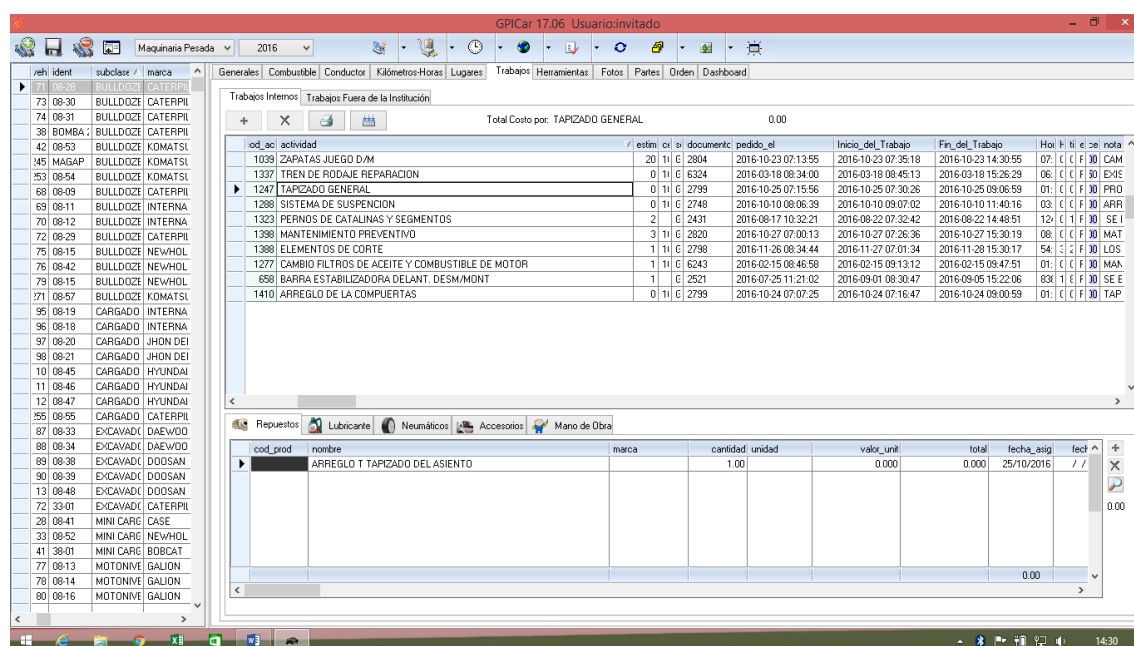


Figura 29: Interfaz GPICar Fuente: GPI.

Aunque el programa de registro tiene múltiples opciones útiles, solo permite llevar un control de las actividades, mas no presenta graficas de mantenimiento, ni planificaciones del mismo, por lo que no se puede considerar un software de gestión de mantenimiento completo.

Un problema que se evidencia en el manejo del GPI Car, es que existe campos sin llenar en el programa, o que la información que se ingresa ahí no coincide total o parcialmente con la real en algunos casos, complicando la labor de planificación del mantenimiento.

7.10. Organigrama del proceso actual de mantenimiento

El proceso que se sigue para el mantenimiento, se muestra en la figura 30 y se describe en la tabla 7, aquí se puede observar la intervención de la Jefatura de Bodega en las labores de mantenimiento, lo que hace más lento el proceso de reparación.

Tabla 7: Procedimiento de mantenimiento del GPI **Fuente:** Autores.

Nro.	Procedimiento
1	Al presentar alguna anomalía el vehículo, es directamente captada por el operador de la maquinaria.
2	Se envía informe de las anomalías presentadas al encargado de Jefatura mediante una llamada telefónica.
3	El encargado de jefatura recibe el informe de las anomalías presentas en las máquinas de parte del operador.
4	Se envía el informe de daños a uno de los técnicos de turno.
5	El técnico de turno recibe la información del jefe de departamento mantenimiento de las anomalías presentadas.
6	El técnico de turno es el encargado de trasladarse al lugar de los hechos para realizar la respectiva evaluación.
7	El encargado de la jefatura recibe el informe de daños preliminar por parte del técnico de turno.
8	El encargado de la jefatura pregunta al técnico de turno si el fallo detectado en la maquinaria se puede solucionar en el mismo lugar o es necesario llevar al taller.
9	El técnico de turno es el encargado de llevar la máquina en caso que el daño sea mayor o si se puede reparar en el lugar, se realiza el orden de trabajo, se realiza el desmontaje y un informe real de los daños.
10	El encargado de jefatura de mantenimiento recibe el informe de los daños reales de la máquina, con la que pregunta ¿Se requiere repuestos sí o no?.
11	El técnico en el caso de necesitar algún repuesto pide a la jefatura de bodega, en caso de no necesitar ningún repuesto realiza las reparaciones correspondientes y finalmente realiza las respectivas pruebas.
12	En caso de existir los repuestos requeridos se genera el orden de pedido de repuesto y se realiza las reparaciones correspondientes, en el caso de no, el asistente de procesos revisa el portal de compras públicas.
13	El asistente de procesos al revisar el portal de compras públicas conoce ¿La disponibilidad de presupuesto para el repuesto? En caso de un si realiza su compra para más después enviar al técnico de turno, en caso de un no llega el fin de proceso.

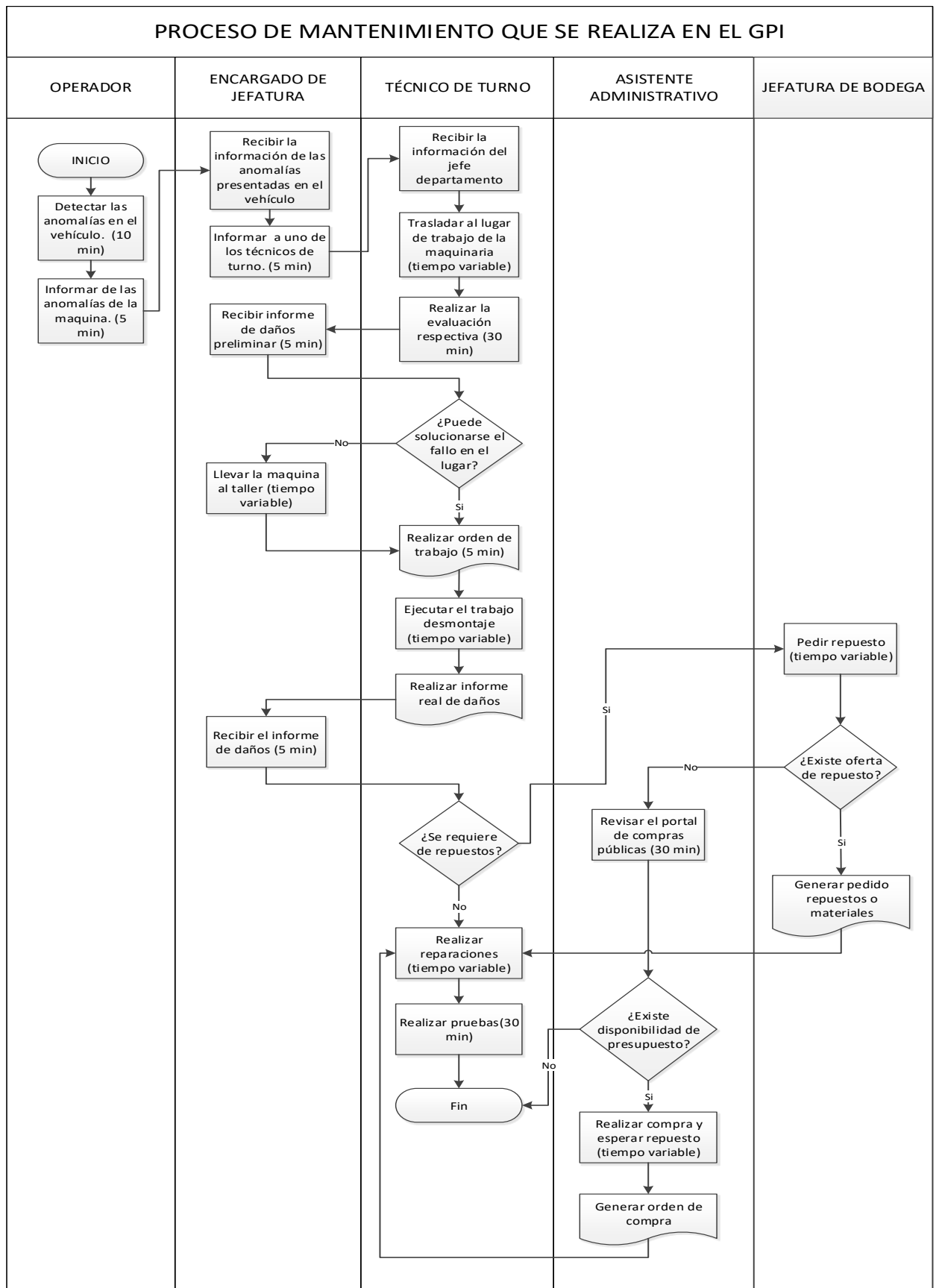


Figura 30: Proceso de mantenimiento GPI **Fuente:** Autores.

7.11. Flota vehicular

El Gobierno Provincial de Imbabura al ser una institución de gran alcance, tanto a nivel territorial como a nivel seccional, cuenta con varios vehículos para las diferentes tareas, la misma que está clasificada por tipo y subtipo de vehículo.

Debido a las dimensiones de la flota vehicular y a lo extenso del análisis se ha seleccionado una parte de la misma, y que se define como el equipo caminero, el cual es representativo tanto en costo como en impacto debido a la importancia en la ejecución de grandes obras. El equipo caminero al contar con máquinas de grandes dimensiones, en un número considerable de unidades, las mismas que tienen un costo muy superior a los vehículos utilitarios, tanto en valor de adquisición como en mantenimientos y recambios, es el grupo seleccionado para analizarse de manera minuciosa.

7.11.1. Equipo caminero

El equipo caminero comprendido como todo aquel equipo que permite construir, reparar y modificar la estructura vial del sector, está constituido por maquinaria pesada, maquinaria semipesada y equipos, los mismos que cuentan con codificación propia realizada por el Departamento de Mantenimiento del GPI y que esta socializada entre el equipo de trabajo.

- **Vehículos Utilitarios grandes o vehículos pesados**

Son vehículos con fines específicos, aquí están presentes los carros taller cuya finalidad es el mantenimiento en el lugar de fallo y el furgón o carro tarima, empleado para eventos donde sea necesario las cuales pertenecen a la categoría N2 cuyo peso 3500 kg hasta 12000 kg.

- **Maquinaria Semipesada**

La maquinaria Semipesada, comprende la parte de la maquinaria que puede circular por las vías y sirve para trabajos anexos al tratamiento vial, como por ejemplo transporte de maquinaria, materiales e insumos y material de desbanque; aquí se encuentran englobados todos los vehículos de tamaño y volumen mediano, como volquetas, camiones cisterna o tanqueros, plataformas, cama baja, y algunos vehículos utilitarios de mantenimiento o carros taller pertenecientes a la categoría N3 cuyo peso es mayor a 12000 kg.

- **Maquinaria Pesada**

Es aquella que tiene grandes proporciones, además requiere de personal altamente entrenado para su operación y se emplea en grandes obras de ingeniería civil o minería ya que trabajan directamente sobre la conformación vial, es decir permiten la apertura vial, el movimiento y tendido del material in situ, la compactación del mismo, y el tratamiento final superficial. Aquí se tienen los buldócer o tractores de empuje, las motoniveladoras, las cargadoras frontales, las mini cargadoras, las excavadoras, las retroexcavadoras y los rodillos compactadores.

En la tabla 8 se expone la flota vehicular de manera general, el equipo caminero completo detallado se muestra en el Anexo 2.

Tabla 8: Listado general de vehículos propiedad del GPI **Fuente:** GPI.

Tipo de vehículo	Subtipo de vehículo	Número de vehículos
Vehículos Utilitarios grandes	Carros Taller	2
Maquinaria Semi Pesada	Volqueta	23
	Tanquero	3
	Plataforma	3
Maquinaria Pesada	Tractores	10
	Motoniveladoras	9
	Cargadoras	5
	Mini cargadoras	2
	Retroexcavadoras	3
	Excavadoras	5
	Rodillos	7
TOTAL		72

7.12. Levantamiento de información

En esta sección se presenta los datos obtenidos mediante el trabajo de campo, de los cuales se extrae la información necesaria para la determinación de las frecuencias de fallas y los intervalos de mantenimiento, en conjunto con los costos operativos.

7.12.1. División de sistema y subsistema de la maquinaria

Para el levantamiento de información se divide en 2 grandes grupos, el primero referente a la maquinaria semipesada y el segundo con toda la maquinaria pesada, los cuales para el análisis posterior se subdividen de acuerdo a la funcionalidad de cada uno.

Para la categorización de las fallas se realiza una división de los sistemas generales que conforman las máquinas, los mismos que se subdivide en elementos de cada sistema o trabajos generales.

En la tabla 9 se puede observar los sistemas generales presentes en el equipo caminero, los mismos que se describen de manera detallada por elementos y por trabajos de mantenimiento, además en la tabla se muestran cuáles son los sistemas correspondientes a maquinaria semipesada y cuáles son los correspondientes a maquinaria pesada.

Tabla 9: Descripción de sistemas del equipo caminero **Fuente:** Autores.

Nro.	Sistemas	Descripción de subsistemas y elementos	Maquinaria semipesada	Maquinaria pesada
1	Refrigeración	Comprende los elementos básicos del sistema de refrigeración como termostato, radiador, intercooler, bomba de agua, cañerías, ventilador, además hace referencia a trabajos de limpieza y revisión generales realizados en el sistema que no son planificados.	✓	✓
2	Tren Potencia	Conformado por elementos como embrague, mandos de embrague, cañerías, caja de cambios, accionamiento de las marchas, arboles de transmisión y palieres, diferencial, juntas cardanes y homocinéticas, ruedas, y otros elementos anexos. Además se engloban los trabajos de limpieza y revisión generales no planificados.	✓	
3	Tren Potencia Transmisión Traslación Dirección	Comprende todos los mecanismos que permiten desplazar la máquina, darle dirección y que le permiten darle estabilidad en el terreno, exceptuando a los que tienen tren de rodaje, sin importar si son de tipo hidráulico o mecánico. Aquí se encuentran la transmisión de la máquina que esta combinada estrechamente con los mecanismos de dirección y traslación de la misma. Adicional en este sistema se engloban revisiones y limpieza no previstas.		✓
4	Tren Rodaje	Este sistema es exclusivo de las maquinas con cadena u oruga, muy empleado en los buldócer y las excavadoras, comprende todo el sistema desde los mandos finales, pasando por los sprocket, cadenas, clavijas, ruedas guías, rodillos inferiores superiores, hasta las zapatas que están en contacto con el suelo, adicional se incluyen las revisiones y el engrase no programado o por fallo.		✓
5	Admisión Escape	Comprende elementos como filtro de aire, múltiples de admisión y escape, tubo de escape, silenciador, catalizador, turbo compresor, y demás elementos adjuntos a este sistema, además de las revisiones y limpiezas no previstas.	✓	✓
6	Hidráulico	Aquí se incluyen elementos que conforman un circuito hidráulico como: bomba hidráulica, tanque de aceite hidráulico, cañerías, válvulas, cilindros hidráulicos, filtro hidráulico, aceite hidráulico, mandos de maniobra y demás elementos. Aquí se incluyen los componentes de movimiento de varios de los componentes de la maquina como brazos, palas, cuchillas, elementos de giro, etc. Adicional a esto se tiene la limpieza y revisión imprevista del sistema.	✓	✓
7	Inyección Alimentación	Esta comprendido filtro, bomba de alimentación o transferencia, cañerías, bomba de inyección, inyectores y demás elementos anexos a este sistema, además de tareas de limpieza y revisión imprevista del sistema.	✓	✓

Nro.	Sistemas	Descripción de subsistemas y elementos	Maquinaria semipesada	Maquinaria pesada
8	Eléctrico	Engloba los sistemas de arranque , sistema de carga, sistemas de iluminación, y demás sistemas y elementos eléctricos anexos, además comprende revisión de fallas generales.	✓	✓
9	Lubricación	Comprende la bomba de aceite, aceite de motor y filtro de aceite, además de tareas de limpieza y revisión imprevista.	✓	✓
10	Control Regulación	Aquí se encuentran los elementos de control electrónico como: sensores, ECU, actuadores, además de revisión de fallas de los elementos de este sistema.	✓	✓
11	Frenos	Se tiene los elementos de frenado como mando o pedal de freno, compresor, cañerías de aire, calderines, válvulas, cilindros de freno, elementos de fricción y otros elementos. También se encuentran las revisiones y calibraciones imprevistas.	✓	✓
12	Suspensión	Comprende elementos como ballestas, amortiguadores, barras estabilizadoras y demás elementos del sistema, además trabajos como revisión y engrase de ciertos elementos.	✓	
13	Dirección	Contiene elementos de la tirantería de dirección, caja de dirección, rodamientos, rotulas, sistema de asistencia, circuito hidráulico, bomba hidráulica y otros elementos del sistema, además de revisión y limpieza del sistema.	✓	
14	Accesorios	Aquí se encuentran elementos como tanquetas, quinta rueda, generadores, elementos estructurales y elementos propios de cada máquina no comprendidos en las secciones anteriores.	✓	✓
15	Elementos Brazos Accesorios	En esta sección se tiene los elementos de corte como cucharones, palas, hojas topadoras, rippers, unas, esquineros y cuchillas, además de elementos estructurales de los brazos, pines y bocines, incluyéndose la suelda y reconstrucción de algunos de estos.		✓
17	Otros sistemas	Se entienden son aquellos que engloban tareas en las que intervienen varios elementos de los sistemas antes descritos como reparaciones parciales o totales de motor, reparaciones de latonería, pintura, adaptaciones y reparaciones estructurales de elementos no clasificados en los sistemas antes descritos, además de mantenimientos similares pero realizados por la casa comercial.	✓	✓

7.12.2. Clasificación de fallos

Una vez definidos los sistemas y elementos de los 2 grupos a analizar, se elaboran dos formatos diferentes de clasificación de falla de sistemas y falla de elementos, luego se realiza una codificación que permita la tabulación de los datos de manera rápida y eficiente.

Para la codificación se procede a ubicar primero las siglas del Gobierno Provincial de Imbabura (GPI), a continuación, se procede a definir el tipo de maquinaria ya sea pesada (MP) o semipesada (SP), después de establecer un numero perteneciente al sistema (1-13), finalmente en el caso de ser un elemento el codificado, se ubica un número correspondiente a dicho elemento (1-24).

Es conocido que se pueden realizar varios tipos de mantenimiento, pero los más comunes son los de tipo correctivo y preventivo, razón por la cual se ubica a continuación del elemento de fallo, el tipo de mantenimiento recibido.

Las divisiones de sistemas y codificación para maquinaria semipesada se pueden apreciar en la tabla 10. mientras que las divisiones de sistema y codificación empleada para maquinaria pesada quedan como se puede observar en la tabla 11.

Tabla 10: Formato para clasificación de fallas de maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipo de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Sistema de refrigeración	GPI SP 1	Termostato	GPI SP 1 1		x
		Radiador	GPI SP 1 2	x	x
		Bomba de agua	GPI SP 1 3		x
		Intercooler/enfriador de aceite	GPI SP 1 4	x	x
		Manguera intercooler/enfriador de aceite	GPI SP 1 5		x
		Manguera radiador	GPI SP 1 6		x
		Ventilador	GPI SP 1 7		x
		Fugas sistema de refrigeración	GPI SP 1 8		x
		Mant preventivo (anticongelante/refrigerante)	GPI SP 1 9	x	
		Revisión/limpieza general sistema refrigeración	GPI SP 1 10	x	
Tren de potencia	GPI SP 2	Ejes o arboles de transmisión	GPI SP 2 1		x
		Semiejes o palieres	GPI SP 2 2		x

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipo de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Tren de potencia	GPI SP 2	Cardanes o Juntas	GPI SP 2 3	x	x
		Caja de cambio	GPI SP 2 4		x
		Accionamiento de marchas	GPI SP 2 5		x
		Diferencial/tandem	GPI SP 2 6		x
		Embrague o convertidor de par	GPI SP 2 7	x	x
		Llantas	GPI SP 2 8		x
		Cañerías de aire	GPI SP 2 9	x	x
		Fugas aceite transmisión	GPI SP 2 10		x
		Mant preventivo (aceite caja corona)	GPI SP 2 11	x	
		Revisión/engrase general tren de potencia	GPI SP 2 12	x	
Sistema de admisión y escape	GPI SP 3	Filtro de aire	GPI SP 3 1	x	x
		Múltiple de adm/esc	GPI SP 3 2		x
		Turbo cargador	GPI SP 3 3		x
		Silenciador/catalizador	GPI SP 3 4		x
		Válvulas/taques/asientos/guías, etc	GPI SP 3 5	x	x
		Tubo de escape	GPI SP 3 6		x
		Revisión/calibración general admisión escape	GPI SP 3 7	x	
		Revisión/reconstrucción general admisión escape	GPI SP 3 8	x	
Sistema hidráulico	GPI SP 4	Depósito de aceite	GPI SP 4 1	x	x
		Retenes/sellos/Orin	GPI SP 4 2		x
		Bomba hidráulica	GPI SP 4 3	x	x
		Válvulas de control/alivio, otras válvulas	GPI SP 4 4		x
		Filtro hidráulico	GPI SP 4 5	x	x
		Mangueras y cañerías	GPI SP 4 6		x
		Accionamiento de cilindros actuadores	GPI SP 4 7		x
		Cilindros hidráulicos	GPI SP 4 8	x	x
		Presión de aceite hidráulico	GPI SP 4 9		x
		Fugas hidráulicas	GPI SP 4 10		x
		Mant preventivo (aceite sistema hidráulico, filtro hidráulico)	GPI SP 4 11	x	
		Revisión/limpieza general sistema hidráulico	GPI SP 4 12	x	
Sistema de inyección y alimentación	GPI SP 5	Tanque de combustible	GPI SP 5 1	x	x
		Filtro de combustible	GPI SP 5 2	x	x
		Bomba de alimentación	GPI SP 5 3		x
		Bomba de inyección	GPI SP 5 4	x	x
		Cañerías de combustible	GPI SP 5 5		x
		Inyectores	GPI SP 5 6	x	x
		Presión de inyección	GPI SP 5 7		x
		Fugas de combustible	GPI SP 5 8		x
		Revisión/limpieza general sistema inyección alimentación	GPI SP 5 9	x	

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipo de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Sistema eléctrico	GPI SP 6	Fusibles/relés/cables	GPI SP 6 1		x
		Motor de arranque	GPI SP 6 2		x
		Alternador	GPI SP 6 3		x
		Batería	GPI SP 6 4	x	x
		Cortocircuito/fallos generales	GPI SP 6 5		x
		Iluminación/alumbrado	GPI SP 6 6		x
		Indicadores de tablero	GPI SP 6 7		x
		Revisión general sistema eléctrico	GPI SP 6 8	x	
Sistema de lubricación	GPI SP 7	Filtro de aceite motor	GPI SP 7 1		x
		Presión de aceite motor	GPI SP 7 2		x
		Bomba de aceite motor	GPI SP 7 3		x
		Fugas sistema de lubricación	GPI SP 7 4		x
		Revisión/limpieza general sistema de lubricación	GPI SP 7 5	x	
		Mant preventivo (aceite motor, filtro de aceite, filtro aire, filtro combustible)	GPI SP 7 6	x	
Sistema de control y regulación	GPI SP 8	Computadora/ECU	GPI SP 8 1		x
		Sensores	GPI SP 8 2		x
		Actuadores electrónicos	GPI SP 8 3		x
		Códigos de falla	GPI SP 8 4		x
		Revisión general sistema de control	GPI SP 8 5	x	
Sistema de frenos	GPI SP 9	Cañerías de aire	GPI SP 9 1		x
		Compresor	GPI SP 9 2	x	x
		Accionamientos	GPI SP 9 3	x	x
		Freno de remolque	GPI SP 9 4		x
		Calderines	GPI SP 9 5		x
		Válvulas reguladoras/control/correctores de frenado, etc	GPI SP 9 6		x
		Cilindros de freno	GPI SP 9 7		x
		Sistema FLR (Filtrado, Lubricación, Regulación)	GPI SP 9 8	x	x
		Elementos de fricción	GPI SP 9 9	x	x
		Fugas de aire	GPI SP 9 10		x
		Abc de frenos	GPI SP 9 11	x	
		Revisión/calibración general sistema de freno	GPI SP 9 12	x	
Sistema de suspensión	GPI SP 10	Paquetes o ballestas	GPI SP 10 1		x
		Amortiguadores	GPI SP 10 2		x
		Barras estabilizadoras	GPI SP 10 3		x
		Fuelles neumáticos	GPI SP 10 4		x
		Elementos estructurales suspensión (ejes, pines, bocines, etc)	GPI SP 10 5		x
		Abc suspensión	GPI SP 10 6	x	
		Revisión general sistema de suspensión	GPI SP 10 7	x	

