



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

para optar el título profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

TÍTULO

**Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y la disponibilidad
del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú
SAC, Lambayeque**

Autor:

Bach. Luis Gustavo Tavera Vega

Asesor:

M.Sc. Jony Villalobos Cabrera

Lambayeque – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

para optar el título profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

TÍTULO

**Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y la disponibilidad
del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú
SAC, Lambayeque**

Autor:

Bach. Luis Gustavo Tavera Vega

Aprobado por el Jurado Examinador:

Presidente : M.Sc. Ing. Oscar Méndez Cruz

Secretario : M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

Miembro : Ing. Robinson Tapia Asenjo

Asesor : M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

Lambayeque – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

TÍTULO

**Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y la disponibilidad
del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú
SAC, Lambayeque**

CONTENIDOS

CAPÍTULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

M.Sc. Ing. Oscar Méndez Cruz
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra
SECRETARIO

Ing. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO

M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
ASESOR

Lambayeque – Perú

2024

DEDICATORIA

Dedico mi investigación a mis padres y hermanos quienes desde el principio de mi formación académica estuvieron alentando con paciencia y consejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres (José y Nelly) quienes, con su esfuerzo y entrega formaron a una persona dedicada con sus metas y de la que sentirse orgullosos.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es proponer un plan de mantenimiento basado en el análisis de riesgo para el tractor agrícola Kubota M8540N con la finalidad de incrementar su disponibilidad en sus operaciones de producción en la empresa HFE Berries Perú SAC. Considerando las normativas UNE-EN IEC 60812:2018 y la ISO 14224:2016 para el análisis de riesgo con el enfoque AMEF y la categorización de modos y efectos de falla, según el mecanismo afectado. Para lograrlo se identifica el activo crítico según la UNE EN 16646:2015 y la ISO 55000:2014, calcula sus indicadores de mantenimiento basado en la UNE-EN 15341:2020+A1, clasifica sus modos-efectos de falla y se somete al AMEF, con la finalidad de sintetizar el estudio en una matriz de criticidad. Asegurando la correcta toma de decisiones en la selección de actividades de mantenimiento para el plan propuesto. Además, se presenta controlar el plan mediante el software SAP en su módulo PM para mejorar la gestión y costos.

El informe de tesis está conformado por seis capítulos, Capítulo I: Problema de la investigación, en este capítulo se describe la realidad problemática, planteando la incógnita y definiendo los objetivos de investigación. Capítulo II: Marco teórico, en este apartado se detallan antecedentes de estudio, bases teóricas y definición de conceptos que se aplicarán en el desarrollo de la investigación. Capítulo III: Marco metodológico, en este capítulo muestra el diseño de la investigación, selecciona el objeto de estudio, define las técnicas e instrumentos para recolección de data historia y la operacionalización de las variables. Capítulo IV, Propuesta de investigación, en esta etapa se explica el flujograma que se seguirá durante la investigación. Capítulo V: Análisis e interpretación de los resultados, en este capítulo se realizan los cálculos de indicadores, clasifica los modos-efectos de falla e índice de prioridad, sintetiza el AMEF en una matriz de criticidad, propone el plan de mantenimiento y presenta el control del plan mediante el SAP PM. Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: Análisis de riesgo, AMEF, Mantenimiento preventivo, SAP PM.

ABSTRACT

The objective of this research work is to propose a maintenance plan based on risk analysis for the Kubota M8540N agricultural tractor in order to increase its availability in its production operations in the company HFE Berries Perú SAC. Considering the UNE-EN IEC 60812:2018 and ISO 14224:2016 standards for risk analysis with the FMEA approach and the categorization of failure modes and effects, according to the affected mechanism. To achieve this, the critical asset is identified according to UNE EN 16646:2015 and ISO 55000:2014, calculates its maintenance indicators based on UNE-EN 15341:2020+A1, classifies its failure modes-effects and is subjected to the FMEA, with the aim of synthesizing the study in a criticality matrix. Ensuring the correct decision making in the selection of maintenance activities for the proposed plan. In addition, it is presented to control the plan through the SAP software in its PM module to improve management and costs.

The thesis report is made up of six chapters, Chapter I: Research problem, in this chapter the problematic reality is described, posing the question and defining the research objectives. Chapter II: Theoretical framework, in this section the background of the study, theoretical bases and definition of concepts that will be applied in the development of the research are detailed. Chapter III: Methodological framework, this chapter shows the research design, selects the object of study, defines the techniques and instruments for data collection history and the operationalization of the variables. Chapter IV: Research proposal, this chapter explains the flowchart that will be followed during the research. Chapter V: Analysis and interpretation of the results, in this chapter the calculations of indicators, classifies the failure modes-effects and priority index, synthesizes the FMEA in a criticality matrix, proposes the maintenance plan and presents the control of the plan through the SAP PM. Chapter VI: Conclusions and recommendations.