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipo de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Sistema de dirección	GPI SP 11	Rodamientos de ruedas	GPI SP 11 1	x	x
		Rotulas y articulaciones	GPI SP 11 2	x	x
		Bomba servo hidráulica	GPI SP 11 3	x	x
		Brazos de dirección	GPI SP 11 4	x	x
		Caja de dirección	GPI SP 11 5	x	x
		Deposito liquido hidráulico	GPI SP 11 6	x	x
		Cañerías de dirección	GPI SP 11 7		x
		Elementos estructurales dirección (pines, bocines,etc)	GPI SP 11 8		x
		Fugas sistema de dirección	GPI SP 11 9		x
		Abc dirección	GPI SP 11 10	x	
		Mant preventivo (fluido de dirección)	GPI SP 11 11	x	
		Revisión/limpieza/alineación general sistema de dirección	GPI SP 11 12	x	
Accesorios	GPI SP 12	Mecanismos tanquero	GPI SP 12 1		x
		Mecanismos apertura/cierre de puertas	GPI SP 12 2		x
		Volco/ plataforma	GPI SP 12 3		x
		Elementos estructurales/soportes/general	GPI SP 12 4		x
		Aire acondicionado	GPI SP 12 5	x	x
		Quinta rueda	GPI SP 12 6		x
Otros Sistemas	GPI SP 13	Mant preventivo (engrase elementos)	GPI SP 13 1	x	
		Mant preventivo (bandas accesorios/correa de distribución)	GPI SP 13 2	x	
		Abc motor (mantenimiento general completo básico)	GPI SP 13 3	x	
		Mantenimiento casa comercial	GPI SP 13 4	x	x
		Mant correctivo (pintura, tapiz soldadura chapa)	GPI SP 13 5		x
		Reparación parcial motor (elementos primordiales)	GPI SP 13 6		x
		Reparación integral completa motor	GPI SP 13 7		x

Tabla 11: Formato para clasificación de fallas de maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipos de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Sistema de refrigeración	GPI MP 1	Termostato	GPI MP 1 1		x
		Radiador	GPI MP 1 2	x	x
		Bomba de agua	GPI MP 1 3		x
		Intercooler	GPI MP 1 4	x	x
		Manguera intercooler	GPI MP 1 5		x
		Manguera radiador	GPI MP 1 6		x
		Ventilador	GPI MP 1 7		x
		Fugas sistema de refrigeración	GPI MP 1 8		x
		Mantenimiento preventivo (anticongelante/refrigerante)	GPI MP 1 9	x	
		Revisión/limpieza general sistema de refrigeración	GPI MP 1 10	x	
Tren de rodaje	GPI MP 9	Cadena(clavija, sello, eslabón, cojinete, (enchufe, anillo empuje))	GPI MP 9 1	x	x
		Zapatas (pernos y tuercas)	GPI MP 9 2		x
		Rodillos soporte/rodillos oruga inferior (bujes, ejes, etc)	GPI MP 9 3		x
		Ruedas guía/ruedas tensoras (bujes, ejes pasadores, etc)	GPI MP 9 4		x
		Catarina/rueda de cadena/sprocket (pernos, tuercas, etc)	GPI MP 9 5		x
		Bastidor de la oruga (track frame) tren rodaje	GPI MP 9 6		x
		Barra estabilizadora tren de rodaje	GPI MP 9 7		x
		Templador de la cadena	GPI MP 9 8		x
		Paquetes de muelles pretensados (excav)	GPI MP 9 9	x	x
		Suelda/reconstrucción general tren de rodaje	GPI MP 9 10		x
		Revisión/engrase general tren de rodaje	GPI MP 9 11	x	
		Revisión/limpieza general tren de rodaje	GPI MP 9 12	x	
Tren de potencia (transmisión /dirección/ traslación/ suspensión)	GPI MP 8	Conjunto diferencial	GPI MP 8 1		x
		Mandos finales (reductores finales)	GPI MP 8 2	x	x
		Ejes	GPI MP 8 3		x
		Semiejes	GPI MP 8 4		x
		Cardan o junta homocinética	GPI MP 8 5	x	x
		Caja de cambio/caja reductora	GPI MP 8 6		x
		Motor hidráulico de transmisión	GPI MP 8 7	x	x
		Bomba hidráulica de transmisión	GPI MP 8 8	x	x
		Discos y embragues (frenos, dirección)	GPI MP 8 9		x
		Embrague o convertidor de par (transmisión)	GPI MP 8 10		x
		Cañerías y conductos	GPI MP 8 11		x

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipos de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Tren de potencia (transmisión /dirección/ traslación/ suspensión)	GPI MP 8	Mecanismo de accionamientos (pedales, palancas, joystick)	GPI MP 8 12	x	x
		Válvulas de control	GPI MP 8 13		x
		Otras Válvulas (alivio, check, etc)	GPI MP 8 14		x
		Elementos estructurales de dirección (terminales, rodamientos, etc)	GPI MP 8 15	x	x
		Elementos de la suspensión (paquetes o ballestas, etc)	GPI MP 8 16		x
		Llantas (aro, neumático, perno)	GPI MP 8 17		x
		Fallas generales tren de potencia	GPI MP 8 18		x
		Perdida de tracción ejes	GPI MP 8 19		x
		Presión hidráulica tren de potencia	GPI MP 8 20		x
		Fuga de aceite tren de potencia	GPI MP 8 21		x
		Revisión/limpieza general tren de potencia	GPI MP 8 22	x	
		Mantenimiento preventivo (aceite transmisión)	GPI MP 8 23	x	
		Revisión/engrase general tren de potencia	GPI MP 8 24	x	
Sistema hidráulico	GPI MP 7	Elementos sistema de giro (excavadora)	GPI MP 7 1		x
		Junta giratoria excavadora	GPI MP 7 2	x	x
		Tornamesa excavadora	GPI MP 7 3		x
		Motor hidráulico de giro tornamesa	GPI MP 7 4	x	x
		Cilindros de dirección	GPI MP 7 5	x	x
		Bomba hidráulica de dirección	GPI MP 7 6	x	x
		Depósito de aceite	GPI MP 7 7	x	x
		Retenes/sellos/o rin	GPI MP 7 8		x
		Bomba hidráulica	GPI MP 7 9	x	x
		Válvula de control	GPI MP 7 10		x
		Válvula de alivio	GPI MP 7 11		x
		Otras válvulas	GPI MP 7 12		x
		Filtro sistema hidráulico	GPI MP 7 13	x	x
		Mangueras y cañerías sistema hidráulico	GPI MP 7 14		x
		Joystick (accionamientos de cilindros y actuadores)	GPI MP 7 15	x	x
		Cilindros hidráulicos de brazos	GPI MP 7 16		x
		Sistema de vibración del rodillo (cojinetes, temblores, etc	GPI MP 7 17	x	x
		Presión de aceite hidráulico	GPI MP 7 18		x
		Fugas hidráulicas	GPI MP 7 19		x
		Mantenimiento preventivo (sistema hidráulico)	GPI MP 7 20	x	
		Revisión/limpieza general sistema hidráulico	GPI MP 7 21	x	

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipos de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Sistema de admisión y escape	GPI MP 2	Filtro de aire	GPI MP 2 1	x	x
		Múltiple de adm/esc	GPI MP 2 2		x
		Turbo cargador	GPI MP 2 3		x
		Válvulas	GPI MP 2 4		x
		Silenciador	GPI MP 2 5		x
		Catalizador	GPI MP 2 6		x
		Tubo de escape	GPI MP 2 7		x
		Revisión/reconstrucción general admisión escape	GPI MP 2 8		x
Sistema de inyección y alimentación	GPI MP 3	Tanque de combustible	GPI MP 3 1	x	x
		Filtro de combustible	GPI MP 3 2	x	x
		Bomba de alimentación	GPI MP 3 3		x
		Bomba de inyección	GPI MP 3 4	x	x
		Cañerías de combustible	GPI MP 3 5		x
		Inyectores	GPI MP 3 6	x	x
		Presión de inyección	GPI MP 3 7		x
		Fugas de combustible	GPI MP 3 8		x
Sistema eléctrico	GPI MP 6	Revisión/limpieza general sistema inyección alimentación	GPI MP 3 9	x	
		Fusibles	GPI MP 6 1		x
		Relés	GPI MP 6 2		x
		Motor de arranque	GPI MP 6 3		x
		Alternador	GPI MP 6 4		x
		Batería	GPI MP 6 5	x	x
		Cables	GPI MP 6 6		x
		Cortocircuito/falla sistema	GPI MP 6 7		x
		Circuito iluminación/alumbrado	GPI MP 6 8		x
		Indicadores de tablero	GPI MP 6 9		x
Sistema de lubricación motor	GPI MP 4	Revisión general sistema eléctrico	GPI MP 6 10	x	
		Filtro de aceite motor	GPI MP 4 1	x	x
		Presión de aceite motor	GPI MP 4 2		x
		Bomba de aceite motor	GPI MP 4 3		x
		Fugas sistema de lubricación	GPI MP 4 4		x
		Mantenimiento preventivo (aceite de motor, filtro de aceite, filtro de aire, filtro de combustible)	GPI MP 4 5	x	
Sistema de control y regulación	GPI MP 5	Revisión/limpieza general sistema de lubricación	GPI MP 4 6	x	
		Computadora/ECU	GPI MP 5 1		x
		Sensores	GPI MP 5 2		x
		Actuadores electrónicos	GPI MP 5 3		x
		Códigos de falla	GPI MP 5 4		x
		Revisión general sistema de control	GPI MP 5 5	x	

Sistema	Código	Fallo	Código	Tipos de Mantenimiento	
				Preventivo	Correctivo
Sistema de frenos	GPI MP 10	Cañerías de freno	GPI MP 10 1		x
		Accionamientos	GPI MP 10 2	x	x
		Sistemas de válvulas	GPI MP 10 3		x
		Freno de estacionamiento	GPI MP 10 4	x	x
		Cilindros hidráulicos de freno	GPI MP 10 5		x
		Mecanismo de frenado	GPI MP 10 6		x
		Elementos e fricción	GPI MP 10 7	x	x
		Fugas sistema de frenos	GPI MP 10 8		x
		Abc de frenos	GPI MP 10 9	x	
		Revisión calibración general sistema de freno	GPI MP 10 10	x	
Accesorios y brazos	GPI MP 11	Cuchillas	GPI MP 11 1		x
		Unas	GPI MP 11 2		x
		Esquineros	GPI MP 11 3		x
		Cucharon	GPI MP 11 4		x
		Pala	GPI MP 11 5		x
		Ripper	GPI MP 11 6		x
		Rodillo vibratorio	GPI MP 11 7		x
		Reconstrucción elementos de corte	GPI MP 11 8		x
		Pines y bocines	GPI MP 11 9		x
		Roscas macho y hembra del brazo/elementos estructura	GPI MP 11 10		x
		Reconstrucción estructural de accesorios y piezas	GPI MP 11 11		x
		Compresor	GPI MP 11 12	x	x
		Aire acondicionado	GPI MP 11 13	x	x
Otros Sistemas	GPI MP 12	Abc motor (mantenimiento general completo básico)	GPI MP 12 1	x	
		Mantenimiento preventivo casa comercial	GPI MP 12 2	x	
		Mantenimiento correctivo (pintura, tapiz, soldadura, chapa)	GPI MP 12 3		x
		Mantenimiento correctivo (adaptaciones)	GPI MP 12 4		x
		Reparación integral motor	GPI MP 12 5		x
		Soldadura de mantenimiento	GPI MP 12 6		x
		Mantenimiento correctivo casa comercial	GPI MP 12 7		x
		Mantenimiento preventivo (bandas accesorios/correa de distribución)	GPI MP 12 8	x	
		Mantenimiento preventivo (engrase elementos)	GPI MP 12 9	x	

7.13. Resultados de los datos tabulados

De la tabulación de los datos, se obtienen los resultados del número de fallos por cada máquina de cada uno de los sistemas, como en la Tabla 12 se puede observar en la primera fila superior con el nombre de “Sistema” los sistemas que componen la máquina, en la segunda fila definida como “código” se puede identificar un código propio de cada sistema y en la primera columna de la izquierda se observa una lista con los códigos de cada máquina. Además, en la última fila se puede observar el total de fallas de cada máquina.

Como ejemplo si se observa en la tabla 12, la maquina 5-36 hace referencia a un volquete Hino 700, el cual presenta 25 fallas en el sistema de tren de potencia, a lo largo de los 3 últimos años, además se puede observar un total de 345 fallas surgidas en el tren de potencia de toda la maquinaria semipesada.

Tabla 12: Resultados de fallos en maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

Sistema	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI SP 1	GPI SP 2	GPI SP 3	GPI SP 4	GPI SP 5	GPI SP 6	GPI SP 7	GPI SP 8	GPI SP 9	GPI SP 10	GPI SP 11	GPI SP 12	GPI SP 13
5-22	1	13	0	0	1	4	0	0	7	4	3	2	10
5-24	2	18	2	4	3	10	0	1	2	11	4	8	10
5-25	1	6	3	0	1	7	0	0	2	6	0	5	3
5-26	0	10	0	1	1	4	0	1	1	9	3	7	10
5-27	2	22	0	1	0	5	0	0	4	14	5	8	9
5-29	1	12	0	0	0	5	0	1	5	8	4	5	7
5-31	3	23	1	0	0	6	0	0	2	8	2	3	7
5-36	6	25	2	6	4	7	0	1	7	15	3	5	4
5-37	5	20	5	10	7	10	0	3	7	16	3	3	8
5-38	1	21	0	3	1	10	0	0	13	22	14	7	5
5-39	7	12	0	1	1	7	0	0	7	6	0	5	4
5-40	0	19	0	2	0	3	0	0	12	9	5	5	5

Sistema	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI SP 1	GPI SP 2	GPI SP 3	GPI SP 4	GPI SP 5	GPI SP 6	GPI SP 7	GPI SP 8	GPI SP 9	GPI SP 10	GPI SP 11	GPI SP 12	GPI SP 13
5-47	9	7	0	6	1	1	3	1	2	4	1	4	6
19-01	3	8	0	0	1	2	0	0	2	13	0	2	3
19-02	0	1	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	0
19-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-04	9	25	1	1	1	8	0	1	0	10	5	6	2
17-02	0	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0
17-03	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
17-04	0	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	2
17-05	0	4	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
17-06	0	3	0	0	0	3	0	0	2	0	1	1	1
5-44	5	16	1	1	1	6	0	0	5	8	3	2	11
5-45	3	2	1	2	2	5	1	0	4	8	1	4	6
21-01	4	14	2	0	1	7	1	0	13	11	0	6	11
5-23	3	12	0	2	0	1	0	0	2	1	1	5	3
20-01	9	15	0	0	5	6	0	0	2	0	0	6	0
20-02	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0
73-01	3	6	0	0	1	3	0	0	2	8	2	0	6
73-02	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE FALLOS	77	345	20	44	36	134	5	13	112	197	65	110	144

Al igual que en la Tabla 12, en la Tabla 13 se puede apreciar los resultados del número de fallos que presenta la maquinaria pesada, donde el sistema de Elementos y accesorios de los brazos es el que mayor número de fallos presenta a nivel de toda la maquinaria lo que equivale a 556 fallos totales, mientras que el sistema que menos danos tiene es el sistema de lubricación con solo 15 fallos.

Tabla 13: Resultados de fallos en maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

Sistema	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Transmisión. Traslación	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI MP 1	GPI MP 2	GPI MP 3	GPI MP 4	GPI MP 5	GPI MP 6	GPI MP 7	GPI MP 8	GPI MP 9	GPI MP 10	GPI MP 11	GPI MP 12
08-09	9	0	0	0	0	9	17	21	34	1	17	10
08-11	2	3	9	1	0	4	9	13	12	0	18	8
08-12	0	2	1	1	0	3	21	13	20	2	27	5
08-28	7	8	7	1	0	0	6	2	18	0	20	2
08-29	3	15	4	0	0	6	9	1	6	0	14	12
08-30	1	3	2	0	1	5	7	13	1	0	22	15
08-42	10	9	7	1	0	7	15	12	11	0	14	15
MAGAP	7	2	24	1	0	3	8	2	6	0	27	2
08-53	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	9	1
08-54	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
08-17	9	0	0	0	0	3	11	7	0	2	13	1
08-23	7	4	12	0	0	14	18	23	0	0	16	8
08-32	3	5	1	0	4	10	18	23	0	0	26	3
08-35	0	5	2	0	0	9	15	3	0	2	13	8
08-36	0	2	0	0	0	5	7	10	1	1	16	1
08-49	0	2	0	1	0	6	4	11	0	0	14	4
08-50	0	4	0	0	1	0	1	0	1	0	2	2
08-51	2	0	0	0	1	5	11	11	0	0	26	4
08-56	2	3	8	0	0	3	4	5	0	0	7	7
08-45	2	0	1	0	0	5	4	14	0	3	24	10
08-47	1	16	1	0	1	3	1	13	1	3	11	7
08-55	7	6	5	1	1	2	2	1	0	0	11	7
08-41	0	9	7	1	4	5	7	12	0	0	9	2
38-01	0	1	3	0	0	3	9	7	0	0	11	1
08-08	0	0	4	1	0	6	24	19	0	4	19	1
08-43	4	4	1	0	2	6	25	31	0	3	21	7

Sistema	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Transmisión. Traslación Dirección	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI MP 1	GPI MP 2	GPI MP 3	GPI MP 4	GPI MP 5	GPI MP 6	GPI MP 7	GPI MP 8	GPI MP 9	GPI MP 10	GPI MP 11	GPI MP 12
08-33	9	3	2	2	0	8	17	1	29	0	38	8
08-34	9	7	7	2	0	6	29	2	18	0	26	12
08-38	5	1	2	0	3	0	11	0	15	0	32	4
08-39	0	0	1	0	0	4	13	2	21	0	22	2
33-01	2	1	2	0	0	6	10	0	5	0	20	1
08-40	3	5	0	0	0	3	15	4	0	0	2	26
43-SA	5	0	7	0	1	2	6	4	0	0	0	12
43-01	4	3	5	1	0	6	11	1	0	0	0	3
43-02	0	0	1	0	1	4	8	1	3	0	2	3
43-03	1	0	4	0	0	0	1	1	0	1	0	0
43-04	8	0	2	0	0	5	5	4	0	0	0	10
43-05	0	2	7	0	3	3	2	1	0	0	0	12
TOTAL DE FALLOS	124	132	145	15	25	170	384	294	202	22	556	236

De la misma manera que la tabulación anterior, se obtienen los resultados de los costos que generan por sistema cada máquina, los resultados se pueden observar en las tablas 14 y 15. En la tabla 14 se puede observar como ejemplo, que la maquina 5-36 de un costo total de USD 61517.00 dólares, generados por fallos a lo largo de 3 años, pertenecen al tren de potencia USD 33255.00 de manera general; a nivel de toda la maquinaria semipesada, el tren de potencia es el que representa mayor gasto con un equivalente a USD 305599,75 dólares , mientras que el sistema de control y regulación es el que menos cuesta llegando tan solo a los USD 2307,77 dólares.

Tabla 14: Resultados de costos en maquinaria semipesada parte **Fuente:** Autores

Sistema	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección .Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI S 1	GPI S 2	GPI S 3	GPI S 4	GPI S 5	GPI S 6	GPI S 7	GPI S 8	GPI S 9	GPI S 10	GPI S 11	GPI S 12	GPI S 13
5-22	30,84	14861,52	0,00	0,00	43,00	330,85	0,00	0,00	923,89	346,11	675,18	235,43	2539,98
5-23	700,31	12038,70	0,00	178,77	0,00	255,37	0,00	0,00	821,73	253,06	62,00	355,52	404,92
5-24	20,00	11971,35	185,00	216,43	337,89	2274,07	0,00	45,69	190,35	1629,66	331,60	281,88	7330,74
5-25	0,00	5348,60	3894,36	0,00	25,37	968,59	0,00	0,00	202,34	498,25	0,00	272,50	66,95
5-26	0,00	8808,32	0,00	0,00	50,00	1221,26	0,00	86,92	175,44	1153,15	448,08	733,62	977,18
5-27	703,00	19520,05	0,00	452,26	0,00	504,78	0,00	0,00	659,76	1408,22	478,44	1018,69	1028,66
5-29	282,83	10568,73	0,00	0,00	0,00	1770,15	0,00	473,76	480,99	1272,63	385,86	309,57	851,66
5-31	231,05	18868,78	18,63	0,00	0,00	4927,96	0,00	0,00	255,80	809,40	94,82	272,24	846,98
5-36	3007,97	33656,17	501,87	1057,68	13938,17	929,84	0,00	396,44	2129,02	3853,32	267,31	531,00	415,25
5-37	386,60	34090,26	180,86	2016,97	667,41	1728,93	0,00	780,56	992,04	1177,62	512,70	134,99	1132,05

Sistema	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI S 1	GPI S 2	GPI S 3	GPI S 4	GPI S 5	GPI S 6	GPI S 7	GPI S 8	GPI S 9	GPI S 10	GPI S 11	GPI S 12	GPI S 13
5-38	347,48	18626,25	0,00	1532,78	20,00	1277,89	0,00	0,00	2775,31	4935,94	6444,65	618,42	366,02
5-39	1954,33	10254,93	0,00	56,50	37,62	1011,22	0,00	0,00	370,87	294,96	0,00	377,62	276,00
5-40	0,00	19721,32	0,00	100,00	0,00	440,49	0,00	0,00	4620,07	875,09	525,62	242,56	378,07
5-41	0,00	19802,39	101,96	446,64	0,00	481,54	0,00	179,40	2196,90	293,50	556,65	72,01	1093,83
5-47	651,18	2828,95	0,00	885,59	600,00	55,00	2200,00	120,00	240,00	285,50	125,00	200,00	6668,16
19-01	46,76	6534,50	0,00	0,00	450,00	240,00	0,00	0,00	240,00	1078,60	0,00	40,00	323,93
19-02	0,00	1200,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	120,00	0,00	65,00	0,00	20,00	0,00
19-03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19-04	1180,55	24401,66	74,19	147,77	41,18	1383,32	0,00	105,00	0,00	1938,36	1470,14	246,37	154,86
17-02	0,00	1360,00	0,00	0,00	0,00	40,00	0,00	0,00	324,56	55,00	0,00	0,00	0,00
17-03	0,00	4760,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00
17-04	0,00	2040,00	0,00	0,00	80,00	140,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,00	360,00
17-05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17-06	0,00	2040,90	0,00	0,00	0,00	160,00	0,00	0,00	234,66	0,00	105,00	0,00	0,00
5-44	1025,50	5206,21	35,00	55,00	16,00	455,00	0,00	0,00	637,50	720,00	469,86	105,00	3125,00
5-45	460,00	120,00	2100,00	218,56	2635,18	278,16	40,00	0,00	430,00	365,00	50,00	380,00	6593,15
21-01	1271,61	4739,64	510,00	0,00	60,00	495,00	220,00	0,00	968,50	850,69	0,00	545,00	1148,63

Sistema	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI S 1	GPI S 2	GPI S 3	GPI S 4	GPI S 5	GPI S 6	GPI S 7	GPI S 8	GPI S 9	GPI S 10	GPI S 11	GPI S 12	GPI S 13
20-01	1214,90	8751,66	0,00	0,00	452,00	685,00	0,00	0,00	305,00	0,00	0,00	1092,00	0,00
20-02	0,00	0,00	0,00	0,00	3305,00	105,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00	0,00
73-01	605,42	2798,86	0,00	0,00	35,00	315,00	0,00	0,00	400,00	610,00	345,00	0,00	435,00
73-02	0,00	680,00	0,00	0,00	0,00	210,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL DE FALLOS	14120,33	305599,75	7601,89	7364,96	22793,82	22724,44	2460,00	2307,77	20574,75	24769,07	13347,92	8474,44	36517,03

Tabla 15: Resultados de costos en maquinaria pesada parte **Fuente:** Autores.

Sistema	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Transmisión. Traslación Dirección	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI MP 1	GPI MP 2	GPI MP 3	GPI MP 4	GPI MP 5	GPI MP 6	GPI MP 7	GPI MP 8	GPI MP 9	GPI MP 10	GPI MP 11	GPI MP 12
08-09	2440,99	0,00	859,54	49,00	0,00	1336,81	7460,97	12470,94	32175,26	0,00	4163,63	4243,25
08-11	253,16	3737,84	149,21	182,51	0,00	834,12	930,16	4466,56	12051,84	0,00	4393,65	2217,92
08-12	0,00	59,13	1996,84	6,00	0,00	714,61	9165,59	1320,28	19201,11	27,32	6466,89	794,13
08-28	627,41	2193,43	311,67	0,00	0,00	0,00	2641,98	2248,41	9077,99	0,00	5301,75	601,95
08-29	700,63	4908,51	13500,81	0,00	327,00	1127,52	3290,91	111,44	6714,11	0,00	3097,72	1482,13
08-30	64,11	1793,07	1519,72	0,00	0,00	1661,81	1190,01	3005,51	5,00	0,00	4260,96	5407,78
08-42	1230,91	1427,63	4720,82	271,50	0,00	1936,88	4537,84	1417,69	7941,40	0,00	1015,92	6942,97
MAGAP	1690,17	0,00	1121,87	0,00	0,00	602,16	1380,44	1108,64	5773,65	0,00	10394,07	537,69
08-53	0,00	7565,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1972,46	58,00
08-54	30,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1261,58	0,00
08-17	373,21	0,00	16755,53	0,00	0,00	222,78	3547,98	32668,25	0,00	526,81	14606,72	17,54
08-23	1238,34	106,19	1905,66	0,00	1664,63	6020,30	9006,32	16654,53	0,00	0,00	5016,69	11700,43
08-32	472,23	4242,78	48,68	0,00	0,00	2190,51	2839,00	33539,22	0,00	0,00	9476,98	281,89
08-35	0,00	514,22	0,00	0,00	0,00	1795,79	26041,49	22468,09	0,00	242,36	3116,17	10549,84
08-36	0,00	37,51	0,00	26,87	0,00	1153,54	640,01	15295,34	51,00	217,10	3701,37	56,58

Sistema	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Transmisión. Traslación Dirección	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI MP 1	GPI MP 2	GPI MP 3	GPI MP 4	GPI MP 5	GPI MP 6	GPI MP 7	GPI MP 8	GPI MP 9	GPI MP 10	GPI MP 11	GPI MP 12
08-49	0,00	86,09	0,00	0,00	318,84	589,74	639,22	37034,23	0,00	0,00	4091,17	532,21
08-50	0,00	7546,62	0,00	0,00	65,28	0,00	429,84	0,00	10907,66	0,00	415,14	383,32
08-51	116,68	0,00	1252,69	0,00	0,00	582,00	1121,32	33593,25	0,00	0,00	5430,81	554,34
08-56	19258,70	749,13	32,25	0,00	0,00	80,63	758,25	10292,24	0,00	0,00	2822,34	17990,02
08-45	10,75	0,00	474,76	0,00	37,62	477,28	1046,44	12444,86	0,00	439,51	10894,27	3046,57
08-47	267,62	19128,38	1741,74	47,50	553,75	405,18	381,46	1113,69	240,00	424,27	2674,37	7124,34
08-55	380,50	385,69	3203,01	0,00	213,88	2446,00	340,00	18,81	0,00	0,00	3955,87	2625,88
08-41	0,00	850,43	897,55	0,00	0,00	1503,81	1528,61	8466,19	0,00	0,00	1082,10	297,00
38-01	0,00	162,00	327,86	102,79	0,00	326,11	3202,74	6389,20	0,00	0,00	2674,68	63,10
08-08	0,00	0,00	82,00	0,00	1780,24	1031,36	9220,19	12848,99	0,00	710,64	2811,24	0,00
08-43	541,31	5049,40	0,00	260,00	503,40	499,82	6016,36	11834,92	0,00	137,63	3513,88	580,82
08-44	164,15	911,51	45,60	87,18	0,00	111,26	64,59	7200,51	0,00	0,00	553,22	0,00
08-33	1021,51	405,70	706,67	761,81	0,00	1245,44	6604,81	6625,00	8344,59	0,00	17855,91	1599,00
08-34	1631,46	131,09	97,00	0,00	209,70	1014,06	13722,75	1673,64	9162,87	0,00	16693,04	1913,79
08-38	1066,51	37,50	452,03	0,00	0,00	0,00	3912,96	0,00	4154,96	0,00	19953,32	215,38
08-39	0,00	0,00	336,00	0,00	0,00	879,25	6950,05	505,09	13254,19	0,00	9515,78	271,89
33-01	68,15	37,09	0,00	0,00	0,00	2259,47	2161,19	0,00	2336,06	0,00	3113,96	201,00

Sistema	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Transmisión. Traslación Dirección	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	Otros sistemas
Código	GPI MP 1	GPI MP 2	GPI MP 3	GPI MP 4	GPI MP 5	GPI MP 6	GPI MP 7	GPI MP 8	GPI MP 9	GPI MP 10	GPI MP 11	GPI MP 12
08-40	1058,98	2243,71	2551,69	0,00	249,25	678,26	1941,14	7292,19	0,00	0,00	415,88	6607,10
43-SA	382,82	0,00	2971,80	21,50	0,00	484,25	872,25	3767,79	0,00	0,00	0,00	1771,44
43-01	115,18	4615,61	43,00	0,00	15,00	498,07	3818,11	1915,29	0,00	0,00	0,00	103,23
43-02	0,00	0,00	998,95	0,00	0,00	784,48	215,53	210,00	300,55	0,00	7,08	372,61
43-03	0,00	0,00	48,38	0,00	0,00	0,00	377,63	0,00	0,00	260,75	0,00	0,00
43-04	1707,84	0,00	1617,26	0,00	310,60	862,65	597,71	4128,86	0,00	0,00	0,00	6275,50
43-05	0,00	47,25	0,00	0,00	0,00	258,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17574,93
TOTAL	36914,22	68972,74	60770,59	1816,67	6249,22	36613,95	138595,88	314129,65	141692,24	2986,38	186720,62	114995,56

7.14. Análisis de los equipos

Para analizar los equipos se toma el método de Pareto, debido a que presenta ventajas como centrarse en los aspectos cuya mejora tendrá más impacto, proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas y evita que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras, además permite discriminar entre las causas más importantes de un problema, es decir los pocos, pero vitales y las menos importantes pero triviales.

7.14.1. Determinación de criticidad

Como es de conocimiento, no siempre un fallo puede considerarse crítico, ya que puede ser algo sencillo, por lo que es de suma importancia analizar los costos al generarse un fallo, que permitan conocer que fallas si son importantes y cuales fallas no lo son. En la figura 31 y la figura 32 se muestran los costos totales de cada sistema, para maquinaria semipesada y maquinaria pesada respectivamente.

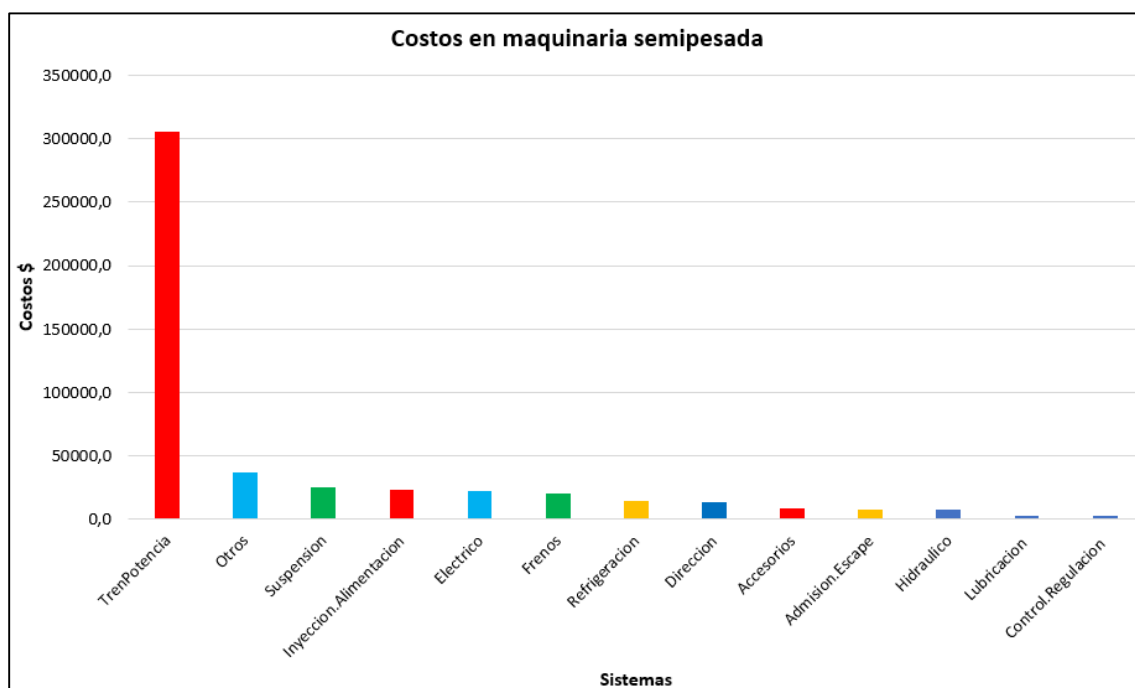


Figura 31 :Costos totales de los sistemas de maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

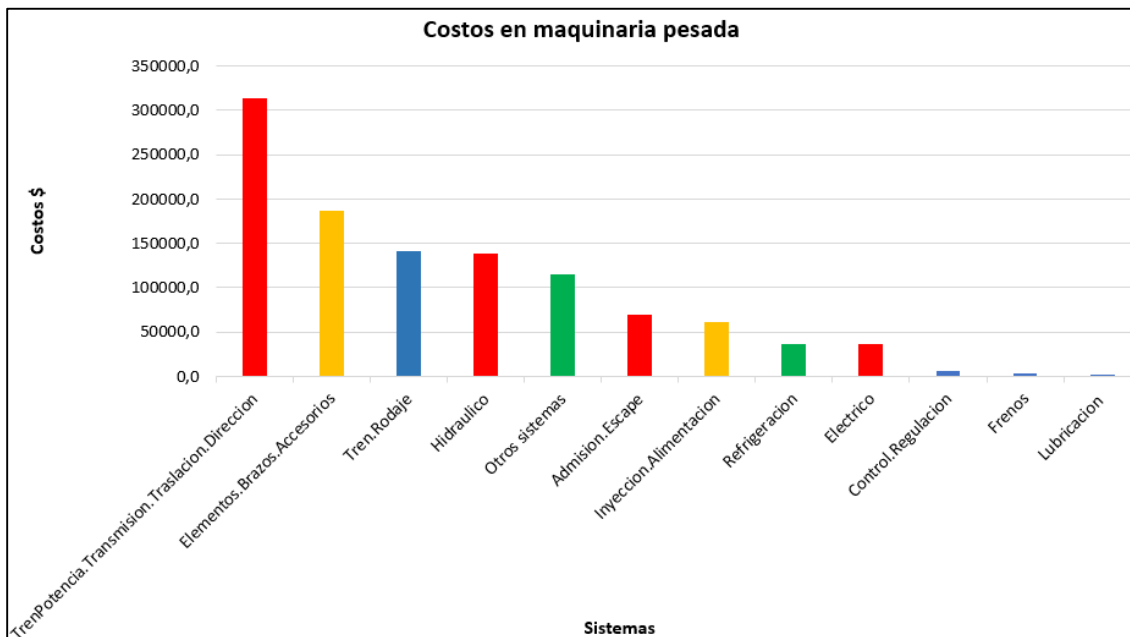


Figura 32: Costos totales de los sistemas de maquinaria pesada **Fuente:** Autores

Se procede con un análisis que involucra el número de fallos y los costos que representan cada uno de los sistemas, para lo cual se calculan los valores acumulados, los mismos que para la maquinaria semipesada se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Valores acumulados de los sistemas de maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

Código	Sistemas	Total de fallos	Acumulado	%	Acumulado	Total de costos	Acumulado	%
GPI SP 2	TrenPotencia	345	345	2,75	2,75	305599,8	305599,8	62,5
GPI SP 13	Otros	144	489	3,89	6,64	36517,0	342116,8	70,0
GPI SP 10	Suspension	197	686	5,46	12,11	24769,1	366885,9	75,1
GPI SP 5	Inyeccion.Alimentacion	36	722	5,75	17,86	22793,8	389679,7	79,7
GPI SP 6	Electrico	134	856	6,82	24,67	22724,4	412404,1	84,4
GPI SP 9	Frenos	112	968	7,71	32,38	20574,7	432978,9	88,6
GPI SP 1	Refrigeracion	77	1045	8,32	40,71	14120,3	447099,2	91,5
GPI SP 11	Direccion	65	1110	8,84	49,55	13347,9	460447,1	94,2
GPI SP 12	Accesorios	110	1220	9,72	59,26	8474,4	468921,6	96,0
GPI SP 3	Admision.Escape	20	1240	9,88	69,14	7601,9	476523,4	97,5
GPI SP 4	Hidraulico	44	1284	10,23	79,36	7365,0	483888,4	99,0
GPI SP 7	Lubricacion	5	1289	10,27	89,63	2460,0	486348,4	99,5
GPI SP 8	Control.Regulacion	13	1302	10,37	100,00	2307,8	488656,2	100,0
TOTAL			12556			488656,2		

Con los valores de la tabla 16 se elabora la gráfica de Pareto, donde se priorizan los sistemas más críticos, del análisis se obtiene la figura 33 que muestra los sistemas que más fallan dentro de la maquinaria semipesada. El sistema que resultan más crítico, es el relacionado al tren de potencia al tener un costo promedio aproximado a USD 305.599,80 dólares, seguido por otros sistemas varios, el sistema de suspensión, el sistema de inyección alimentación y el sistema eléctrico.

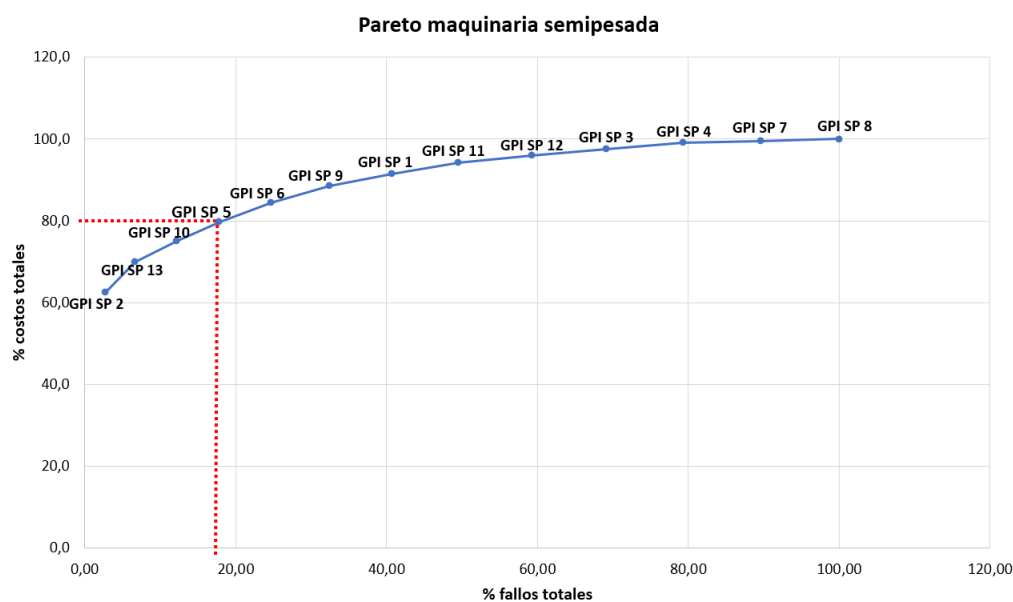


Figura 33: Pareto de costos versus fallos por sistemas en maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

Del mismo modo se procede con el análisis de los sistemas de la maquinaria pesada, cuyos valores acumulados se presentan en la tabla 17.

Tabla 17: Valores acumulados de los sistemas de maquinaria pesada **Fuente:** Autores

Codif	Sistema	Total de fallos	Acumulado	%	acumulado	Total de costos	Acumulado	%
GPI MP 8	TrenPotencia.Transmision.Traslacion.Direccion	294	294	1,45	1,45	314129,7	314129,7	28,3
GPI MP 11	Elementos.Brazos.Accesorios	556	850	4,20	5,65	186720,6	500850,3	45,1
GPI MP 9	Tren.Rodaje	202	1052	5,20	10,85	141692,2	642542,5	57,9
GPI MP 7	Hidraulico	384	1436	7,10	17,95	138595,9	781138,4	70,3
GPI MP 12	Otros sistemas	236	1672	8,26	26,21	114995,6	896133,9	80,7
GPI MP 2	Admision.Escape	132	1804	8,91	35,13	68972,7	965106,7	86,9
GPI MP 3	Inyeccion.Alimentacion	145	1949	9,63	44,76	60770,6	1025877,3	92,4
GPI MP 1	Refrigeracion	124	2073	10,24	55,00	36914,2	1062791,5	95,7
GPI MP 6	Electrico	170	2243	11,08	66,09	36613,9	1099405,4	99,0
GPI MP 5	Control.Regulacion	25	2268	11,21	77,29	6249,2	1105654,7	99,6
GPI MP 10	Frenos	22	2290	11,32	88,61	2986,4	1108641,0	99,8
GPI MP 4	Lubricacion	15	2305	11,39	100,00	1816,7	1110457,7	100
TOTAL			20236			1110457,7		

La tabla 17 permite elaborar la gráfica de costos versus fallos, la misma que se puede observar en la figura 34 y donde se puede apreciar que los sistemas relacionados al tren de potencia, que comprende además de los elementos de traslación, los elementos de la dirección y la suspensión son los más críticos, seguido por los elementos que permiten el movimiento de brazos, cucharas, uñas, etc; de menor criticidad pero dentro de la zona de importancia, están los sistemas que conforman el tren de rodaje, el sistema hidráulico y otros sistemas adicionales no clasificados.

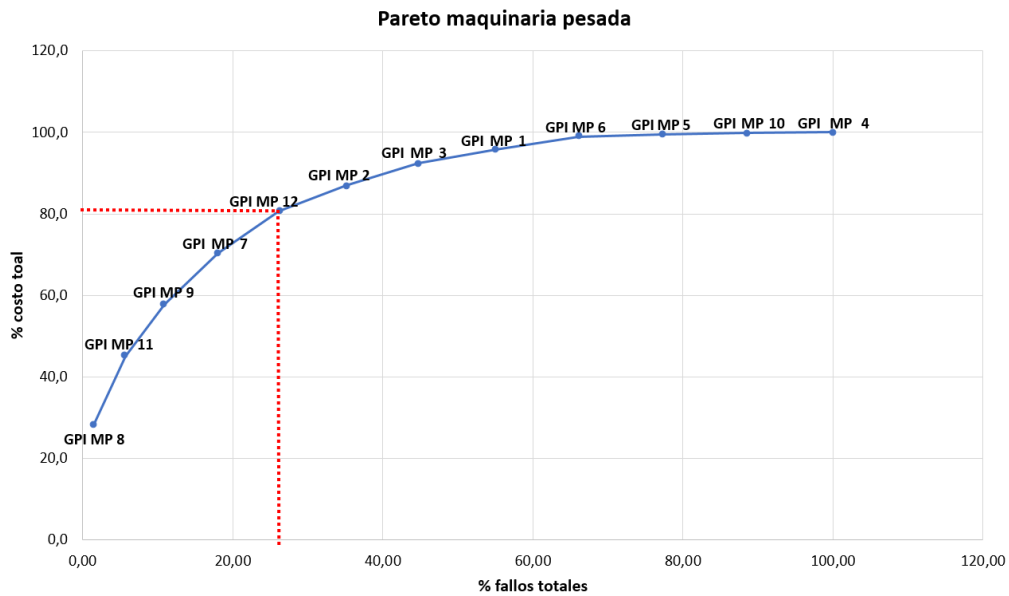


Figura 34: Pareto de costos versus fallos por sistemas en maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

Del análisis anterior se determinó los sistemas críticos tanto, para maquinaria semipesada como para maquinaria pesada, los mismos que se componen de varios elementos; de los cuales se determina los más importantes de cada sistema crítico.

Para la maquinaria semipesada, la figura 35 muestra que, del tren de potencia, los neumáticos son los elementos más críticos, de menor importancia se tienen los elementos del diferencial o tándem, el embrague o convertidos de par y los ejes o arboles de transmisión.

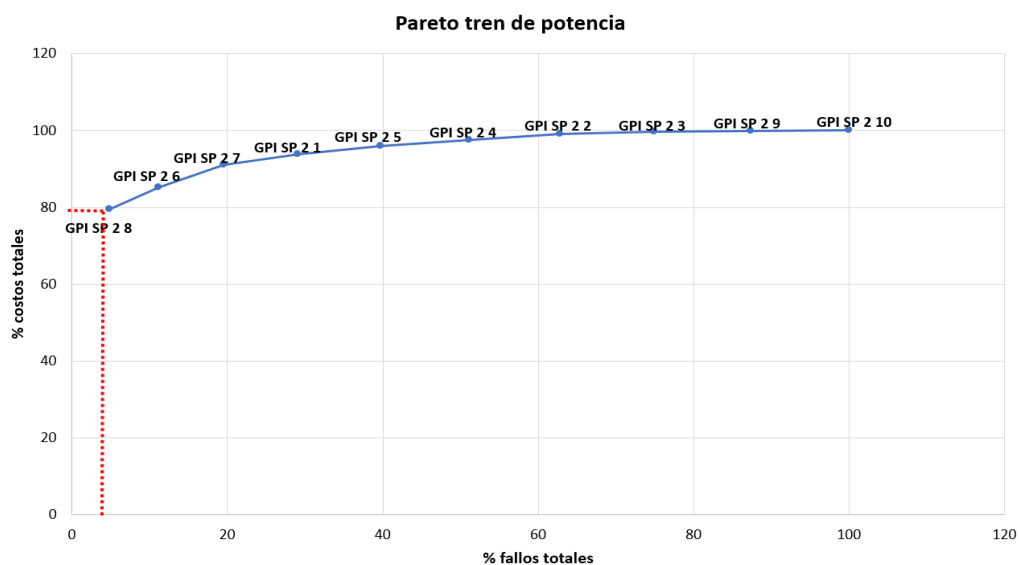


Figura 35: Pareto de costos versus fallos del tren de potencia para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

Los elementos críticos de otros sistemas se muestran en la figura 36 y son los elementos empleados en la reparación completa del motor, los elementos como la tapicería, la carrocería y la soldadura; los elementos empleados en reparaciones parciales del motor no se consideran críticos.

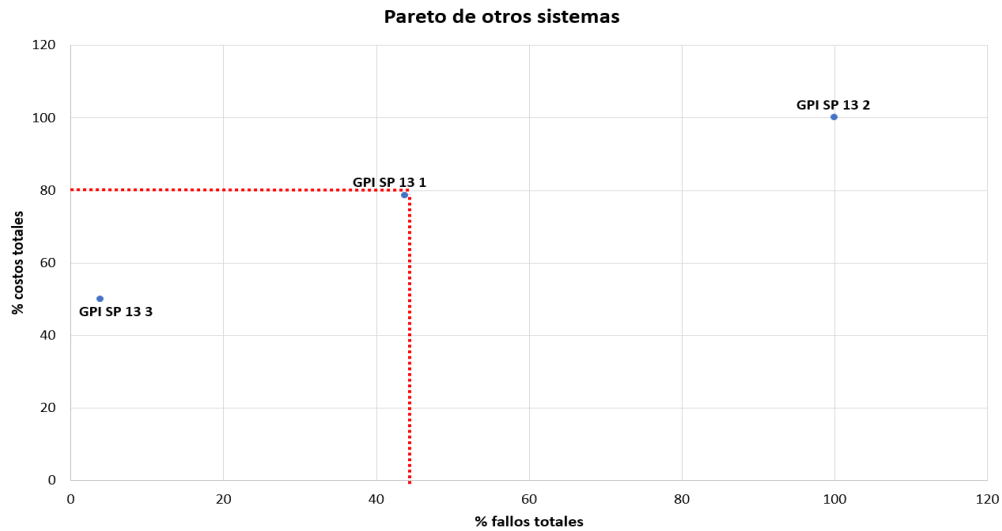


Figura 36: Pareto de costos versus fallos de otros sistemas para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

Del sistema de suspensión los elementos críticos se muestran en la figura 37, estos corresponden a los paquetes o ballestas, los elementos estructurales de la suspensión, ejes, pines, bocines, etc y los amortiguadores, tanto de la suspensión como de la cabina.

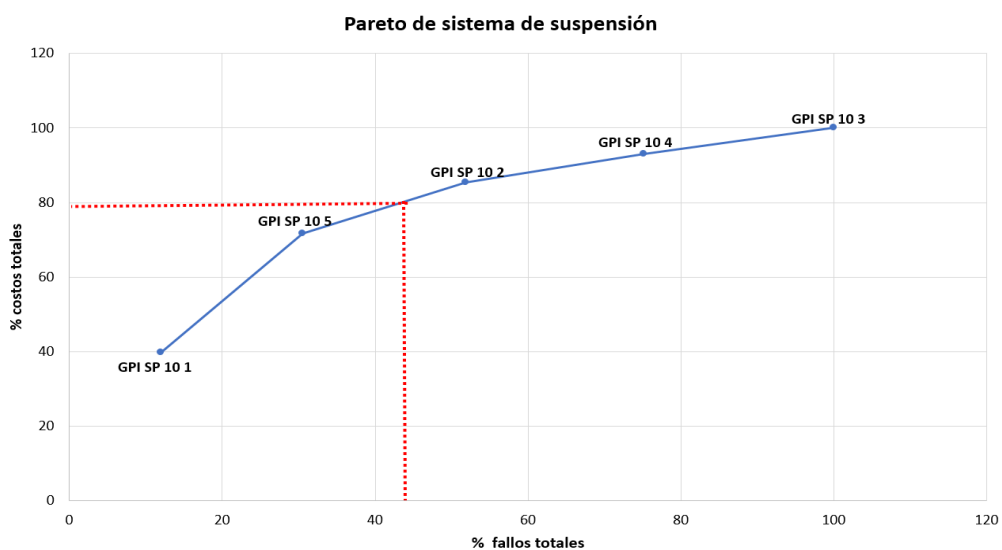


Figura 37: Pareto de costos versus fallos del sistema de suspensión para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

Para el sistema de inyección y alimentación mostrado en la figura 38, los elementos más críticos resultan ser los inyectores y la bomba de inyección de combustible.