Key words: Risk analysis, FMEA, Preventive maintenance, SAP PM.

ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i> _____	<i>1</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> _____	<i>2</i>
<i>RESUMEN</i> _____	<i>3</i>
<i>ABSTRACT</i> _____	<i>4</i>
<i>ÍNDICE</i> _____	<i>5</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> _____	<i>7</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> _____	<i>8</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> _____	<i>9</i>
<i>CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</i> _____	<i>10</i>
1.1. Realidad Problemática _____	10
1.2. Formulación Del Problema _____	12
1.3. Importancia Y Justificación Del Estudio _____	12
1.4. Objetivos _____	12
<i>1.4.1. Objetivo General</i> _____	<i>12</i>
<i>1.4.2. Objetivos Específicos</i> _____	<i>12</i>
<i>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</i> _____	<i>13</i>
2.1. Antecedentes De Estudio _____	13
<i>2.1.1. A Nivel Internacional</i> _____	<i>13</i>
<i>2.1.2. A Nivel Nacional</i> _____	<i>15</i>
<i>2.1.3. A Nivel Local</i> _____	<i>18</i>
2.2. Definición De Conceptos _____	20
<i>2.2.1. HFE Berries Perú SAC</i> _____	<i>20</i>
<i>2.2.2. Mantenimiento basado en el análisis de riesgo</i> _____	<i>22</i>
<i>2.2.3. SAP PM</i> _____	<i>23</i>
<i>2.2.4. Mantenimiento preventivo</i> _____	<i>28</i>
2.3. Teoría Base _____	29
<i>2.3.1. Análisis Y Recolección De Datos</i> _____	<i>29</i>
<i>2.3.2. Análisis de Modos Y Efectos De Falla (AMEF)</i> _____	<i>32</i>
<i>2.3.3. Análisis Criticidad Total Por Riesgo (CTR).</i> _____	<i>39</i>
<i>2.3.4. Indicadores Clave de Rendimiento de Mantenimiento (KPI)</i> _____	<i>41</i>
<i>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</i> _____	<i>44</i>
3.1. Diseño Metodológico _____	44
<i>3.1.1. Tipo de investigación</i> _____	<i>44</i>