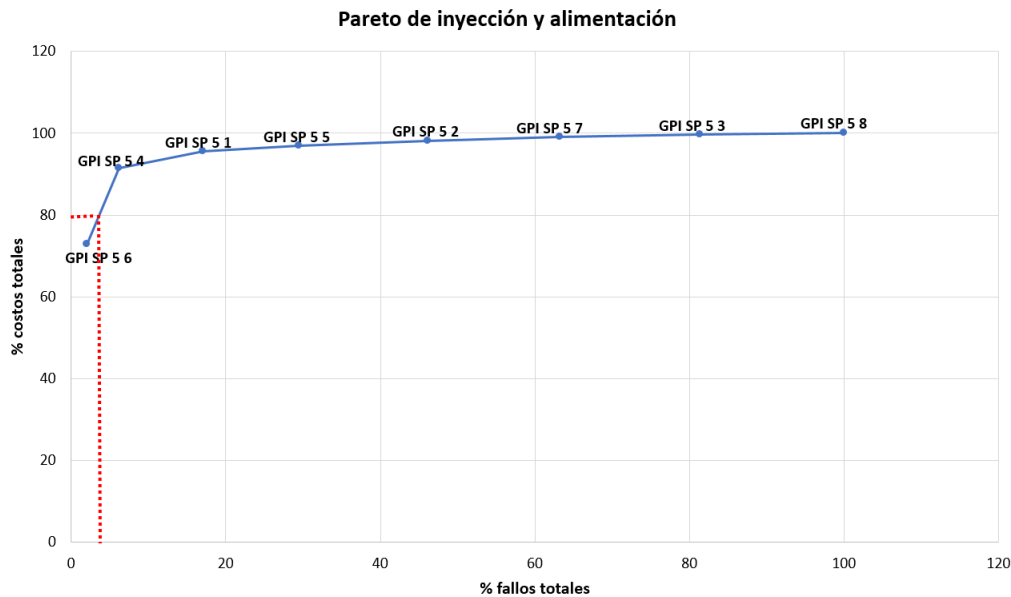


Figura 38: Pareto de costos versus fallos del sistema de inyeccion para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

De la maquinaria pesada se muestra en la figura 39, los sistemas críticos del tren de potencia, transmisión, traslación y dirección; los mismos que corresponden a los neumáticos, los pernos de rueda, los tubos, las defensas, los elementos de los mandos finales y los elementos estructurales de la dirección como rotulas y rodamientos.

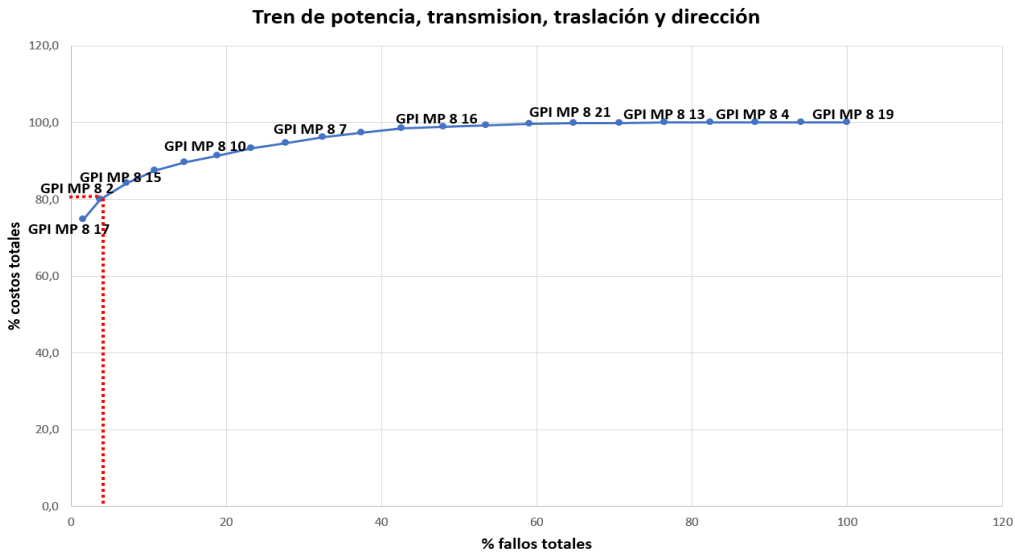


Figura 39: Pareto de costos versus fallos del tren de potencia para maquinaria pesada **Fuente:** Autores

La figura 40 muestra los elementos críticos de los brazos y accesorios, donde son importantes los materiales para reconstrucción de elementos de corte, las cuchillas, los elementos estructurales de los brazos de movimiento de accesorios, los pines y bocines de articulaciones y las uñas de los cucharones.

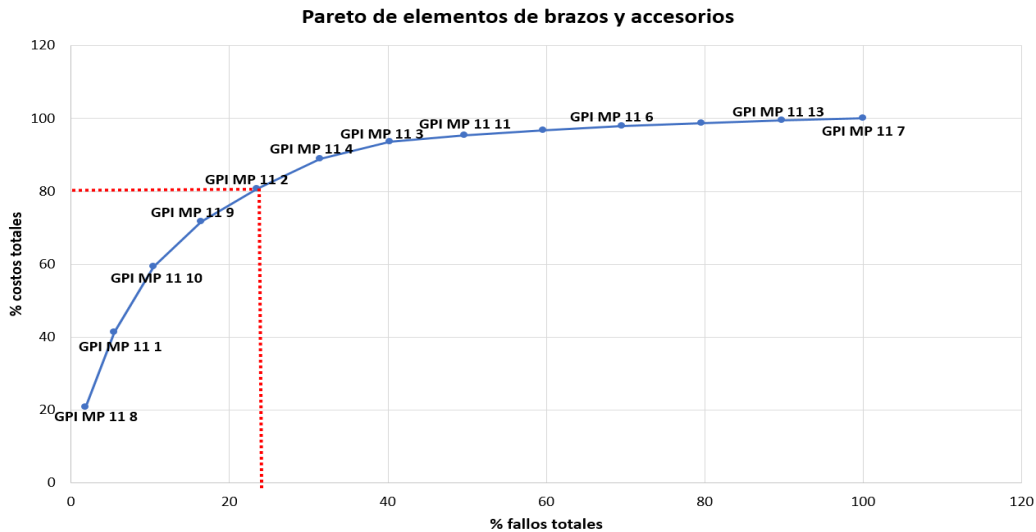


Figura 40: Pareto de costos versus fallos los brazos y accesorios para maquinaria pesada **Fuente:** Autores

Del sistema de tren de rodaje se muestran en la figura 41 como críticos, los rodillos de oruga, los bujes y los ejes, los elementos de la cadena como eslabones, cojinetes, clavijas y sellos, las ruedas de cadena o sprockets con los pernos y tuercas respectivas, las ruedas guías tensoras y los perfiles para la reconstrucción o calzado de las zapatas del tren de rodaje.

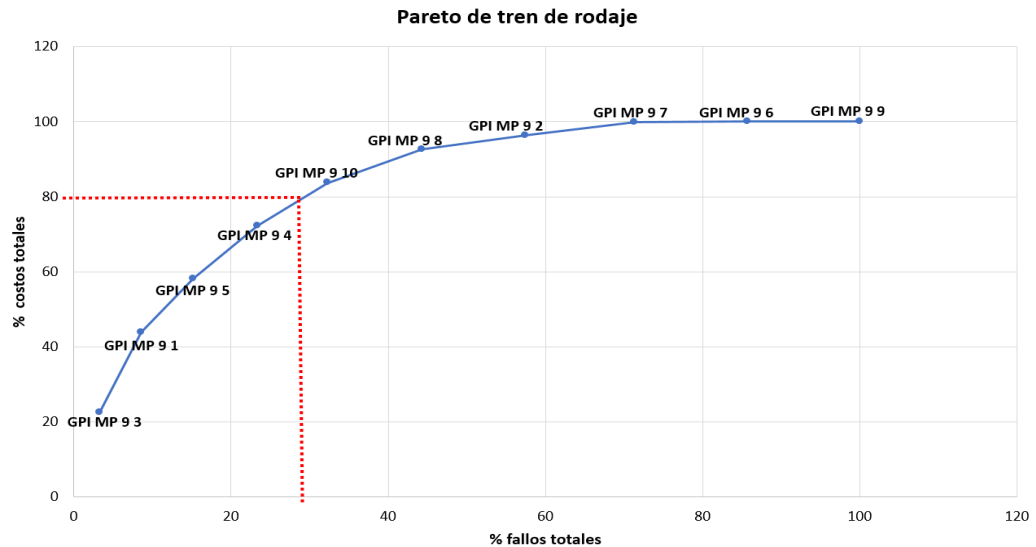


Figura 41: Pareto de costos versus fallos del tren de rodaje para maquinaria pesada **Fuente:** Autores

Los elementos críticos del sistema hidráulico mostrados en la figura 42, corresponden a retenes, sellos, orines, cilindros hidráulicos, elementos de la bomba hidráulica, mangueras y cañerías hidráulicas que presentan fugas y las válvulas de control hidráulicas.

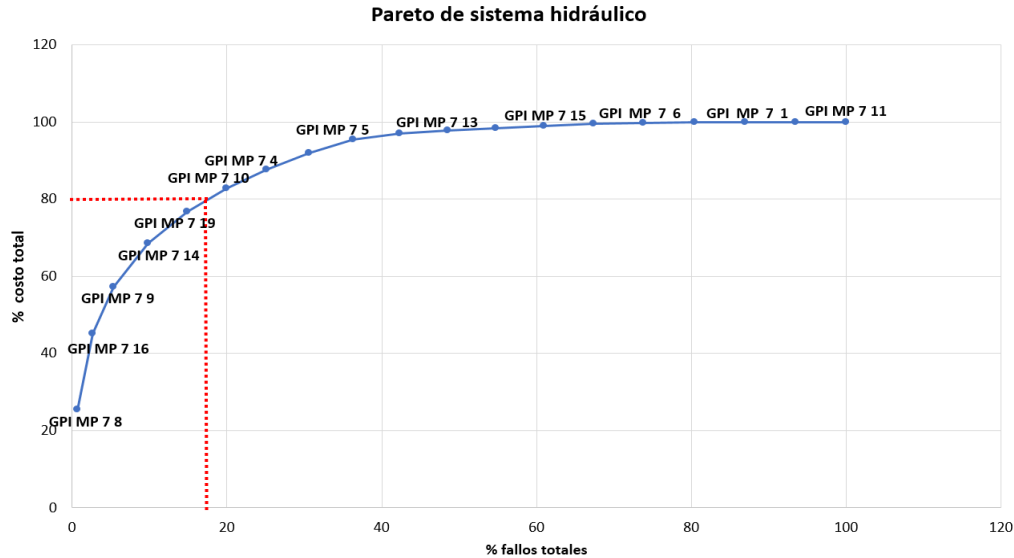


Figura 42: Pareto de costos versus fallos del sistema hidráulico para maquinaria pesada **Fuente:** Autores

La figura 43 muestra los elementos críticos de otros sistemas, los mismos que hacen referencia a piezas empleadas en la reparación del motor, materiales para reparación de tapicería, pintura, soldadura, chapistería y elementos de mantenimientos realizados en la casa comercial.

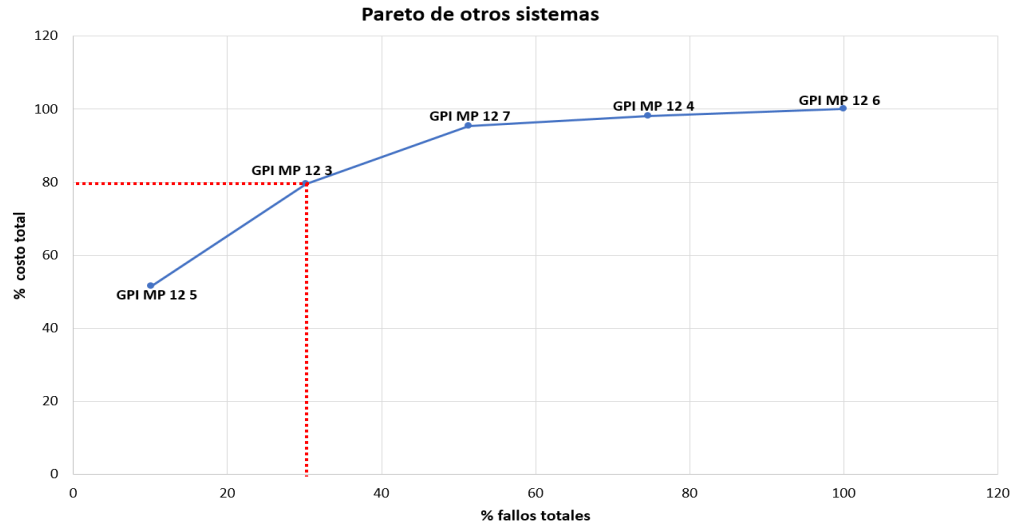


Figura 43: Pareto de costos versus fallos de otros sistemas para maquinaria pesada **Fuente:** Autores

7.14.2. Frecuencia de fallos

Con las frecuencias de fallos se busca expresar la cantidad de fallos ocurridos a nivel de sistema y a nivel de elemento de dicho sistema, para esto se hace uso de una herramienta de programación donde los datos se presentan de manera gráfica, basados en el criterio de prioridad de Pareto analizado anteriormente, lo que permite saber con mayor claridad que presenta mayor criticidad, para poder enfocarse en eso.

En la figura 44 se puede observar el comportamiento de la maquinaria 5-36, donde se muestra el intervalo de tiempo a analizar, para el sistema de refrigeración. Además, se visualiza los indicadores CMD y la frecuencia de fallos de cada máquina que es analizada. La línea azul es el estado del vehículo, cuando está en un valor de estado '1' se entiende que la maquina está operativa, mientras que si se muestra en un valor de estado '0' la maquina está en reparación, los puntos rojos marcados corresponden a las fallas del sistema seleccionado, mientras que los puntos verdes indican el elemento seleccionado durante el intervalo de tiempo estudiado.

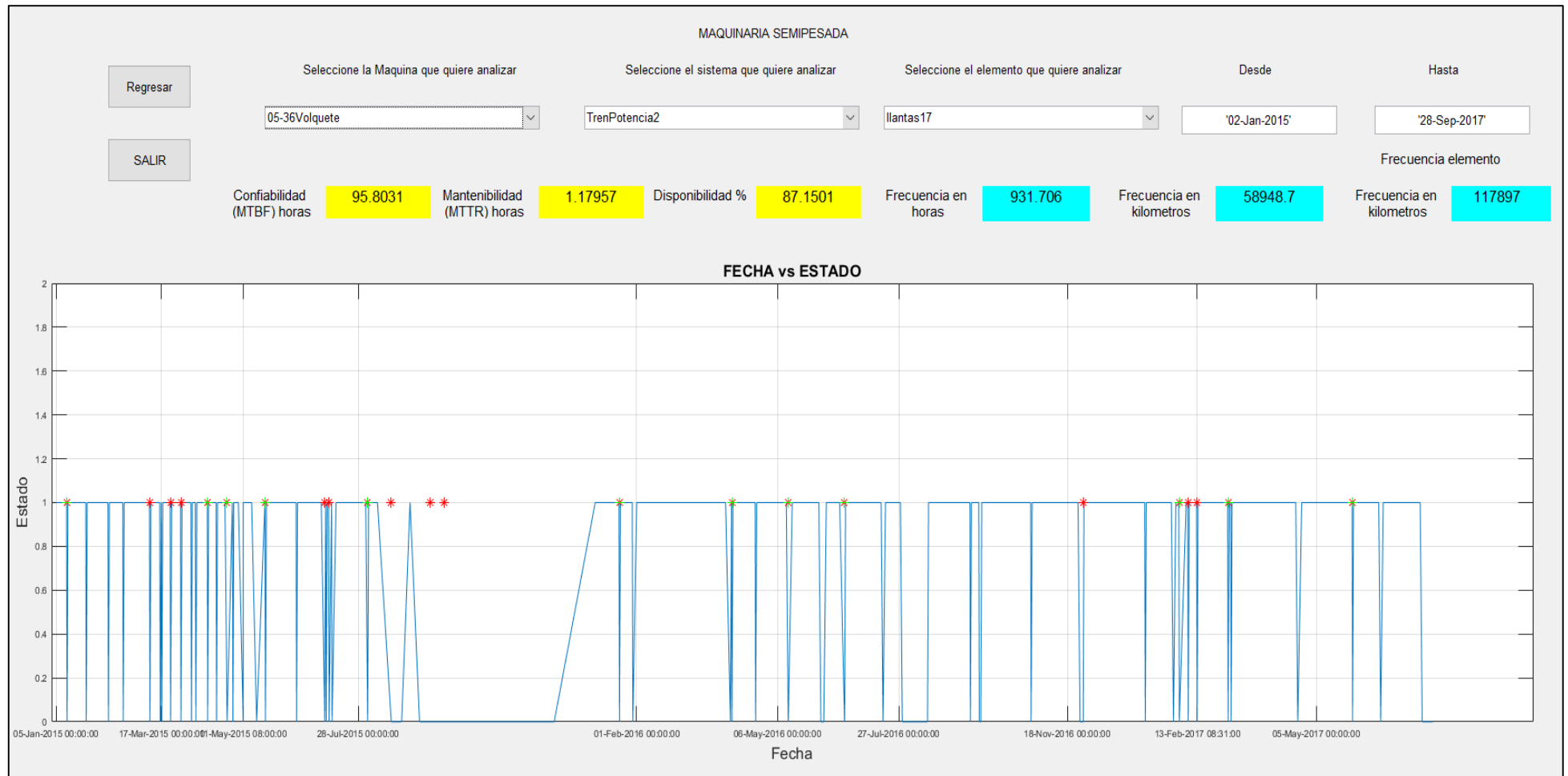


Figura 44: Comportamiento e indicadores de la maquina 05-36 **Fuente:** Autores.

Del análisis anterior, en la tabla 18 y tabla 19 se muestra la frecuencia de fallos general de la maquinaria semipesada de acuerdo a cada sistema, la misma que esta expresada en horas y en kilómetros respectivamente, para explicación se toma la maquina 5-36 la misma que presenta fallos en el sistema de refrigeración y tren de potencia cada 915 horas aproximadamente, lo que equivale a 58000 km; con un intervalo más grande, están los sistemas de suspensión, frenos, hidráulico, eléctrico, admisión, inyección y dirección, los cuales fallan entre 1400 y 5000 horas de funcionamiento.

Tabla 18: Frecuencias de fallos (en horas) para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

Sistema Máquina	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	General Correctivo
5-22	0,0	1672,6	0,0	0,0	0,0	5651,4	0,0	0,0	2314,8	2471,3	838,4	4892,3	1175,9
5-23	2869,1	1526,1	0,0	1156,5	0,0	0,0	0,0	0,0	6199,4	0,0	0,0	5425,8	6222,5
5-24	307,4	1172,4	12917,7	3112,6	2684,3	2306,4	0,0	0,0	2987,4	2097,1	2867,5	2280,6	2429,9
5-25	17853,6	4988,6	1452,6	0,0	0,0	4354,8	0,0	0,0	6580,7	4180,0	0,0	4404,4	8489,6
5-26	0,0	1946,5	0,0	6730,5	0,0	4876,7	0,0	0,0	6943,1	2538,7	7415,3	2920,5	2149,0
5-27	1676,7	1095,4	0,0	0,0	0,0	4982,6	0,0	0,0	2341,9	1531,5	1109,9	2685,3	2494,2
5-29	0,0	1726,1	0,0	0,0	0,0	3601,2	0,0	0,0	3854,0	2827,1	6549,3	2996,5	3022,8
5-31	7769,4	1000,2	0,0	0,0	0,0	3164,6	0,0	0,0	5722,7	2149,0	1464,1	3967,9	2522,7
5-36	915,0	931,7	3270,8	2673,2	3479,2	2810,3	0,0	0,0	1771,2	1435,5	5069,8	4847,2	3180,3
5-37	3819,9	1173,3	3417,6	1964,8	1891,9	2009,3	0,0	2303,1	1779,7	1390,2	413,5	602,1	2910,9

Sistema Máquina	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	General Correctivo
5-38	0,0	1032,0	0,0	4156,7	0,0	1847,2	0,0	0,0	1538,7	884,5	1625,9	2621,5	1405,1
5-39	1140,6	1917,2	0,0	0,0	0,0	3109,4	0,0	0,0	1546,8	3995,8	0,0	4746,8	3644,7
5-40	13224,4	951,2	0,0	0,0	0,0	1653,6	0,0	0,0	1536,9	2553,4	3532,6	4888,1	4469,0
5-41	0,0	1227,0	1369,9	1569,0	0,0	7567,8	0,0	94,9	2417,9	3645,0	1842,6	803,0	1634,2
5-44	1276,0	1556,9	0,0	0,0	0,0	1248,7	0,0	0,0	1541,5	2078,1	4629,6	2031,0	2035,7
5-45	10673,6	447,7	0,0	1086,6	0,0	2474,9	0,0	0,0	2140,5	1965,4	0,0	5769,3	4014,1
5-47	1908,1	2530,8	0,0	3981,8	0,0	4451,7	283,6	0,0	4681,8	3837,6	0,0	5020,3	2503,2
17-02	0,0	6493,6	0,0	0,0	0,0	4842,7	0,0	0,0	732,6	1883,5	0,0	0,0	0,0
17-03	0,0	1677,4	0,0	0,0	0,0	5856,8	0,0	0,0	0,0	2401,6	0,0	8406,1	0,0
17-04	0,0	2656,7	0,0	0,0	0,0	5563,0	0,0	0,0	4086,5	4274,4	0,0	4806,1	1724,2
17-05	0,0	2188,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3479,4	2983,5	0,0	0,0	0,0
17-06	0,0	3730,6	0,0	0,0	0,0	9331,2	0,0	0,0	1936,1	2668,1	0,0	0,0	0,0
19-01	1250,7	1570,5	0,0	0,0	0,0	9331,4	720,5	0,0	235,3	1247,7	0,0	10956,8	10604,3
19-02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	899,4	0,0	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-04	2044,2	908,2	0,0	10178,4	0,0	2337,9	0,0	0,0	3755,1	1905,0	2279,4	2895,7	14192,6

Sistema Máquina	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	General Correctivo
20-01	1752,4	1538,3	0,0	0,0	1110,1	4316,8	3944,4	0,0	4628,3	0,0	0,0	3797,3	0,0
20-02	0,0	0,0	0,0	0,0	8017,5	1133,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21-01	4416,8	1535,1	1914,3	0,0	0,0	2547,4	0,0	0,0	1235,7	1771,2	0,0	3570,2	1516,1
73-01	0,0	4430,2	0,0	0,0	0,0	5290,2	0,0	0,0	7604,0	2166,0	3473,5	0,0	1105,0
73-02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2904,9	0,0	0,0	2999,2	2553,5	0,0	0,0	0,0

Tabla 19: Frecuencias de fallos (en km) para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

Sistema Máquina	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	General Correctivo
5-22	0	41258,5	0	0	256228	139403	0	0	57098,6	60958,4	20679,8	120677	29005,9
5-23	47883,9	25469,6	0	19301,6	0	0	0	0	103467	0	0	90556	103853
5-24	2780,46	10606,4	116860	28158	24283,2	20865,2	0	0	27015,7	18971,4	25941	20631,2	21981,9
5-25	209267	58473,3	17026,5	0	0	51043,5	0	0	77134	48995,1	0	51624,8	99508,7
5-26	0	36334,9	0	125638	0	91032,5	0	0	129606	47389,8	138420	54516,6	40116
5-27	25434	16615,4	0	0	0	75579,5	0	0	35524	23231,1	16836,6	40732,4	37834,7
5-29	0	13816	0	0	0	28825	0	0	30848,8	22628,9	52422,8	21583,8	24195,1
5-31	11770,6	1515,29	0	0	0	4794,45	0	0	8870	3255,73	2218,1	6011,45	3821,93
5-36	57888,6	58948,7	206942	169131	220125	177806	0	0	112063	90821,1	320764	306678	201215
5-37	38208,4	11736	34184,2	19653,4	18923,7	20098,4	0	17801,2	55690,1	13905,4	4135,55	6022,35	29116,2
5-38	0	11661,5	0	46970,6	0	20872,9	0	0	17386,8	9994,9	18373	29623	15878
5-39	16703,5	22230	0	0	0	36053,9	0	0	17935,7	46331,6	0	55039,3	42260,7
5-40	257051	18488,4	0	0	0	3241,3	0	0	29873,5	49631,2	68666,1	95013,9	86866,2
5-41	0	23188,3	25888,1	29651,7	0	143018	0	1794,18	45693,2	68883,2	34820,9	15175,7	30883,4
5-44	2126,87	2595,12	0	0	0	2081,41	0	0	2569,45	3464,02	7716,91	3385,37	3393,23
5-45	18534,6	777,455	0	1886,82	0	4297,6	0	0	3716,97	3412,93	0	10018,4	6970,47
5-47	38182,2	50644,4	0	79679,3	0	89082,9	5675,84	0	93688	76794,3	0	100462	50091,1

Sistema Máquina	Refrigeración	Tren Potencia	Admisión Escape	Hidráulico	Inyección Alimentación	Eléctrico	Lubricación	Control Regulación	Frenos	Suspensión	Dirección	Accesorios	General Correctivo
17-02	0	143533	0	0	0	107042	0	0	16193,2	41743,5	0	0	0
17-03	0	27913,6	0	0	0	97460,1	0	0	0	39964,2	0	139883	0
17-04	0	63499,8	0	0	0	132968	0	0	97676,7	102167	0	114875	41210,9
17-05	0	46616,1	0	0	0	0	0	0	74124,9	63560,6	0	0	0
17-06	0	63540,3	0	0	0	38071,2	0	0	32976,6	45444	0	0	0
19-01	20514,8	25760,8	0	0	0	153064	11817,8	0	3859,24	20466,8	0	179726	173944
19-02	0	0	0	0	0	14300,7	0	367,693	0	0	0	0	0
19-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-04	20563,8	9136,12	0	102391	0	23518	0	0	37775,2	19163,7	22929,7	29129,5	142773
20-01	22492	19744,6	0	0	14247,6	55406,4		0	59404,6	0	0	48738,6	0
20-02	0	0	0	0	157519	22275,6	0	0	0	0	0	0	0
21-01	61075,3	21226,5	26470,1	0	0	35225,6	0	0	17087,7	24491,4	0	49368	20965
73-01	0	65760,1	0	0	0	78525,9	0	0	112871	32151,6	51559,7	0	16402,7
73-02	0	0	0	0	0	0	0	0	42242,9	35964,7	0	0	0

En la tabla 20 se indica la frecuencia de fallos general de la maquinaria pesada, esto se expresa en horas como unidad de tiempo. Se puede mostrar como ejemplo la maquina 08-09 que es un tractor International de 1978, el mismo que presenta frecuencias de falla de 20 horas equivalentes a 2 días de trabajo, en sistemas como el hidráulico y el tren de rodaje.

Sistemas como el tren de potencia, sistema de inyección y los elementos de desgaste rápido presentan frecuencias de falla de 45 horas, es decir fallos semanales; menores frecuencias de fallos registran los sistemas eléctricos, de refrigeración y admisión/escape con frecuencias que van desde las 87 horas hasta las 128 horas; sistemas como el de control, lubricación y frenos no registran fallos.

Tabla 20: Frecuencias de fallos (en horas) para maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

Sistema Máquina	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Dirección Transmisión Traslación	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	General Correctivo
08-09	93,8	128,4	45,3	0,0	0,0	82,2	20,9	44,3	22,4	0,0	44,6	87,1
08-11	110,0	8,0	0,0	25,0	0,0	19,7	101,9	78,8	56,6	0,0	51,1	116,6
08-12	0,0	80,3	76,4	0,0	0,0	172,5	30,5	61,8	42,9	0,0	32,8	170,2
08-28	102,0	53,4	73,7	0,0	0,0	0,0	143,2	191,0	40,5	0,0	45,6	279,0
08-29	243,5	185,5	417,0	0,0	0,0	59,3	48,3	0,0	167,4	0,0	70,7	46,8
08-30	0,0	96,4	65,5	0,0	0,0	195,3	46,3	58,8	0,0	0,0	35,2	52,2
08-42	97,3	42,0	33,0	0,0	0,0	130,2	59,3	61,0	84,7	0,0	63,3	60,7
MAGAP	114,6	40,0	113,3	0,0	0,0	326,5	53,9	581,0	106,6	0,0	34,3	479,0
08-53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,0	0,0

Sistema Máquina	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Dirección Transmisión Traslación	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	General Correctivo
08-54	0,0	0,0	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,6	0,0	106,3	0,0
08-17	62,5	144,9	29,1	0,0	0,0	169,0	86,6	118,7	0,0	212,5	72,2	0,0
08-23	61,1	227,0	0,0	0,0	289,0	62,9	46,4	41,0	0,0	0,0	60,2	108,4
08-32	166,5	76,2	485,0	0,0	0,0	99,2	49,8	37,2	0,0	0,0	33,2	245,0
08-35	0,0	119,0	0,0	0,0	0,0	69,5	47,9	138,0	0,0	171,7	57,0	133,9
08-36	0,0	414,0	0,0	0,0	0,0	69,2	63,2	88,4	0,0	316,0	61,4	0,0
08-49	0,0	34,0	0,0	0,0	268,2	142,4	295,7	79,4	0,0	0,0	64,6	177,7
08-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	263,0
08-51	152,0	61,5	85,6	204,0	0,0	113,1	66,8	85,9	0,0	0,0	35,0	150,0
08-56	216,5	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3	45,0	44,0	0,0	0,0	47,0	30,0
08-45	156,0	64,9	307,0	0,0	0,0	203,0	196,3	52,4	0,0	250,5	39,3	99,3
08-47	203,0	139,2	145,7	753,1	520,9	244,0	0,0	72,7	0,0	258,7	91,0	151,8
08-55	20,7	22,3	18,7	0,0	23,7	9,9	28,0	0,0	0,0	0,0	53,6	33,8
08-41	0,0	0,0	118,0	0,0	0,0	167,0	136,8	75,3	0,0	0,0	93,0	365,0
38-01	0,0	0,0	220,5	0,0	0,0	85,4	93,2	120,8	0,0	0,0	82,5	0,0
08-08	0,0	166,0	455,0	0,0	725,0	190,4	38,6	49,8	0,0	189,7	48,8	0,0
08-43	89,5	100,0	0,0	0,0	149,0	116,2	38,3	27,5	0,0	287,7	45,0	103,2
08-44	60,2	56,0	57,9	31,0	0,0	0,0	50,5	28,0	0,0	0,0	116,0	0,0

Sistema Máquina	Refrigeración	Admisión Escape	Inyección Alimentación	Lubricación	Control Regulación	Eléctrico	Hidráulico	Tren Potencia Dirección Transmisión Traslación	Tren Rodaje	Frenos	Elementos Brazos Accesorios	General Correctivo
08-33	117,5	161,2	75,0	259,9	0,0	86,3	46,5	0,0	27,6	0,0	24,1	120,7
08-34	116,3	0,0	161,5	0,0	278,5	133,4	34,3	55,0	50,4	0,0	34,1	66,0
08-38	162,5	0,0	0,0	301,0	0,0	0,0	70,8	0,0	57,7	0,0	30,1	245,6
08-39	0,0	0,0	56,0	0,0	0,0	178,0	63,3	41,0	45,7	0,0	42,0	43,0
33-01	92,9	220,0	0,0	0,0	0,0	99,4	74,6	27,5	148,0	0,0	45,4	0,0
08-40	139,6	0,0	76,0	0,0	0,0	20,7	62,5	300,0	0,0	0,0	435,9	34,6
43-SA	92,0	107,0	131,4	0,0	0,0	62,5	107,6	309,3	0,0	0,0	0,0	71,0
43-01	189,7	0,0	0,0	0,0	0,0	99,8	106,7	0,0	0,0	0,0	0,0	208,0
43-02	0,0	0,0	87,5	0,0	0,0	85,2	92,3	0,0	274,5	0,0	78,0	186,6
43-03	113,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43-04	25,1	257,0	128,4	0,0	179,5	168,8	198,5	264,0	0,0	0,0	0,0	94,4
43-05	88,0	0,0	36,5	0,0	0,0	45,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8

7.15. Indicadores CMD

Los indicadores CMD relacionan la capacidad de una maquina o mecanismo para no fallar durante un periodo de operación (confiabilidad), con la capacidad de reparación que presenta la misma en caso de ocurrencia de fallo (mantenibilidad), de esta relación se obtiene la disponibilidad, que hace referencia a la capacidad que tiene una máquina de estar disponible cuando se la necesite y permite mostrar el resultado en porcentaje para mejor entendimiento, teniendo en cuenta que tanto la confiabilidad como la mantenibilidad son valores cambiantes en función del tiempo.

La figura 45 muestra el comportamiento de la maquina 5-36 en un intervalo determinado de tiempo, en ese intervalo se observan los valores de TBF y TTR necesarios para la obtención de la disponibilidad, además se muestran los puntos desde cuándo empieza el fallo señalados con la letra F.

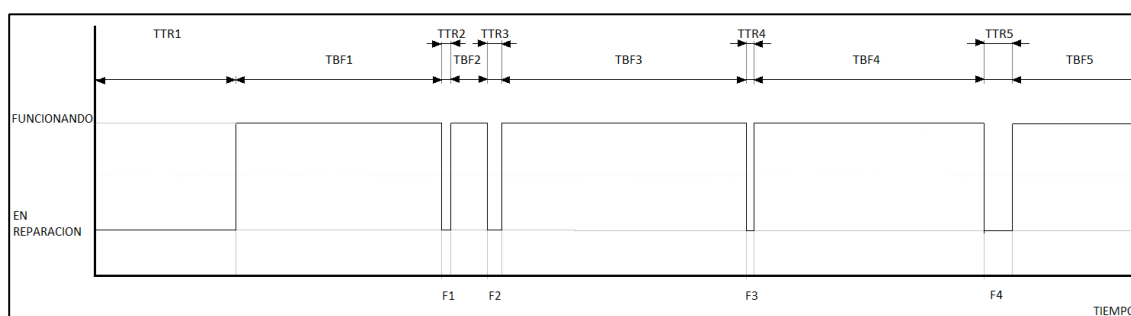


Figura 45: Representación gráfica de los intervalos de buen funcionamiento con los tiempos técnicos de reparación
Fuente: Autores

Es importante expresar que para el caso de los volquetes no se tiene un tiempo de funcionamiento en horas, sino en kilómetros por lo que es necesario hacer una transformación mediante la ecuación 5, donde *nkm* son los kilómetros trabajado en el día de 8 horas y *promkmdia* es el promedio de km diarios.

$$\text{Horas} = \frac{nkm \times 8}{\text{promkmdia}} = \frac{279 \text{ km} \times 8}{98 \text{ km día}} = 22,77 \text{ horas}$$

Ecuación 5: Conversión de km a hora

En la tabla 21 se encuentran los valores pertenecientes a los TBF y los TTR de la figura 45, donde se muestra desglosado el tiempo de trabajo de cada día al igual que el tiempo de reparación.

Tabla 21: Datos de TBF y TTR volquete 05-36 **Fuente:** Autores

Fecha	TTR unitario (Horas)	TTR acumulado (Horas)	TBF unitario (Kilómetros)	TBF acumulado (Horas)
29/7/2016 7:31	4:00:00	TTR1 14	-	-
9/8/2016 7:31	5:00:00			
15/8/2016 7:31	5:00:00			
16/8/2016 0:00	-	-	279	TBF1 119
17/8/2016 0:00			24	
18/8/2016 0:00			42	
19/8/2016 0:00			6	
20/8/2016 0:00			15	
21/8/2016 0:00			9	
23/8/2016 0:00			30	
24/8/2016 0:00			100	
25/8/2016 0:00			310	
7/9/2016 0:00			164	
8/9/2016 0:00			119	
9/9/2016 0:00			128	
12/9/2016 0:00			161	
13/9/2016 0:00			100	
13/9/2016 7:31	4:30:00	TTR2 5	-	-
13/9/2016 7:31	0:30:00			
14/9/2016 0:00	-	-	145	TBF2 38
15/9/2016 0:00			137	
16/9/2016 0:00			123	
19/9/2016 0:00			70	
19/9/2016 7:31	5:00:00	TTR3 6	-	-
20/9/2016 7:31	1:00:00			
21/9/2016 0:00	-	-	96	TBF3 15
22/9/2016 0:00			93	

Fecha	TTR unitario (Horas)	TTR acumulado (Horas)	TBF unitario (Kilómetros)	TBF acumulado (Horas)
30/9/2016 9:31	0:30:00	TTR4 1	-	-
3/10/2016 7:31	0:10:00			
3/10/2016 7:31	0:15:00			
3/10/2016 7:31	0:05:00			
6/10/2016 0:00	-	-	72	TBF4 94
7/10/2016 0:00			63	
10/10/2016 0:00			124	
11/10/2016 0:00			96	
12/10/2016 0:00			83	
13/10/2016 0:00			87	
14/10/2016 0:00			71	
17/10/2016 0:00			108	
18/10/2016 0:00			102	
20/10/2016 0:00			87	
21/10/2016 0:00			86	
22/10/2016 0:00			76	
23/10/2016 0:00			18	
24/10/2016 0:00			98	
24/10/2016 7:31	2:00:00	TTR5 2	-	-
25/10/2016 0:00			94	
26/10/2016 0:00			102	
27/10/2016 0:00			103	
28/10/2016 0:00			95	
29/10/2016 0:00			101	
30/10/2016 0:00			34	
31/10/2016 0:00			82	
1/11/2016 0:00			98	

Fecha	TTR unitario (Horas)	TTR acumulado (Horas)	TBF unitario (Kilómetros)	TBF acumulado (Horas)
7/11/2016 0:00			92	TBF5 213
8/11/2016 0:00			95	
9/11/2016 0:00			91	
10/11/2016 0:00			85	
14/11/2016 0:00			115	
15/11/2016 0:00			65	
16/11/2016 0:00			143	
17/11/2016 0:00			156	
18/11/2016 0:00			109	
19/11/2016 0:00			106	
20/11/2016 0:00			100	
21/11/2016 0:00			37	
22/11/2016 0:00			127	
23/11/2016 0:00			258	
24/11/2016 0:00			345	
25/11/2016 0:00			26	

La confiabilidad se puede expresar mediante un valor referencial del tiempo de funcionamiento continuo sin fallas, como se muestra en la ecuación 6.

$$MTBF = \frac{\sum_0^n TBF_n}{n} = \frac{TBF_1 + TBF_2 + TBF_3}{3} = \frac{119 + 38 + 15 + 94 + 213}{5} = 96 \text{ horas}$$

Ecuación 6: Tiempo de funcionamiento continuo

De la misma manera se puede observar en la ecuación 7, la media de los tiempos técnicos empleados para la reparación, este valor es un indicador de la mantenibilidad.

$$MTTR = \frac{\sum_0^n TTR_n}{n} = \frac{TTR_1 + TTR_2 + TTR_3}{3} = \frac{14 + 5 + 6 + 1 + 2}{5} = 5,6 \text{ horas}$$

Ecuación 7: Tiempos técnicos empleados para la reparación

Para la obtención de la disponibilidad se emplea los valores referenciales de MTBF y MTTR cuyo cálculo se muestra en la ecuación 8.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{96 \text{ horas}}{96 \text{ horas} + 5,6 \text{ horas}} = 0,94 \text{ hora} = 94 \%$$

Ecuación 8: Cálculo de disponibilidad

En la tabla 22 se muestran los indicadores CMD para cada maquinaria semipesada, mientras que en la tabla 23 se visualiza los indicadores para toda la maquinaria pesada, los cuales se obtienen mediante programación en Matlab, a partir de los datos disponible del GPI.

Se puede tomar el ejemplo de la maquina 05-36 la misma que tiene un MTBF de 95,8 horas y un MTTR de 1,17 horas, los mismos que al relacionarse dan un valor de disponibilidad equivalente al 87,15 %, lo que se diría es aceptable.

Igualmente se puede observar la maquina 19-03 la misma que presenta una confiabilidad de 166 horas y una mantenibilidad de 0,122 horas, lo que genera una disponibilidad de 98%, es decir está siempre disponible, contrario al caso de la maquina 05-27 la cual tiene un tiempo de buen funcionamiento de 6 horas y de reparación de 3 horas, lo que evidencia una disponibilidad extremadamente baja no mayor a 13%.

Tabla 22: Indicadores CMD para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

Índices CMD				
Disco	Maquinaria	C (Confiabilidad) MTBF horas	M (Mantenibilidad) MTTR horas	D (Disponibilidad) %
05-22	Volquete	50,22	1,02	76,735
05-23	Tanquero	93,93	1,302	79,93
05-24	Volquete	107,02	1,772	81,86
05-25	Volquete	87,77	1,422	84,88
05-26	Volquete	54,92	1,212	77,291
05-27	Volquete	5,831	3,1487	12,865
05-29	Volquete	110,323	0,873657	90,1545
05-31	Volquete	56,073	1,572	75,549
05-36	Volquete	95,80	1,17957	87,15
05-37	Volquete	97,65	1,5459	83,80
05-38	Volquete	116,79	2,3	77,63
05-39	Volquete	114,16	0,4187	95,02

Índices CMD				
Disco	Maquinaria	C (Confiabilidad) MTBF horas	M (Mantenibilidad) MTTR horas	D (Disponibilidad) %
05-40	Volquete	71,81	0,8714	86,0525
05-41	Volquete	58,785	0,599	89,305
05-44	Plataforma	30,8	1,56	65,8
05-45	Plataforma	27,674	2,05257	56,744
05-47	Volquete	34,0179	1,49661	66,4298
17-02	Volquete	152,795	0,1346	97,3298
17-03	Volquete	171,937	0,2414	96,258
17-04	Volquete	92,977	0,349785	92,113
17-05	Volquete	132,13	0,3929	92,57
17-06	Volquete	159,599	0,14695	97,5997
19-01	Volquete	76,42	1,51268	77,543
19-02	Volquete	124,646	0,529477	91,499
19-03	Volquete	166,824	0,1226	98,1775
19-04	Volquete	79,90	2,2059	78,38
20-01	Tanquero	120,52	0,722	91,72
20-02	Tanquero-C	30,717	2,786	53,7105
21-01	Plataforma	75,66	1,35	85,55
73-01	Carro Taller	106,37	0,6497	92,48
73-02	Carro Taller	44,039	0,3072	86,0443

Tabla 23: Indicadores CMD para maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

Índices CMD				
Disco	Maquinaria	C (confiabilidad) MTBF horas	M (Mantenibilidad) MTTR horas	D (Disponibilidad) %
08-45	Cargadora	37,27	0,96483	79,53
08-47	Cargadora	49,76	0,8313	83,88
08-55	Cargadora	91,869	0,3733	92,6815
08-33	Excavadora	27,85	2,239	63,086
08-34	Excavadora	46,84	5,41	45,684
08-38	Excavadora	54,82	6,647	44,2
08-39	Excavadora	55,978	4,24	52,16
33-01	Excavadora	57,285	0,845	84,78
08-41	Minicargadora	66,65	0,898	85,419
38-01	Minicargadora	62,972	0,669	87,97
08-17	Motoniveladora	63,33	1,068	82,27
08-23	Motoniveladora	34,94	1,74	68,6581

Índices CMD				
Disco	Maquinaria	C (confiabilidad) MTBF horas	M (Mantenibilidad) MTTR horas	D (Disponibilidad) %
08-32	Motoniveladora	39,23	1,037	80,5617
08-35	Motoniveladora	60,19	9,388	31,1657
08-36	Motoniveladora	49,35	0,872	84,455
08-49	Motoniveladora	67,96	1,147	82,72
08-50	Motoniveladora	80,57	0,43	90,9187
08-51	Motoniveladora	43,098	1,0368	80,8104
08-56	Motoniveladora	61,0769	10,11	29,8
08-08	Retroexcavadora	44,32	1,336	78,4862
08-43	Retroexcavadora	39,58	1,169	78,903
08-44	Retroexcavadora	39,08	7,582	35,25
08-40	Rodillo	56,2	1,01597	82,1302
43-01	Rodillo	84,928	0,4107	91,837
43-02	Rodillo	70,968	0,7149	88,959
43-03	Rodillo	44,14	0,4646	90,1147
43-04	Rodillo	59,7	2,807	61,6
43-05	Rodillo	112,4	0,7265	86,5244
43-SA	Rodillo	67	0,702	86,0584
08-09	Tractor	38,25	5,0687	21,2294
08-11	Tractor	64,25	1,7209	71,381
08-12	Tractor	39,32	2,0928	67,578
08-28	Tractor	49,72	1,34329	75,9
08-29	Tractor	53,14	1,399	75,414
08-30	Tractor	43,379	2,2748	60,21
08-42	Tractor	29,585	2,2589	61,741
08-53	Tractor	295,286	0,266	95,9039
08-54	Tractor	181,44	0,2175	96,8987
MAGAP	Tractor	56,88	2,7477	66,532

De los factores CMD obtenidos, se puede determinar que 20 máquinas están bajo el 65% de eficiencia es decir son inadmisibles, 7 presentan un rendimiento regular que oscila entre el 65% y 75%, 20 máquinas están sobre el valor aceptable de rendimiento, es decir están entre el 75% y el 85%, 15 están sobre un valor bueno de rendimiento equivalente a 95% y solo 8 superan el 95% de eficiencia es decir tienen un excelente funcionamiento.

8. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

8.1. Determinación de los aspectos a optimizar

Del diagnóstico de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor del GPI se pudo obtener información valiosa para el proceso de optimización del Plan de Mantenimiento a realizar, de esto se plantea una lista de áreas a los cuales elaborar cambios.

Estructura organizacional: La estructura orgánica del GPI es sólida y está definida de tal manera que se ajuste a lo establecido para las instituciones públicas. Sin embargo al ser una propuesta de mejora, se puede plantear un cambio en ciertas políticas internas siempre que estas tengan un impacto positivo, en esto se puede incluir capacitación y formación para el llenado correcto de los formatos de órdenes y pedidos.

Procedimientos: Al igual que en el punto anterior, varios de los procedimientos para las instituciones del estado están estandarizados y no hay otra forma de realizarlos, pero se puede realizar mejoras sin necesidad de cambiar el proceso de manera radical, solo realizando de manera más ordenada la gestión de estos procesos u optimizando ciertos pasos.

Repuestos en bodega: El GPI dispone de un presupuesto anual que contempla la adquisición de insumos y repuestos acorde a la necesidad. En el sector del mantenimiento es de suma importancia la disponibilidad de los repuestos para las diversas actividades de mantenimiento, por lo tanto, si se aumenta la disponibilidad de los mismos se reducirán los tiempos logísticos de reparación.

Instalaciones: Las instalaciones del GPI están aún en adecuación, además en el lugar funcionan otros departamentos independientes al área automotriz, se puede reorganizar la ubicación de los mismos de manera que la Jefatura de Parque Automotor no intervenga con las demás áreas presentes en el lugar. La ubicación correcta y estratégica de las áreas que conforman un taller es de suma importancia y se debe siempre priorizar la cercanía entre la ubicación de los insumos, las herramientas y la dirección de área.

Plan de mantenimiento: Debido a la exigencia del estado, el GPI cuenta con un Plan de Mantenimiento programado generalizado para todas las máquinas, esto se puede optimizar de tal manera que, basados en el historial de cada máquina crítica, se pueda estimar revisiones y recomendaciones personalizadas para cada máquina.

8.2. Organización de taller

Dentro del taller es necesaria la organización adecuada, ya que esto permite optimizar varios parámetros, dentro de los procesos del taller. Acciones como la ubicación estratégica de las diferentes áreas y secciones, forman parte de la organización correcta y la optimización de los tiempos empleados en las reparaciones realizadas. En la organización del taller no solo se toma en cuenta la parte de infraestructura física, sino también la organización y estructuración de los procedimientos seguidos a la hora de realizar una tarea y cumplir un objetivo.

La estructuración jerárquica de mando y la delegación de funciones también es parte de la organización, aunque en las instituciones públicas debido a las exigencias establecidas para las mismas y las políticas internas, se tienen varias limitantes a la hora de implementar una propuesta de organización integral.

8.2.1. Estructura orgánica de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor

La forma de organización y delegación de funciones es importante a la hora de optimizar un proceso, por lo que se determina que mientras más departamentos o jefaturas sean parte de un proceso sencillo, más tiempo se requerirá para ser terminar esa tarea. Además, es importante que ciertos departamentos sean manejados de manera técnica por personal que conozca del campo en el que se desempeña, evitándose así contratiempos que se pueden dar por malos entendidos o por falta de conocimiento, lo que alteraría el tiempo logístico-administrativo y por lo tanto el tiempo total.

Un punto importante dentro de toda organización, es la capacitación del personal que se desempeña en el lugar, para garantizar el manejo correcto de órdenes de trabajo y pedidos de repuestos, donde es necesario el conocimiento técnico de nombres de piezas y partes, además es primordial la correcta capacitación técnica, para el desmontaje y mantenimiento correcto; también es necesario un entrenamiento adecuado para el manejo de residuos como aceites, grasas, líquidos provenientes de la reparación y piezas contaminadas con residuos automotrices.

En la figura 46 se muestra la propuesta de estructura organizacional que se plantea, en donde se asume la posibilidad de gestión propia de los repuestos e insumos automotrices,

a cargo de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor, ya que representa una mejora en el manejo de los recursos, debido al conocimiento que poseen los encargados del sector automotriz, además se evita tener que realizar una acción más al reducir los pasos de un proceso y por lo tanto la intervención de otro departamento.



Figura 46: Propuesta de organización de la Jefatura de Mantenimiento y Parque Automotor **Fuente:** Autores

8.2.2. Procedimientos dentro del taller

Es de conocimiento que, para la ejecución de una tarea o labor, es necesario seguir un proceso determinado, el cual puede emplear tiempos diferentes, de acuerdo al número de pasos a seguir o del orden que se ha establecido, al reducir el número de pasos que conforman un proceso se puede reducir el tiempo de demora del proceso completo, por lo tanto, se reducen también los costos.

En la tabla 24 se describe detalladamente la propuesta del nuevo proceso a seguir para las actividades de mantenimiento, con este proceso se pretende optimizar los tiempos empleados en la ejecución de las labores de mantenimiento en general. Para una mejor comprensión se puede observar el organigrama del proceso, el mismo que se muestra en la figura 47, en donde se muestra subrayado en un recuadro color amarillo el proceso donde se propone el cambio.

Tabla 24: Descripción de la propuesta de flujo de procedimientos **Fuente:** Autores.

Nro.	Procedimiento
1	Al presentar alguna anomalía en el vehículo, es directamente captada por el operador del equipo caminero.
2	El operador envía el informe de las anomalías presentadas al encargado de jefatura mediante una llamada telefónica.
3	El encargado de jefatura recibe el informe de las anomalías presentas en las máquinas de parte del operador.
4	Enviar el informe de daños a uno de los técnicos de turno.
5	El técnico de turno recibe la información de las anomalías presentadas, del jefe del departamento de mantenimiento.
6	El técnico de turno es el encargado de trasladarse al lugar de los hechos para realizar las respectiva evaluación.
7	El encargado de la jefatura recibe los informe preliminar de los daños, por parte del técnico de turno.
8	El encargado de la jefatura pregunta al técnico de turno si el fallo detectado en la maquinaria se puede solucionar en el mismo lugar o es necesario trasladarse al taller.
9	El técnico de turno es el encargado de solicitar el traslado de la máquina en caso que el daño sea mayor.
10	Con el equipo en el taller o en la zona de operación, se realiza la orden de trabajo y se ejecuta el trabajo de desmontaje.
11	El técnico de turno realiza el informe real de los daños.
12	El encargado de jefatura de mantenimiento recibe el informe de los daños reales de la máquina, y realiza la pregunta ¿Se requiere repuestos sí o no?.
13	El técnico en caso de no necesitar ningún repuesto realiza las reparaciones correspondientes y finalmente realiza las respectivas pruebas.
14	En el caso de necesitar algún repuesto, se solicita a la jefatura de bodega y se genera un pedido de repuestos, para que realice el técnico de turno las respectivas reparaciones y finalmente realice las pruebas.

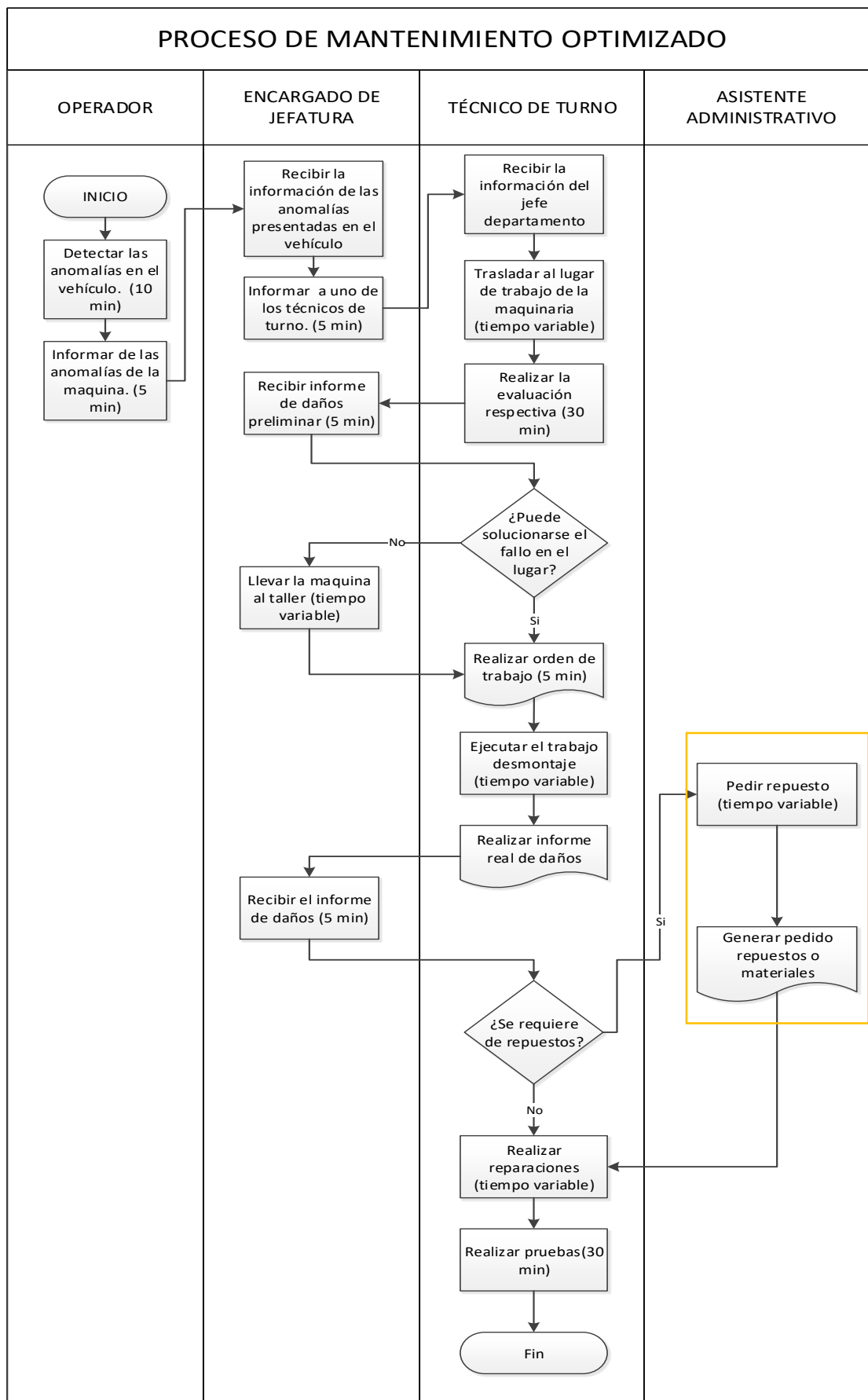


Figura 47: Propuesta de organigrama de procedimientos **Fuente:** Autores.

8.2.3. Orden de trabajo propuesto

Este formato ayuda a priorizar las tareas de mantenimiento, dependiendo de la magnitud de daño que tenga el equipo, además ayuda a realizar trabajos futuros solicitados directamente del técnico del turno, con la opción de clasificar por el diagnóstico realizado a los equipos como:

- **Emergente:** Es cuando se debe realizar el trabajo de manera inmediata.
- **Urgente:** Este tipo de trabajo puede comenzar dentro de las próximas 24 horas.
- **Normal:** Este tipo de trabajo puede ser realizado dentro de las próximas 48 horas.
- **Programado:** Este tipo de mantenimiento se refiere a los mantenimientos que se realiza según las horas de trabajo de cada equipo según el fabricante.
- **Aplazable:** A este tipo de mantenimiento es cuando se puede aplazar a un plazo mayor o cuando la empresa cuente con el recurso suficiente para que pueda realizar su respectivo mantenimiento.

De la misma manera que el formato original cuenta con el registro de la fecha de ejecución del trabajo, actividades realizadas, materiales y repuestos necesarios que se puede llegar a necesitar al realizar el mantenimiento. El formato de la hoja propuesto de orden de trabajo se puede apreciar en la figura 48.

8.2.4. Distribución del taller

Otra de las partes importantes de la organización, es la distribución de las áreas del taller, ya que de la manera en como estén dispuestas las oficinas y las bodegas, dependerá la facilidad con la que se accede y el tiempo de demora en trasladarse de un lugar a otro.

En la figura 49 se muestra la propuesta de distribución del taller, esta propuesta busca ubicar de manera estratégica las diferentes áreas, agrupándolas en un solo lugar, además se busca reducir los tiempos empleados en movilizarse entre oficinas y bodegas relacionadas.

Es de gran importancia señalar que la organización se basa únicamente en la agrupación de las áreas y en la disminución del tiempo de traslado, ya que se busca evitar ser invasivo con la infraestructura física, la cual presenta un proyecto de readecuación a futuro con planos aprobados.

Una vez distribuidas las áreas y secciones que conforman el taller se procede a ubicar los equipos y las herramientas que se emplean de forma común en cada proceso de mantenimiento.

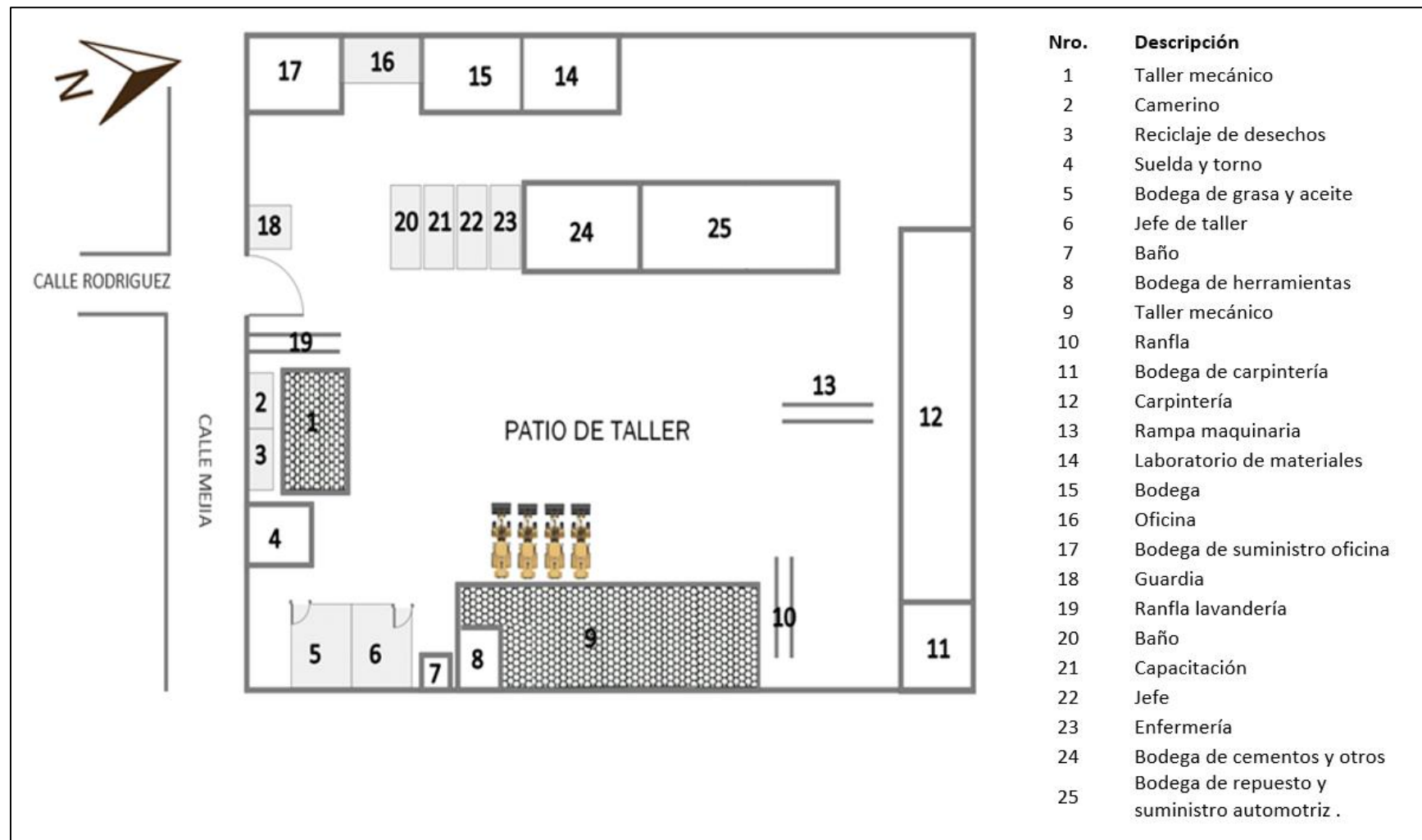


Figura 49: Propuesta de distribución del Taller del GPI **Fuente:** Autores.

8.2.5. Stock de repuestos

Mediante el diagnóstico realizado en el punto 7 se logra determinar el repuesto o insumo que se debe tener en bodega, para evitar demoras en la etapa logística de cada proceso de mantenimiento, es necesario señalar que esto es una recomendación en relación al historial de fallas analizado, que incluye factores como el estilo de conducción y el patrón de daño de la máquina, ya que no es posible predecir las fallas de la maquinaria con total exactitud.

En la tabla 25 se muestra los repuestos más importantes a nivel general, tanto de maquinaria pesada como de maquinaria semipesada, en el anexo 3 y el anexo 4 se muestra una lista recomendada, de los elementos de mayor flujo, para cada tipo de máquina y modelo, en donde la prioridad es mayor si es igual a 1 y es de menor importancia si es igual a 4.

Tabla 25: Repuestos prioritarios necesarios en bodega. **Fuente:** Autores.

MAQUINARIA PESADA	
TrenPotencia.Transmision.Traslacion.Direccion	Elementos.Brazos.Accesorios
Llantas (aro, neumatico, perno) Mandos finales (reductores finales) Elementos estructurales de direccion (terminales, rodamientos, etc) Mecanismo de accionamientos (pedales, palancas, jostick) Caja de cambio/caja reductora Ejes Motor hidraulico de transmision Conjunto diferencial Cardan o junta homocinetica Elementos de la suspension (paquetes o ballestas, etc) Bomba hidraulica de transmision Cañerías y conductos de alta presión Otras Valvulas (alivio, check, etc) semiejes Discos y embragues (frenos, direccion)	Cuchillas Roscas macho y hembra del brazo/elementos estructura Pines y bocines Uñas Cucharon Esquineros Pala Ripper Compresor
Tren.Rodaje	Hidráulico
Rodillos soporte/rodillos oruga inferior (bujes, ejes, etc) Cadena(clavija, sello,eslabon,cojinete, (enchufe,anillo empuje)) Catarina/rueda de cadena/sprocket (pernos, tuercas, etc) Ruedas guia/ruedas tensoras (bujes, ejes pasadores, etc) Templador de la cadena Zapatas (pernos y tuercas) Barra estabilizadora tren de rodaje Bastidor de la oruga (track frame) tren rodaje Paquetes de muelles pretensados (excav)	Retenes/sellos/o rin Cilindros hidráulicos de brazos Bomba hidráulica Mangueras y cañerías sistema hidraulico Motor hidráulico de giro tornamesa Cilindros de direccion Sistema de vibración del rodillo (cojinetes, temblores, etc) Filtro sistema hidráulico Jostick (accionamientos de cilindros y actuadores) Deposito de aceite Bomba hidráulica de direccion Elementos sistema de giro (excavadora) Junta giratoria excavadora VÁlvula de alivio
Otros sistemas	
Reparación integral motor (bomba de aceite, empaques, camisas, termostato, etc) Pintura, tapiz,soldadura,chapa, electrodos, planchas de acero	

MAQUINARIA SEMIPESADA	
Tren de Potencia	Inyección.Alimentación
Llantas Diferencial/tandem embrague o convertidor de par Ejes o arboles de transmision Accionamiento de marchas Caja de cambio Semiejes o palieres Cardanes o juntas Cañerías de aire	Inyectores Bomba de inyeccion Tanque de combustible Cañerías de combustible Filtro de combustible Bomba de alimentacion
Suspensión	Otros
paquetes o ballestas Elementos estructurales suspension (ejes, pines, bocines,etc) Amortiguadores Seguros de las ruedas barras estabilizadoras	Pintura, tapiz,soldadura,chapa, electrodos Reparacion parcial motor (elementos primordiales de motor bomba de aceite, camisas, termostatos) Filtro de aceite Aceite motor, caja, corona, hidraulico

8.3. Elaboración de la tabla de mantenimiento

El plan de mantenimiento es un elemento primordial en la gestión de activos, el mismo que consta de actividades periódicas preventivas y predictivas con el objetivo de mejorar la efectividad de estas, mediante el empleo de tareas oportunas para definir frecuencias, variables de control, presupuesto de recursos y procedimientos para cada actividad.

En conclusión, un plan de mantenimiento es una serie de tareas a utilizar en un equipo o sistema productivo, de manera planeada y programada con una frecuencia determinada que influya de manera notable en la confiabilidad de un activo, al realizar las tareas absolutamente necesarias, sin más de las requeridas evitando el desperdicio.

Para la elaboración del plan de mantenimiento, se toma en cuenta el historial de mantenimiento, al igual que las frecuencias con las que se realizan los mismos.

8.3.1. Codificación de las tareas de mantenimiento

Para las tareas de mantenimiento se realiza una codificación que permita identificar las horas a las que se deben realizar los mantenimientos, en la tabla 26 se muestran los intervalos a los que se realiza el mantenimiento en maquinaria pesada, mientras que en la tabla 27 se muestra la codificación para la maquinaria semipesada.

Tabla 26: Intervalos de mantenimiento maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

Codificación	Descripción
M1	Mantenimiento cada 50 horas.
M2	Mantenimiento cada 100 horas.
M3	Mantenimiento cada 250 horas.
M4	Mantenimiento cada 500 horas.
M5	Mantenimiento cada 1000 horas.
M6	Mantenimiento cada 2000 horas.
MRAI	Mantenimiento recomendado por análisis de ingeniería

Tabla 27: Intervalos de mantenimiento maquinaria semi-pesada **Fuente:** Autores.

Codificación	Descripción
M7	Mantenimiento cada 5000 kilómetros
M8	Mantenimiento cada 10000 kilómetros
M9	Mantenimiento cada 20000 kilómetros
M10	Mantenimiento cada 40000 kilómetros
M11	Mantenimiento cada 80000 kilómetros
MRAI	Mantenimiento recomendado por análisis de ingeniería

8.3.2. Requerimientos de mantenimiento generales

Se entienden por requerimientos de mantenimiento a “aquellas actividades que se realizan periódicamente a los equipos de manera exclusiva, para que no presenten fallas o que aumenten la vida útil de los mismos”. Los requerimientos se obtienen de la información proporcionada por:

- Manuales de servicio
- Manuales de operación y mantenimiento
- Catálogos de partes
- Experiencia y conocimiento producto de los análisis exhaustivos de cada equipo.

De manera específica en la tabla 28 se muestran los intervalos a los cuales se realiza mantenimiento preventivo en la maquinaria pesada; basado en las recomendaciones del fabricante se organizan los intervalos de mantenimiento por tipo de máquina.

Tabla 28: Intervalos de mantenimiento general de maquinaria pesada **Fuente:** Autores.

	INTERVALOS DE MANTENIMIENTO															
TIPO DE MAQUINA	20 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	200 HORAS	250 HORAS	300 HORAS	400 HORAS	500 HORAS	1000 HORAS	2000 HORAS	2500 HORAS	3000 HORAS	4000 HORAS	5000 HORAS	6000 HORAS	12000 HORAS
TRACTOR		X	X	X	X		X	X	X	X		X		X	X	
MOTONIVELADORA			X		X			X	X	X	X		X		X	X
RETROEXCAVADORA		X			X	X		X	X	X						
EXCAVADORA		X			X			X	X	X						
MINICARGADORA		X			X			X	X	X						
RODILLO	X	X	X		X			X	X	X		X			X	X
CARGADORA		X	X		X			X	X	X		X			X	X

De igual manera se procede a realizar una tabla de los intervalos de mantenimiento de la maquinaria semipesada, la misma que se muestra en la tabla 29.

Tabla 29: Intervalos de mantenimiento general de maquinaria semi-pesada **Fuente:** Autores.

TIPO DE MAQUINA	INTERVALOS DE MANTENIMIENTO									
	5000 KMS	10000 KMS	15000 KMS	20000 KMS	30000 KMS	40000 KMS	45000 KMS	60000 KMS	80000 KMS	100000 KMS
PLATAFORMA, CARRO TALLER, VOLQUETE Y TANQUERO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

8.3.3. Formato de mantenimiento para cada tipo de maquina

Para la ejecución de las tareas de mantenimiento es necesario un formato que permita llevar el control del mismo, el cual está elaborado específicamente para cada intervalo y para cada máquina, con la opción de imprimirlo para mayor facilidad.

En la figura 50 se muestra el formato de control de mantenimiento con todas las tareas a realizarse en los intervalos de 100 horas, en este formato se tienen los datos básicos de la maquinaria, además de las tareas de mantenimiento diario y el control básico de niveles.



CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA



Nro. Disco:

Lugar:

Operador:

Hora de trabajo actual:

Tipo de maquinaria:

Kilometraje actual:

Fecha de trabajo inicial:

Técnico/s:

Fecha de trabajo final:

MANTENIMIENTO DIARIO DE 8 O 10 HORAS

Nro. Actividad	Descripción	Acción de servicio	ESTADO J o X	OBSERVACIONES
1	Aceite de motor	Control de nivel		
2	Circuito hidráulico y transmisión	Control nivel de aceite		
3	Filtro de combustible	Drenar condensaciones de agua		
4	Sistema de refrigeración	Control refrigerante y fugas por mangueras		
5	Frenos	Control de eficiencia, testigo fallos		
6	Fugas de combustible	Revisión		
7	Fugas en mangueras	Revisión		
8	Fugas en bombas hidrostática	Revisión		
9	Fugas en bomba hidráulica	Revisión		
10	Fuga en motores de translación	Revisión		
11	Fuga en banco de válvulas	Revisión		
12	Radiador	Limpieza de polvo acumulado en la parte frontal del refrigerante		

NIVELES DEL EQUIPO

ACPM	HIDRAULICO	REDUCTORES	REFRIGERANTE	ACEITE MOTOR	OBSERVACIONES
FULL					
1/2					
MIN					

MANTENIMIENTO DIARIO DE 100 HORAS				
Nro. Actividad	Descripción	Acción de servicio	ESTADO / o X	OBSERVACIONES
1	Balancín telescópico (si equipado)	Engrasar		
2	Railes del chasis corredero	Engrasar		
3	Correderas de los estabilizadores (versión retroesviable)	Engrasar		
4	Bisagras de puerta	Engrasar		
5	Rodamientos de anillo de articulación del puente delantero (2WD y 4WD)	Engrasar		
6	Pivotes del eje delantero (2WD)	Engrasar		
7	Rodamientos de anillo de articulación del puente	Engrasar		
8	Purga filtro de combustible	Control		
9	Presión de los neumáticos	Control		

Figura 50: Formato para imprimir con revisiones generales diarias, y las revisiones específicas de las horas
Fuente: Autores.

8.3.4. Programa de mantenimiento

Este programa está desarrollado para cada modelo de máquina de manera específica y sigue los intervalos recomendados por el fabricante, a la vez que agrega revisiones y controles necesarios determinados del análisis realizado en los capítulos anteriores. En la figura 51 se presenta la pantalla principal del programa en donde se encuentran dos secciones una de maquinaria pesada y otra de maquinaria semipesada vinculados a los formatos de mantenimiento respectivos donde constan:

- Tractores,
- Retroexcavadoras
- Minicargadoras
- Excavadoras
- Rodillos
- Motoniveladoras
- Cargadoras
- Volquetes
- Plataformas
- Tanqueros.
- Vehículos de apoyo (taller móvil)



Figura 51: Programa de plan de mantenimiento pantalla inicial Fuente: Autores.

En la figura 52 se observa toda la maquinaria pesada que posee el GPI, los números de disco y el color respectivo perteneciente a cada tipo de maquinaria, por ejemplo, el color amarillo pertenece a los tractores, así sucesivamente para cada tipo de máquina.

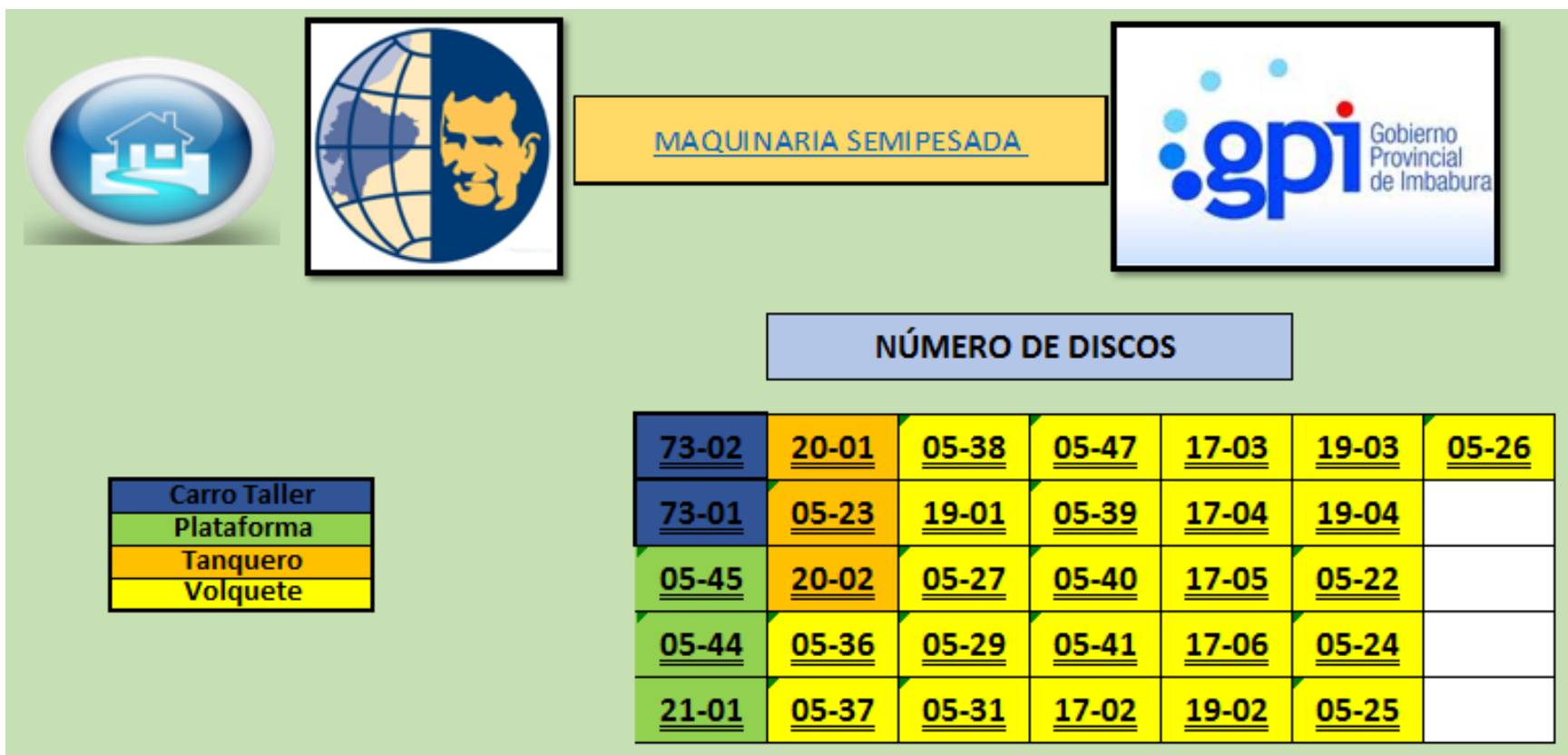


Figura 52: Ventana de mantenimiento maquinaria semipesada por número de discos Fuente: Autores.

En la figura 53 se aprecia un ejemplo de los intervalos de mantenimiento que se debe realizar en la volqueta 05-36, el cual tiene distintos mantenimientos a diferentes horas de funcionamiento, las mismas que tienen una marcación que indica el mantenimiento a realizar a intervalos de 5000, 10000, 25000, 50000, y los intervalos de mantenimientos de revisión propuestos por análisis de ingeniería.

En cada uno de los recuadros marcados con una “X” se tiene un hipervínculo que lleva a una hoja de Word con el mantenimiento específico, el mismo que puede ser impreso, para su ejecución y control respectivo.




VOLQUETE 05-36




MAN TENIMIENTOS	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	55000	60000	65000	70000	75000	80000	85000	90000	95000	100000	105000	110000	115000	120000	125000	130000	135000	140000	145000	150000	155000	160000	165000	170000	175000	180000	185000	190000	195000	200000			
M20	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
M21		X				X			X				X				X				X				X			X			X			X			X			X			
M22				X								X								X								X									X						
M23								X																X																		X	
M24															X																		X										
MRAI		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX		XX	
					XX							XX						XX						XX					XX						XX								
									XX										XX																	XX							
														XX														XX		XX	XX												

Figura 53: Intervalos de mantenimiento del volquete Hino 05-36 Fuente: Autores.

9. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

Al desarrollar un modelo de gestión, es de vital importancia la evaluación o prueba que demuestre la factibilidad y la efectividad del modelo, esta evaluación suele realizarse después de la implementación del proyecto, es decir aproximadamente un año después de la fecha de puesta en vigencia del nuevo modelo de gestión.

Para el caso de estudio, en esta sección se determina y evalúa una actividad rápida, que permita de cierto modo anticipar, estimar y comprobar lo que se tiene como expectativa en los cálculos.

9.1. Determinación de una actividad específica para el análisis comparativo

Para la evaluación de la propuesta realizada, es necesario la determinación de una actividad que se ajuste a varios factores, los mismos que permitan seleccionar la tarea de mantenimiento más relevante. Para la selección de la actividad a evaluar se procede a la elaboración de una matriz de decisión, que permita priorizar de manera técnica ciertos factores importantes a la hora de evaluar y que permita calificarlos.

En la tabla 30 se muestra la matriz de decisión para la actividad a ser evaluada, la misma que consta de un factor de ponderación en un rango de 0 a 1 y cuya calificación va en función del criterio establecido por el evaluador en un rango de 0 a 10. Los factores a evaluar se describen a continuación y se codifican de la siguiente manera:

Elevado costo (F01): Se refiere al costo que tiene la actividad, en el caso de estudio es importante que la actividad seleccionada tenga un impacto económico considerable.

Alta Intervalo / frecuencia de cambio (F02): Hace referencia a que tan frecuente es dicha actividad, para el caso de estudio es importante que sea una actividad de alto flujo es decir que se dé con mayor frecuencia.

Mayor dependencia del GPI (F03): Esto tiene que ver con el porcentaje de intervención de los técnicos del GPI en la actividad, para el caso lo que se busca, es la no intervención de terceros.

Menor tiempo logístico en realizar la actividad (F04): Esto tiene relación al tiempo que se tarda en realizar dicha actividad, desde el momento de la falla, el pedido del repuesto y la prueba final de funcionamiento. Para el estudio se busca tener una actividad que requiera del menor tiempo posible.

Tabla 30: Matriz de decisiones para selección de actividad a evaluar **Fuente:** Autores

	F01	F02	F03	F04	Rango
Factor de Ponderación	0.2	0.5	0.05	0.15	1.0
Actividad 1 (Cambio de aceite de motor, caja, corona y filtros)	8 1.6	8 4.0	10 0.5	8 1.2	7.3
Actividad 2 (Cambio de neumáticos)	8 1.6	3 1.5	5 0.25	6 0.9	4.25
Actividad 3 (Cambio de ballestas)	6 1.2	2 1.0	10 0.5	7 1.5	4.2
Actividad 4 (Cambio de zapatas)	5 1.0	5 2.5	5 0.25	6 0.9	4.65
Actividad 5 (Cambio de bandas/correas)	4 0.8	4 2.0	10 0.5	7 1.5	4.8

De la matriz de decisión elaborada, se determina que el cambio de aceite es la mejor actividad a evaluar, ya que es uno de los mantenimientos esenciales a realizar en las máquinas y cuya función es evitar el desgaste de los elementos en movimiento.

Además, es la mejor opción ya que representa un costo considerable, estimado en aproximadamente USD 700,00 a USD 800,00 dólares americanos por mantenimiento, esto combinado con la frecuencia de cambio que es de alto flujo, la misma que en promedio se realiza cada mes y que depende en su totalidad de la gestión interna de la Jefatura de Bodega y de la Jefatura del Parque Automotor, cuyos recursos están disponibles de manera permanente, tanto si hace referencia a la mano de obra como a los insumos automotrices.

En conclusión, la actividad seleccionada es la más viable, porque se ajusta a las limitaciones de tiempo que presenta este estudio, por lo que no es posible esperar de manera prolongada el cumplimiento del ciclo de la actividad de mantenimiento a evaluar.

9.2. Comparativa de tiempos operativos actuales y propuestos

Una vez determinada como actividad de evaluación el cambio de aceite, se abordan los diferentes aspectos tomados en cuenta para la optimización. Para la evaluación se hace uso de un cronometro digital que permita controlar el tiempo de mantenimiento tanto actual como propuesto.

Estructura organizacional: La estructura de organización va de la mano con los procedimientos, la propuesta del manejo propio de los recursos del sector de Mantenimiento y Parque Automotor, reduce los tiempos logísticos que comprende la aprobación de la compra por parte de la Jefatura de Bodega y la gestión de la misma para la posterior adquisición del aceite. Los tiempos estimados de papeleo se muestran en la tabla 31.

Repuestos en bodega: Del historial de fallos y mantenimiento se estima los repuestos mayormente necesarios a tener en bodega, se determina para esta máquina que los elementos mayormente necesarios son los referentes al mantenimiento preventivo, el mismo que comprende cambio de aceite y filtros, la disponibilidad de estos elementos e insumos, disminuye los tiempos logísticos de pedido y adquisición, adicionales al tiempo de parada por reparación. Esto no es muy apreciable en el cambio de aceite porque ya se dispone de una cantidad, que fue adquirida al inicio del año, pero se espera que se pueda apreciar en el resto de elementos no disponibles en bodega.

Para el caso de evaluación, se observa en color naranja el recorrido realizado por el técnico de turno desde la bodega de herramientas hasta donde se encuentra la maquinaria, mientras que en color azul se observa el recorrido desde la bodega de aceite, en la figura 54 se muestra el recorrido actual y en la figura 55 se muestra el recorrido al implementar la propuesta.

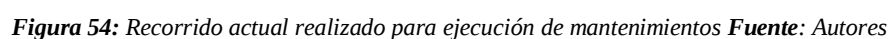




Figura 55: Recorrido de propuesta para ejecución de mantenimientos **Fuente:** Autores

Procedimientos: Al encargarse de la logística de adquisición de los repuestos e insumos automotrices la misma jefatura, el proceso evita tener que realizar el pedido en la Jefatura de Bodega y lo realiza directamente en la zona de almacenamiento automotriz. Al contar con los repuestos disponibles se evitan los tiempos de espera, los tiempos obtenidos de los procedimientos se muestran en la tabla 31.

En la figura 56 y la figura 57 se pueden observar el procedimiento actual y el procedimiento propuesto para cambio de aceite respectivamente, donde se incluyen los tiempos de manera detallada.

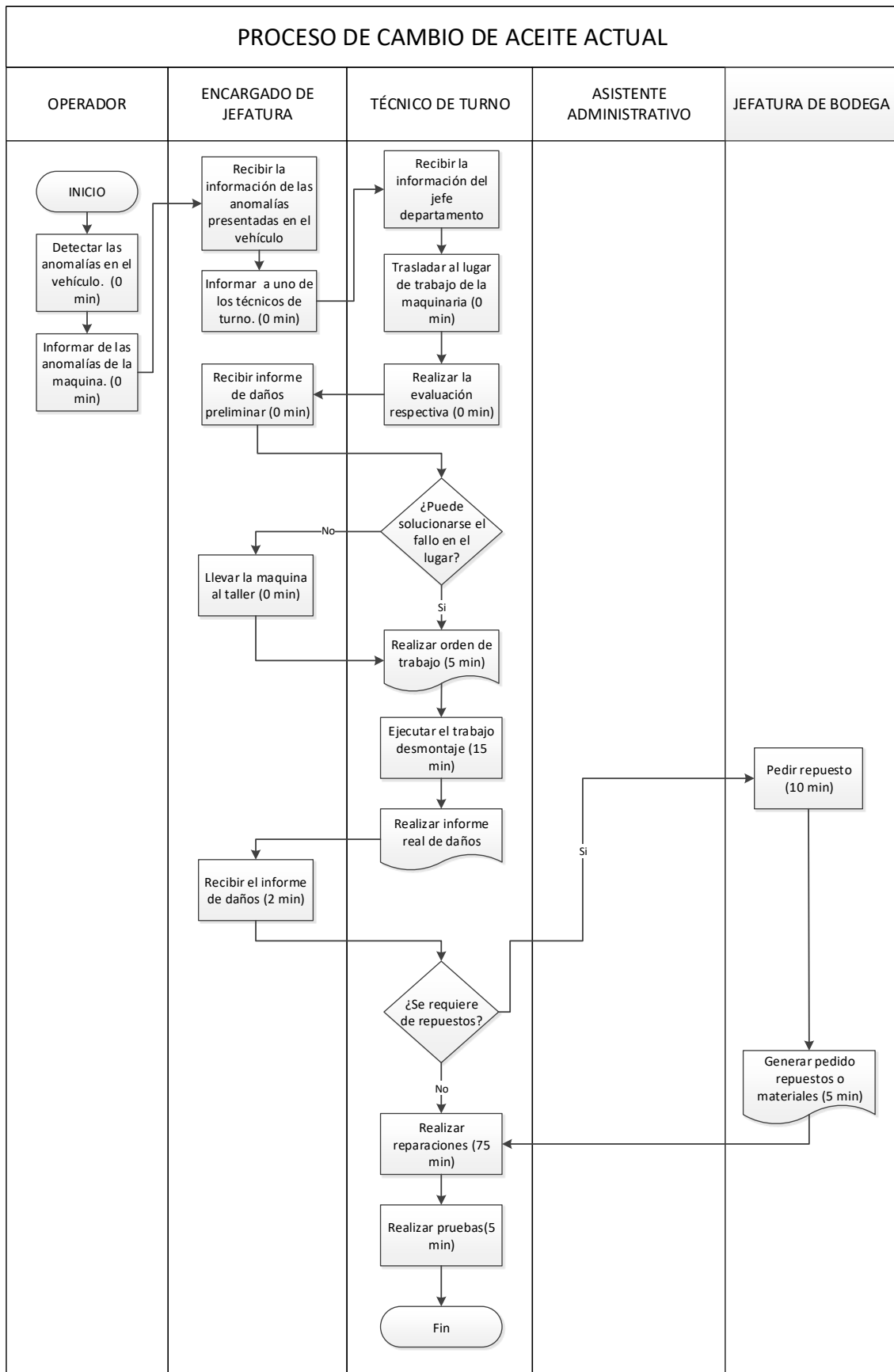


Figura 56: Procedimiento actual para cambio de aceite **Fuente:** Autores

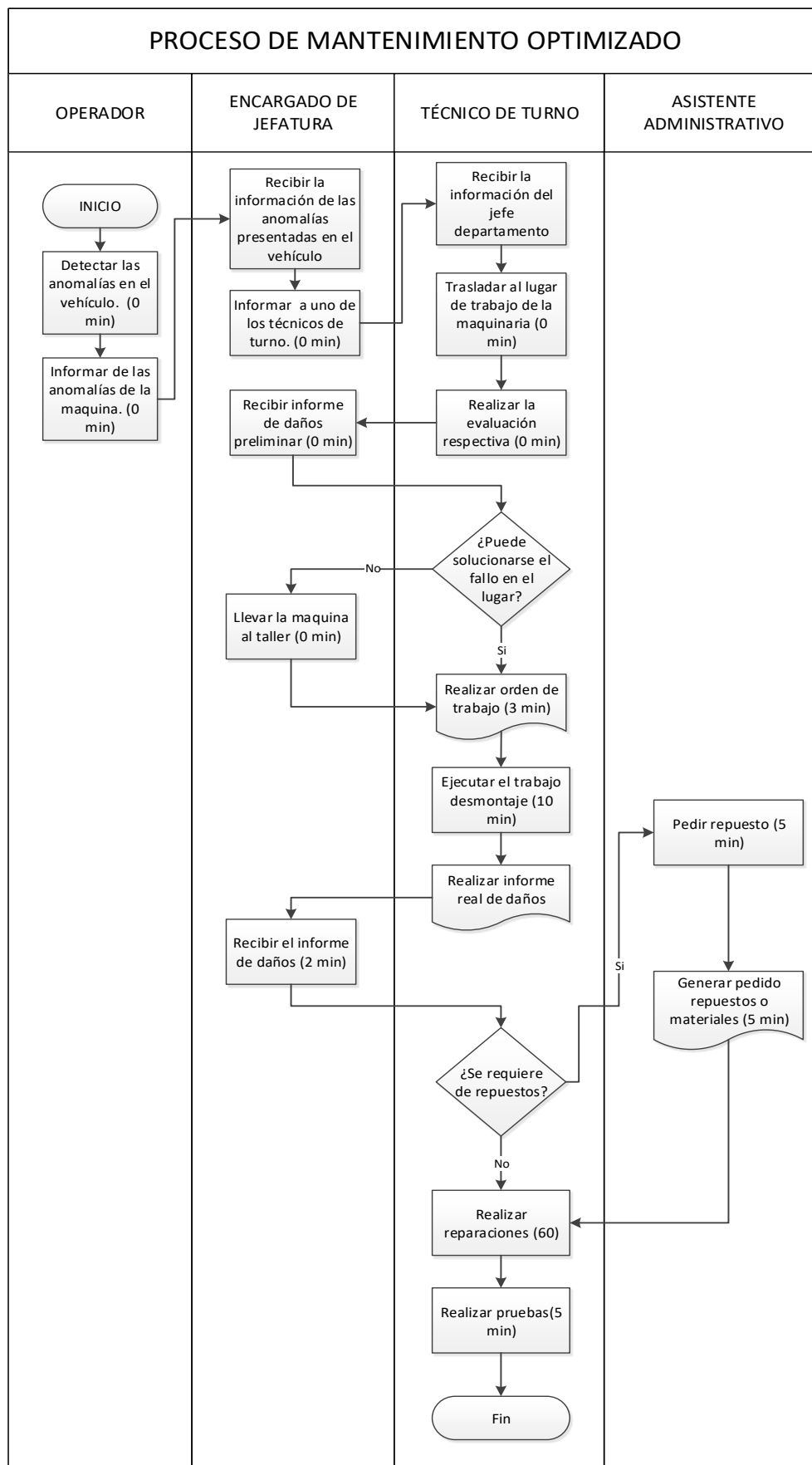


Figura 57: Procedimiento actual para cambio de aceite Fuente: Autores

La demanda que posee este tipo de máquina es alta, razón por la cual están en constante actividad, las tareas de cambio de aceite generalmente se realizan cada 250 horas de servicio o cada mes, es decir que en el año esta actividad se realiza 12 veces siendo uno de los mantenimientos más frecuentes, criterio que se emplea en la tabla 31 para evaluar el tiempo optimizado de manera anual.

Tabla 31: Comparativa de tiempos actuales - propuestos **Fuente:** Autores

Aspecto a evaluar	Tiempo demora actual	Tiempo demora de la propuesta
Estructura organizacional y pedido de repuestos	15 min	10 min
Mano de obra administrativa (documentos de control)	7 min	5 min
Mano de obra técnico-mecánica (instalaciones, herramientas)	95 min	75 min
Total tiempo mantenimiento unitario	117 min	90 min
Total tiempo mantenimiento anual	1404 min	1080 min

9.3.Comparativa de costos operativos actuales y propuestos.

Para realizar una comparativa de costos, es necesario determinar el costo de tener trabajando una maquina cada hora, para el caso del volquete 5-36, se realiza un cálculo donde se incluyen los costos fijos y variables del funcionamiento de la máquina. En la tabla 32 se observan de manera detallada las variables del cálculo.

Tabla 32: Variables para determinar el costo horario de la maquina **Fuente:** Autores

Denominación	Cantidad	Unidad
Precio de la maquina	147.840,00	USD
Valor de Salvamento	35.481,600	USD
Salario Básico	375,00	USD
Sueldo del Operador	650,00	USD
Ropa de trabajo del operador por año	240,00	USD
Alimentación del operador por mes	300,00	USD
Costo del galón de Diésel	1.040,00	USD

DENOMINACIÓN	Cantidad	UNIDAD
Costo de la libra de Grasa	4.500,00	USD
Libras de Grasa diarias	1000	Lb
Costo de 55 galones de aceite motor	878,00	USD
Años de vida de la máquina	10	Años
Periodo de cambio de aceite	250	Horas
Factor Utilización	0.90	%
Tasa de interés	0,1038	%
Potencia de la maquina	231	KW
Capacidad del carter	39,5	Litros
Costo de reemplazo de un neumático	650	USD
Vida útil promedio del neumático	931	Horas
Número de neumáticos	10	#
Horas al año (1980 -2000)	1980	Horas

Con los datos de la tabla 32 se procede a realizar el cálculo, para el cual se toma valores generales y factores de cálculo genéricos que permiten estimar el valor horario del funcionamiento de la máquina, el mismo que se muestra en la tabla 33.

Tabla 33: Costos detallados de volqueta 5-36 **Fuente:** Autores

COSTOS	COSTO HORA (USD)
COSTO DE POSESION	8,64
Depreciación	5,67
Interés del capital Invertido	0,51
Seguros	1,23
Impuestos	1,23
COSTO DE OPERACIÓN	76,46
Combustible	13,99
Lubricante	3,91
Grasas	0,56
Filtros	0,98
Neumáticos	21,89
Mantenimiento	28,09
Operador/Ayudante	7,03
COSTO HORARIO DE MAQUINARIA	85,11

En la tabla 34 se muestran los valores comparativos de costos de acuerdo al tiempo empleado; el tiempo de demora en realizar el cambio de aceite en el año es de 1404 min y mientras que la propuesta puede llegar a 1080 min, lo que da una diferencia de 76 min al año, si se toma en cuenta que el costo horario de la maquina es de USD 85, 11 dólares americanos, el costo de los 76 minutos disminuidos sería de USD 107,00 dólares americanos al año, solo de esa máquina y esa actividad en específico, representando un porcentaje de ahorro de 23 % aproximadamente. También se evalúa el cambio de neumáticos, el mismo que no reduce de manera considerable los tiempos de demora en reparación y cuyo porcentaje de ahorro es del 4,66 %.

Tabla 34: Valores comparativos de la propuesta **Fuente:** Autores

Actividad de mantenimiento	Tiempo demora actual al año (min)	Tiempo demora de la propuesta al año (min)	Diferencia de tiempo empleado al año (min)	Ahorro en dinero al año (USD)	Porcentaje de ahorro %
Cambio de aceite	1404	1080	76	107,79	23,07
Cambio de Neumáticos	450	429	21	29,78	4,66

Si se toma el porcentaje de ahorro más bajo, correspondiente a los neumáticos y que equivale al 4,66%, con una aproximación de gasto anual de mantenimiento general equivalente a USD 669.740,87 dólares, el ahorro anual a nivel de todo el equipo caminero, se espera tenga un valor igual a USD 31.209,92 dólares, lo que sustenta la factibilidad del proyecto.

9.4.Comparativa de índices CMD

Al ser la evaluación en una sola actividad, es posible que no cambie de manera significativa los índices CMD, sin embargo, aun si es pequeño y se consigue reducir los Tiempos Técnicos de reparación, la disponibilidad se incrementará.

En la tabla 35 se muestra los Índices CMD relacionados a la maquina 5-36, tanto actuales como estimados para la propuesta, de los que se obtiene que la mejora en disponibilidad esta aproximadamente en 0,47%.

Tabla 35: Comparativa de Índices CMD **Fuente:** Autores

Datos comparativos			
	C (Confiabilidad) horas	M (Mantenibilidad) horas	D (Disponibilidad) %
Actual	56,46	1,17957	97,95
Propuesta	56,46	0,91	98,42
Porcentaje de mejora			0,47

Es importante entender que se realiza la evaluación para una sola máquina y con una sola actividad, debido a que realizar esta evaluación para todas, representa excesivo tiempo y por lo tanto se incrementaría la demanda de recursos.

10. CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

Se obtuvo una propuesta de plan de mantenimiento, el cual garantiza la rentabilidad del equipo caminero, basado en una estimación de ahorro anual por evaluación rápida aproximada de USD 31.209,92 lo que equivale al 4% del valor total, el mismo que fue establecido en USD 669.740,87

Se realizó una síntesis bibliográfica del estado del arte acerca de planificación y organización del mantenimiento específicamente en maquinaria pesada, para lo cual se revisó libros, trabajos de grados, y documentos afines al tema, que permitieron establecer una guía de conceptos teóricos aplicables al mantenimiento.

De la flota vehicular conformada por 121 vehículos, se seleccionó el 62 % equivalente a 72 máquinas, las mismas que se dividieron en 31 máquinas semipesada conformadas por volquetes, vehículos de apoyo, carros taller, tanqueros, plataformas y 41 máquinas pesadas entre tractores, cargadoras, excavadoras, retroexcavadoras, motoniveladoras, mini cargadoras y rodillos.

Se determinó que los sistemas críticos para maquinaria semipesada, son los relacionados al tren de potencia valorado en USD 305.599,00 seguido de la reparación integral del motor, el tapizado, la pintura y la suelda con USD 36.517,00 el sistema de suspensión 25.769,00 y el sistema de alimentación inyección con un valor de USD 22.793,00.

Los elementos más críticos respecto a maquinaria semipesada, se concluyeron son los neumáticos, los elementos de reparación del motor, la tapicería, la carrocería, los elementos estructurales de la chapa, los paquetes de ballestas, los pines de paquete, los bocines de la suspensión y los inyectores.

Para la maquinaria pesada se estableció que los sistemas críticos son, el tren de potencia, traslación, dirección y transmisión valorado en USD 314.129,00 dólares, seguido de los brazos y accesorios con un valor de USD 186.720,00 dólares; con menor criticidad, pero de igual importancia está el tren de rodaje con un valor de USD 141.692,00 dólares, el sistema hidráulico valorado en USD 138.595,00 y otros sistemas o mantenimientos cuyo valor es de USD 114.995,00.

Los más críticos de la maquinaria pesada resultaron ser los neumáticos, los elementos de los mandos finales, los elementos de la dirección como rodamientos y rotulas, los rodillos de soporte de la cadena y los elementos constitutivos, los elementos de la cadena, la rueda de cadena o sprocket, los ruedas guías tensoras con los elementos constitutivos, los elementos de corte, cuchillas, puntas, pines bocines de las articulaciones de los brazos, los retenes y sellos hidráulicos, los cilindros, los elementos de la bomba hidráulica, las mangueras hidráulicas y los elementos empleados para la reparación integral del motor.

Se estableció al volquete 05-36 como una máquina de prueba, cuya frecuencia de falla para el sistema de refrigeración y tren de potencia se calculó en 58000 km; para los accesorios, elementos de desgaste rápido y elementos de la dirección una frecuencia de 30000 km, y para el sistema de suspensión una frecuencia de 90000 km; el resto de sistemas no tienen fallos o los intervalos de kilometraje a los que se genera un fallo son muy grandes, ya que van desde los 100000 km hasta los 200000 km.

Se realizó el plan de mantenimiento, el mismo que en la evaluación rápida reduce los tiempos de los procesos logísticos administrativos y de taller en un 10%, seguido con el tiempo de solicitud de repuesto con un 6% y el tiempo de movilización a través de las áreas de taller con un 8%, de lo que resulta la suma total de 23% de reducción al tiempo total del mantenimiento.

Se propuso tener en bodega los elementos que más fallan, lo que reduce el tiempo de adquisición de repuestos de 15 días promedio a 3 días de plazo, lo que representa una mejora del 80% en tiempos de adquisición de repuestos.

Se creó un entorno gráfico en una hoja de cálculo, que consta con la planificación recomendada para cada máquina, de manera que permita realizar el mantenimiento en un menor tiempo y que para la maquina evaluada garantizo una disponibilidad promedio de 95% a 97%, lo que es calificado como excelente de acuerdo a la OEE.

Se estableció para la maquina seleccionada de estado, mediante la evaluación realizada, que la nueva disponibilidad estimada es aproximadamente 0,47 % mayor a la actual, lo que demuestra la factibilidad del proyecto, al reducirse el tiempo de las demás actividades.

Se realizó la evaluación del plan de mantenimiento propuesto, mediante la aplicación de una actividad de campo como es el cambio de aceite, para una maquina en específico, la misma que permitió comparar el tiempo actual del proceso estimado en 1404 minutos al año con el tiempo de la propuesta estimado en 1080 minutos, cuya diferencia es de 79 minutos y cuyo costo equivale a USD 107,00 al año si se toma un valor de funcionamiento horario de USD 85,11 dólares, reduciéndose aproximadamente el 23% del costo actual.

11. RECOMENDACIONES

De manera inmediata se recomienda la implementación del Plan de Mantenimiento Propuesto, para que se genere el ahorro calculado y se mantenga la disponibilidad del equipo caminero en un porcentaje mayor al 90%.

Para la ejecución de un Programa Planificado de Mantenimiento, se recomienda que las maquinas estén operativas a un nivel y estado aceptable. Por lo tanto, sería muy importante realizar un Overhaul o parada general de la maquinaria, que permita reestablecer el estado operativo de las máquinas, permitiendo aplicar el mantenimiento como si se tratara de maquinaria nueva.

Se recomienda capacitar a los técnicos y mecánicos para que llenen de manera correcta las ordenes de trabajo, que incluso permiten respaldar las actividades realizadas frente a las auditorias anuales.

En los documentos es recomendable separar los repuestos del mantenimiento realizado, de los repuestos necesarios para el próximo mantenimiento, de igual manera se recomienda que la orden de trabajo se llene con los datos de una sola máquina, ya que de lo contrario esto puede generar confusión al digitalizar los datos y registrarlos en el GPI Card.

Se recomienda el adecuado uso del software GPIcar, ya que es necesario el llenado de todos los campos de información con datos correctos, además el paso de información desde los documentos físicos al software de registro, debe llevarlo a cabo personal que tenga conocimiento técnico y la información registrada debe coincidir con las ordenes de trabajo.

Es recomendable la tecnificación del taller, mediante la adquisición de equipos que permitirían incrementar la velocidad de ejecución de las tareas de mantenimiento, por ejemplo, el empleo de pistolas con asistencia neumática y eléctrica.

Se recomienda el adecuado manejo de los productos residuos del mantenimiento, tanto en la fase de almacenamiento, como en la disposición final, ya sean estos elementos fungibles o piezas de recambio dañadas con materiales nocivos para la salud o contaminantes.

12. BIBLIOGRAFIA

- Abella, B. B. (2010). Planificación del mantenimiento industrial. En B. B. Abella, *Mantenimiento Industrial* (págs. 11-15). México.
- Amendola, L. (2014). [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte1.pdf). Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte1.pdf>
- Bona, J. M. (2000). *Gestión del mantenimiento*. México: FC.
- Bona, J. M. (2007). Gestión de mantenimiento. En J. M. Bona, *Gestión de mantenimiento* (págs. 24-27). Madrid: Funcion con fe mental.
- Caterpillar. (2017). *Grupo makro*. Obtenido de Grupo makro.
- Dixon, D. R. (2000). Sistemas de mantenimiento planeación y control. En D. R. Dixon, *Mantenimiento* (págs. 25-36). México: Limusa.
- Fernández, F. J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. Madrid: Fundaciometal.
- Francisco Sanchez. Antonio Perez, Joaquín Sancho, Pablo Rodríguez. (2007). Fallos. En J. S. Francisco Sanchez. Antonio Perez, *Mantenimiento mecánico de las máquinas* (págs. 22-27). España.
- Gutierrez, A. M. (2009). *Mantenimiento Planeacion, Ejecucion y Control*. Mexico: Alfa Omega.
- gyninspecciones. (2017). *G&N*. Obtenido de gyninspecciones: <https://gyninspecciones.com/portfolio-item/ultrasonido/>
- Harris, A. K. (2012). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. México.
- ieav. (21 de 03 de 27). Obtenido de ieav: <https://www.ieav.com.mx/servicios/an%C3%A1lisis-de-vibraciones-en-sitio/>
- Knezevic, J. (1996). *Mantenimiento*. Madrid: Isdefe.
- Knezevic, J. (1996). Mantenimiento correctivo. En J. Knezevic, *Mantenimiento* (págs. 51-52). Madrid.
- León, F. C. (1998). Mantenimiento Industrial. En F. C. León, *Tecnología de mantenimiento industrial* (págs. 21-29). España: Servicio de publicaciones.
- Marín, F. T. (2006). Fallos. En F. T. Marín, *Mantenimiento mecánico de máquinas* (págs. 22-24). España: Universitat Jaume.

Navarro, J. D. (2004). *Mantenimiento Industrial*.

Pablo Juan Verdoy, J. m. (2006). Diagrama de pareto. En J. m. Pablo Juan Verdoy, *Manual de control estadístico de calidad teoría y aplicaciones* (págs. 207-210). España: Publicaciones de la Universitat Jaume.

Prando, R. R. (1996). Introducción . En R. R. Prando, *Manual de gestión de mantenimiento a la medida* (págs. 5-9). Montivideo: Esperanza R. de Castañeda.

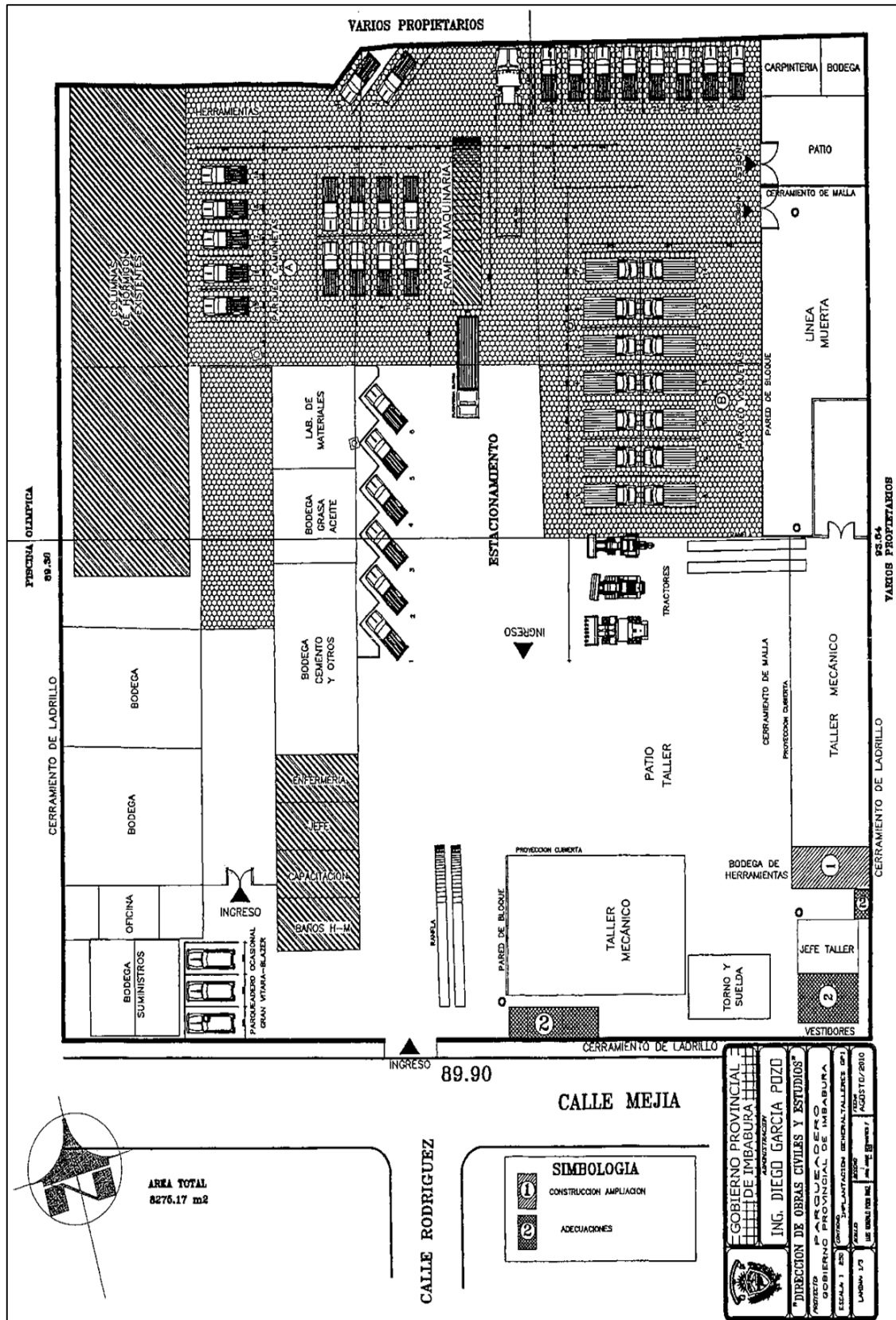
QUAC. (2017). Obtenido de QUAC: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>

Renault 19. (2017). Obtenido de Renault 19: <http://www.renault19.com.ar/informacion-tecnica/articulos-tecnicos/56-medicion-de-la-presion-de-compresion>

tallerjbordagaray. (2017). Obtenido de tallerjbordagaray: <http://www.tallerjbordagaray.com/liquidos-penetrantes/>

13. ANEXOS

Anexo 1: Evidencia Fotográfica Fuente: GPI.





MAQUINARIA NO OPERATIVA



TALLERES DE CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA



ZONA DE LAVADO DE EQUIPO CAMINERO



TALLER MECÁNICO PARA EQUIPO CAMINERO



OFICINA DE LA JEFATURA DE MANTENIMIENTO



TALLER MECANICO TORNO Y SUELDA



TALLER MECANICO VEHICULOS LIVIANOS



TALLER MECÁNICO PARA EQUIPO CAMINERO



TALLER MECANICO VEHICULOS LIVIANOS



TALLER MECANICO TORNO Y SUELDA

Anexo 2: Listado general de flota vehicular Fuente: Autores.

Disco	Maquinaria	Marca	Modelo	Nro. Serie	Año	Placas	Estado
08-20	Cargadora	John Deere	JD644B	359141T	1978	4.0-10-000339	no operativa
08-21	Cargadora	John Deere	JD644B	401334 DW	1981	4.0-10-000340	no operativa
08-45	Cargadora	Hyundai	HL740-7	LF0111560	2009	4.0-10-000341	operativo
08-47	Cargadora	Hyundai	HL740-7	LF0111561	2009	4.0-10-000343	operativo
08-55	Cargadora	Caterpillar	950 GC	M5KDD284	2014		operativo
73-01	Carro Taller	Mercedes Benz	Vario 814D A	WDB670422BN144008		IEI-1200	operativo
73-02	Carro Taller	Isuzu/ Chevrolet	NPR75H		2015		operativo
08-33	Excavadora	Daewoo	solar 220	2063	1998	Trámite	operativo
08-34	Excavadora	Daewoo	solar 220LC	2064	1998	7.1-10-000349	operativo
08-38	Excavadora	Daewoo	solar 225	DHKHEMX0V70003131	2007	7.1-10-000350	operativo
08-39	Excavadora	Daewoo	sol 225LC-V	DHKHEMX0T70003130	2007	7.1-10-000351	operativo
33-01	Excavadora	Caterpillar	320DL	CAT0320DHKGF05483	2011	7.1-10-000353	operativo
22-01	Furgon	Chevrolet	FSR34N	JALFSR34NB7000016	2011	IEI-1110	operativo
01-01	Jeep	Ford	Explorer	8XDEU73E078A36606	2007	IEI-1121	operativo
01-02	Jeep	Toyota	Fortuner	0YU59G8D8100456	2013	IEI-1208	operativo
01-03	Jeep	Suzuki	Gran Vitara SZ	DCK7370D0192929	2013	IEI-1213	operativo
01-04	Jeep	Toyota	RAV 4				operativo
08-41	Minicargadora	Case	440	N7M453189	2007	4.5-10-000344	operativo
08-52	Minicargadora	New Holland	L185	N9M405687	2009	4.5-10-000910	no operativa
38-01	Minicargadora	Bob Cat	S-300	A5GP36860	2010	4.5-10-000345	operativo
08-50	Motoniveladora	John Deere	670G	DW670GX626946	2009	6.0-10-000337	operativo
08-17	Motoniveladora	John Deere	JD670A	09862T	1978	6.0-10-000331	operativo
08-23	Motoniveladora	Case	845	N6AF03328	2007	6.0-10-000332	operativo
08-32	Motoniveladora	Caterpillar	120H	5FM00817	1998	6.0-10-000333	operativo

08-35	Motoniveladora	Komatsu	GD511A	G51A-10836	2000	6.0-10-000334	operativo
08-36	Motoniveladora	Komatsu	GD511A	G51A-10837	2000	6.0-10-000335	operativo
08-49	Motoniveladora	John Deere	670G	DW670GX626929	2009	6.0-10-000336	operativo
08-51	Motoniveladora	John Deere	670G	DW670GX626944	2009	6.0-10-000338	operativo
08-56	Motoniveladora	Caterpillar	140k	SZL02524	2014		operativo
05-44	Plataforma	Mack	686S	7577	1981	Tramite	operativo
05-45	Plataforma	International	1700	556743	1986	Tramite	operativo
21-01	Plataforma	Mack	GU813E	1M1AX18Y8BM013185	2011	IEI-1120	operativo
08-08	Retroexcavadora	New Holland	B110	N7GH07930	2007	7.2-10-000362	operativo
08-10	Retroexcavadora	New Holland	B110	N7GH07931	2007	7.2-10-000346	operativo
08-43	Retroexcavadora	New Holland	B95B	N8GH21416	2009	7.2-10-000348	operativo
08-44	Retroexcavadora	New Holland	B95B	N8GH21385	2009	tramite	operativo
08-40	Rodillo	Vibromax	M32	JCB1800954	2007	8.2-10-000354	operativo
43-01	Rodillo	AMANM		1317	2010		operativo
43-02	Rodillo	Caterpillar	CS-533E	BZE02193	2011	8.2-10-000356	operativo
43-03	Rodillo	Caterpillar	CS-533E	BZE02191	2011	8.2-10-000357	operativo
43-04	Rodillo	Caterpillar	CS-533E	BZE02194	2011	8.2-10-000358	operativo
43-05	Rodillo	Caterpillar	CS56B	43700219	2014		operativo
43-SA	Rodillo	Caterpillar	CS 583D	CATCS583H3GZ00453	2001	8.2-10-000355	operativo
05-23	Tanquero	Nissan	CPC14EDLT	CPC14E02825	1998	Tramite	operativo
20-01	Tanquero	Hino	GHIJMUA	9F3GH1JMUAXX16595	2010	IEI-1058	operativo
20-02	Tanquero-C	Chevrolet	FTR 34P	JALFTR34PE7000020	2014	ISA-1005	operativo
08-09	Tractor	Caterpillar	D6D	4X06289	1978	3.2-10-000321	operativo
08-11	Tractor	International	TD15C	KTM0811-212-000-052	1992	3.2-10-000322	operativo
08-12	Tractor	International	TD15C	1515PO1314	1992	3.2-10-000323	operativo
08-15	Tractor	New Holland	D150	FNH150LPN7HC23002	2007	Trámite	no operativa

08-28	Tractor	Caterpillar	D6R	4MN00440	1998	3.2-10-000324	operativo
08-29	Tractor	Caterpillar	D6R	4MN00441	1998	3.2-10-000325	operativo
08-30	Tractor	Caterpillar	D8R	7XM02009	1998	3.2-10-000326	operativo
08-42	Tractor	New Holland	D150	FNH150LPN7HC23001	2007	3.2-10-000328	operativo
08-53	Tractor	Komatsu	D65EX-17		2012		operativo
08-54	Tractor	Komatsu	D65EX-18	81212	2012	3.2-10-878	operativo
MAGAP	Tractor	Komatsu	D65EX-16		2012		operativo
05-22	Volquete	Nissan	CPC14EDLT	CPC14E02829	1998	ISA-1010	operativo
05-24	Volquete	Nissan	CPC14EDLT	CPC14E02828	1998	ISA-1012	operativo
05-25	Volquete	Nissan	CPC14EDLT	CPC14E02827	1998	ISA-1009	operativo
05-26	Volquete	Nissan	CPC14EDLT	CPC14E02826	1998	ISA-1013	operativo
05-27	Volquete	International	4900	412613	1992	IEI-1026	operativo
05-29	Volquete	International	4900	412624	1992	IEI-1027	operativo
05-31	Volquete	International	4900	357206	1992	Tramite	operativo
05-36	Volquete	Hino	2841	HDFS1ELV7XX10337	2007	IEA-283	operativo
05-37	Volquete	Hino		HDFS1ELV7XX10333	2007	IEA-281	operativo
05-38	Volquete	Hino		HDFS1ELV7XX10336	2007	IEA-282	operativo
05-39	Volquete	Isuzu	FVR-23	JALFVR23P97000128	2009	IEI-1021	operativo
05-40	Volquete	Isuzu		JALFVR23P97000129	2009	IEI-1022	operativo
05-41	Volquete	Isuzu		JALFVR23P97000119	2009	IEI-1020	operativo
05-47	Volquete	International	DT466E	25476	2000	Tramite	operativo
17-02	Volquete	Chevrolet	FVR 34 K	JALFVR34KG77000109	2016	IMA-1323	operativo
17-03	Volquete	Chevrolet	FVR 34 K	JALFVR34KG7000110	2016	IMA-1324	operativo
17-04	Volquete	Chevrolet	FVR 34 K	JALFVR34KG7000111	2016	IMA-1325	operativo
17-05	Volquete	Chevrolet	FVR 34 K	JALFVR34KG7000007	2016	IMA-1322	operativo
17-06	Volquete	Chevrolet	FVR 34 K	JALFVR34KG7000009	2016	IMA-1321	operativo

19-01	Volquete	Hyundai	2011HD270	KMCDH18SPBC043824	2010	IEI-1057	operativo
19-02	Volquete	Mack	GU813E	1M2AX18C3AM010965	2010	IEI-1067	operativo
19-03	Volquete	Mack	GU813E	1M2AX18C3AM010966	2010	IEI-1065	operativo
19-04	Volquete	Mack	GU813E	1M2AX18C3AM010967	2010	IEI-1066	operativo

Anexo 3: Lista de repuestos para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores.

		Prioridad (1 al 4)													
	MODELO DE VEHICULO	INTERNATIONAL 1700	HINO 2841	INTERNATIONAL 4900	HYUNDAI HD 270	MACK 686S	NISSAN CPC14EDLT	INTERNATIONAL DT466E	ISUZU FTR	ISUZU FVR 34K	ISUZU FVR 23	HINO GH	MACK GU813E	ISUZU NPR	MERCEDES VARIO
ELEMENTO	Amortiguadores		4		4	4							4		
	Barras estabilizadoras		3												
	Batería	4	4			3	4		4	4	4	3	4	4	3
	Bombas de agua					4		4				2			4
	Cañerías de combustible								4						4
	Cardanes o juntas		4	4							4				3
	Cilindros de freno		4				4								
	Ejes o arboles de transmisión más comunes a falla	4		3	3	4		3					2		
	Elementos bomba de inyección	4							3						
	Elementos de bomba hidráulica		3					2							
	Elementos de caja de cambio		3			3					4				
	Elementos de caja de dirección			3											
	Elementos de fricción (balatas, pastillas, zapatas, etc.)	2		4	4						3				

Elementos de iluminación y alumbrado más propensos al daño.	4	4				4					4	4		
Elementos de reparación parcial del motor (elementos primordiales)	3		4	4	2	3	2					4		
Elementos del diferencial/tándem	4		3		4	3	3			4		4		
Elementos eléctricos básicos (fusibles, relés, etc)	2	3	4		3	4	4	4	4	4		4		3
Elementos estructurales de carrocería, soportes, y elementos para refuerzos en general.	3	4				4								
Elementos estructurales dirección (ejes, pines, bocines, etc)		4			4									
Elementos estructurales suspensión (ejes, pines, bocines, etc)		2	4			3	4			3				
Elementos más comunes del accionamiento de marchas		3			4	2					3	3		
Elementos motor de arranque			4											4
Filtros de combustible											4			
Fuelles neumáticos		3												
Inyectores	4													
Kit de embrague o convertidor de par		3	4		3	3				2	2	3		
Kit de reparación de cilindros hidráulicos		4												
Llantas		2	3	3	2	2	4		3	2	3	2		2
Mangueras del radiador				4	4		2			4				
Mangueras y cañerías														

Mantenimiento correctivo (elementos para pintura, soldadura, chapa)	3	2	2		2	1				2		3		2
Mantenimiento Preventivo (aceite de caja corona, filtros, etc)		3	4			4				4				
Mantenimiento preventivo (aceite motor, filtro de aceite, filtro aire, filtro combustible)	2	1	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1	2	3
Mantenimiento Preventivo (aceite sistema hidráulico, filtros hidráulico)	4													4
Mantenimiento preventivo (bandas accesorios, correa de distribución, correas de ventilador)							3		4	4	4	3		
Mantenimiento preventivo (grasa y graseros)						3			4			4	4	
Mecanismos tanquero						4					4			
Paquetes o ballestas	1	4	2	2	3	2	4			3		2		1
Radiador	2	4	4	3	4		3				4			
Rodamientos de ruedas										4				
Rotulas y Articulaciones de daño más común.		4				4						4		
Semiejes o palieres más comunes			4											
Termostatos														4
Turbocompresor o Turbocargador	4	4												
Válvulas de diferentes tipos (reguladoras, control, correctores de frenado, etc)		2			4	4				3		4		4
Ventilador														4

Anexo 4: Lista de repuestos para maquinaria semipesada **Fuente:** Autores

		Prioridad (1 al 4)																						
	MODELO DE VEHICULO	HYUNDAI HL740-7	CATERPILLAR 950 GC	DAEWOO SOLAR 220 LC	DAEWOO SOLAR 225 LCV	CATERPILLAR 320DL	MINICARGADORA	JOHN DERE E JD670A	CASE 845	CATERPILLAR 120H	KOMATSU GD511A	JOHN DERE E 670G	CATERPILLAR 140k	NEW HOLLAND B95B	JCB VIBROMAX M32	AMANM	CATERPILLAR CS-533E	CATERPILLAR CS 56B	CATERPILLAR CS 583D	CATERPILLAR D6D	INTERNATIONAL DRESSER D6D	CATERPILLAR D6R	NEW HOLLAND D150	KOMATSU D65EX-17
ELEMENTOS	Termostato																						4	
	Radiador		2	4	4			2					3			4	3		3	2		4	4	
	Bomba de agua								4								4						4	
	Manguera intercooler		3																					
	Manguera radiador								3															
	Ventilador			4		4		4				4				4			4			3		3
	Cadena(clavij a, sello, eslabón, cojinete, (enchufe, anillo empuje)			4	4	4														2			2	
	Zapat as (pernos y tuercas)																			2	4			

Rodillos soporte/rodillos oruga inferior (bujes, ejes, etc)														3		4			3	4			4
Ruedas guía/ruedas tensoras (bujes, ejes pasadores, etc)			4	4						4									3	4	4		
Catarina/rueda de cadena/sprocket (pernos, tuercas, etc)		3			4					3										2			
Bastidor de la oruga (track frame) tren rodaje																			4				
Barra estabilizadora tren de rodaje																					4		
Templador de la cadena			2	3																4	3		
Paquetes de muelles pretensados (excav)																							
Conjunto diferencial								2															
Mandos finales (reductores finales)								3											1	3			
Cardan o junta homocinética												3											
Caja de cambio/caja reductora									3														

Motor hidráulico de transmisión	4					4												4					
Bomba hidráulica de transmisión												4								4			
Discos y embragues (frenos, dirección)		4																					
Embrague o convertidor de par (transmisión)								4			4									2	4		
Elementos estructurales de dirección (terminales, rodamientos, etc)	4						3	4	3	3	3		4			3						2	
Elementos de la suspensión (paquetes o ballestas, etc)						4		4															
Llantas (aro, neumático, perno)	3					2	3		4	3	4	2	2	4		4		4					
Cilindros de dirección										4	4					4						3	
Bomba hidráulica de dirección																	4						
Retenes/sellos /o rin			4	4				4				3	4		4						3		
Bomba hidráulica			3				4		4	4								4					
Válvula de alivio		3																					
Filtro sistema hidráulico																							4

Mangueras y cañerías sistema hidráulico			3	4	3	3	3		4		3		2	4	3		4			3	3	3	3
Cilindros hidráulicos de brazos		4	4	4		3		2		3	4	3	3						3	3	4	4	3
Sistema de vibración del rodillo (cojinetes, temblores)etc			3	3											3	4							
Múltiple de adm/esc	3										3							4			4		
Turbo cargador	3									4	4		4					4					4
Silenciador			4				4		4												2		
Catalizador																							
Tanque de combustible			4																				4
Filtro de combustible																				3	2		
Bomba de alimentación	4													4		3					4	4	4
Cañerías de combustible																	3		4			4	
Inyectores							4															3	
Fusibles		4																					
Relés		2																					
Motor de arranque			4					4	4											4			
Alternador						4						4											
Batería	4				4	4		3	4		4		4		4	3			3	4	4		4
Cables																							
Sensores(tps, map)								4					4										

Cuchillas				2		4	4	2	2		2								4	4	3		4
Uñas	2		3	3	2																		
Esquineros				4							4	4								3	2		4
Cucharón	4		1	2	2	4																	
Pala																				4	2	3	
Ripper																				4			
Pines y bocines			3		4							4							4	4	4		4
Roscas macho y hembra del brazo/elementos estructura	4	4			3	4	2	3	2	3			4							2	3		
Compresor(empaqués, reten)		1																		4			
Mantenimiento preventivo (aceite de motor, filtro de aceite, filtro de aire, filtro de combustible)	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	4	2	1	1	1	1	1
Mantenimiento preventivo (bandas accesorios/correa de distribución)			4		3					4	4										2	2	
Mantenimiento preventivo (anticongelante/refrigerante)	4		4																				
Mantenimiento o correctivo (pintura, tapiz, soldadura, chapa)			2											2	3	4	2	3	4				