3.1.2. <i>Diseño de investigación.</i>	44
3.2. Población Y Muestra	45
3.3. Técnicas, Instrumentos, Materiales De Recolección De Datos	45
3.4. Formulaciones De Hipótesis	45
3.5. Operacionalización De Variables	45
3.5.1. <i>Variables De Estudio</i>	45
CAPÍTULO IV PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	47
4.1. Flujograma De Propuesta De Investigación	47
CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	49
5.1. Realización Del Análisis De Riesgo Y AMEF	49
5.1.1. <i>Identificación del Activo Crítico</i>	49
5.1.2. <i>Análisis de Modos y Efectos de Falla</i>	49
5.1.3. <i>Análisis de Criticidad</i>	64
5.1.4. <i>Matriz de Criticidad</i>	65
5.2. Desarrollo Mantenimiento Basado En El Análisis De Riesgo	66
5.2.1. <i>Estrategia De Mantenimiento</i>	66
5.2.2. <i>Paquetes De Mantenimiento</i>	67
5.3. Cálculo De Los Costos Y Presupuesto Del Mantenimiento	70
5.4. Integración Del Programa De Mantenimiento Al SAP PM	73
5.4.1. <i>Organización de la empresa en SAP PM</i>	73
5.4.2. <i>Datos maestros PM</i>	74
5.4.3. <i>Programa de mantenimiento en SAP PM</i>	75
5.4.4. <i>Ordenes de mantenimiento por paquetes en SAP PM</i>	79
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
6.1. Conclusiones	84
6.2. Recomendaciones	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de estudio _____	46
Tabla 2 Reconocimiento de los equipos _____	50
Tabla 3 Análisis CTR en la selección de equipo crítico _____	51
Tabla 4 Matriz CTR en la selección de equipo crítico _____	53
Tabla 5 Objeto de estudio _____	54
Tabla 6 KPI's del tractor Kubota M8540N 66649 _____	55
Tabla 7 Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) _____	60
Tabla 8 Resumen de índice de prioridad de riesgo (NPR) _____	62
Tabla 9 Análisis de matriz de criticidad _____	64
Tabla 10 Matriz de criticidad _____	65
Tabla 11 Distribución de los paquetes de mantenimiento _____	66
Tabla 12 Paquete de mantenimiento (PM1) cada 250 h _____	67
Tabla 13 Materiales para PM1 cada 250 h _____	67
Tabla 14 Paquete de mantenimiento (PM2) cada 500 h _____	68
Tabla 15 Materiales para PM2 cada 500 h _____	68
Tabla 16 Paquete de mantenimiento (PM3) cada 1 000 h _____	68
Tabla 17 Materiales para PM3 cada 1 000 h _____	69
Tabla 18 Paquete de mantenimiento (PM4) cada 2 000 h _____	69
Tabla 19 Materiales para PM4 cada 2 000 h _____	69
Tabla 20 Presupuesto por mantenimiento cada 250 h _____	70
Tabla 21 Presupuesto por mantenimiento cada 500 h _____	70
Tabla 22 Presupuesto por mantenimiento cada 1 000 h _____	71
Tabla 23 Presupuesto por mantenimiento cada 2 000 h _____	71
Tabla 24 Presupuesto total por mantenimiento _____	72
Tabla 25 Datos maestros de la empresa _____	74
Tabla 26 Transacciones SAP _____	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de HFE Berries Perú SAC _____	21
Figura 2 Frente de la empresa _____	21
Figura 3 Ubicación geografía _____	22
Figura 4 Entorno de SAP en su módulo PM _____	23
Figura 5 Crear aviso de mantenimiento SAP PM _____	26
Figura 6 Crear orden de mantenimiento SAP PM _____	27
Figura 7 Gravedad o severidad del modo de falla _____	35
Figura 8 Ocurrencia de modo de falla _____	36
Figura 9 Detectabilidad de modos de falla _____	36
Figura 10 Grado NPR _____	37
Figura 11 Severidad para los efectos finales _____	38
Figura 12 Probabilidad de aparición de falla _____	39
Figura 13 Parámetros de frecuencia de fallos _____	39
Figura 14 Rango de factor de impacto en la producción (IO) _____	40
Figura 15 Rango de factor de flexibilidad operacional (FO) _____	40
Figura 16 Rango de factor de costes de mantenimiento (CM) _____	41
Figura 17 Rango de factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA) _____	41
Figura 18 Flujograma de propuesta de investigación _____	48
Figura 19 Funcionamiento del Kubota M8540N _____	56
Figura 20 Tipos de transferencia de fuerza del Kubota M8540N _____	57
Figura 21 Diagrama EFS Kubota M8540N _____	58
Figura 22 Análisis de Pareto del Kubota M8540N 66649 _____	63
Figura 23 Diagrama causa y efecto del Kubota M8540N 66649 _____	63
Figura 24 Estratégica de mantenimiento de jerarquía idéntica _____	66
Figura 25 Organización de la empresa en SAP PM _____	73
Figura 26 Flujograma de SAP PM _____	75
Figura 27 Visualización de equipo _____	75
Figura 28 Visualización de HRuta _____	76
Figura 29 Estrategia y frecuencia del mantenimiento _____	77
Figura 30 Planificación y supervisión del plan de mantenimiento _____	78
Figura 31 Modelo de OTM paquete PM1 _____	79
Figura 32 Modelo de OTM paquete PM2 _____	80
Figura 33 Modelo de OTM paquete PM3 _____	81
Figura 34 Modelo de OTM paquete PM4 _____	82
Figura 35 Análisis sistema de información _____	83

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la capacidad para mantener los activos productivos en su óptima operación juega un papel crucial en las empresas para asegurar la producción según lo estimado, es por este motivo que en las últimas décadas la filosofía del mantenimiento a desarrollado nuevas tendencias, técnicas y metodologías para una mejor gestión, asegurando la mantenibilidad de los equipos y su disponibilidad en las operaciones.

Mi investigación se sitúa en el Proyecto de Irrigación Olmos, en el fundo el Algarrobal perteneciente a la empresa HFE Berries Perú SAC, que cuenta con una flota de tractores agrícolas Kubota M8540N para el desarrollo de sus actividades productivas. Desde la puesta en operación de la maquinaria se han presentado retrasos en el desarrollo de su programación, esto por lo que el tractor presenta averías o fallos durante su operación. Para mi investigación seleccioné la metodología del mantenimiento basado en el análisis de riesgo utilizando al AMEF como instrumento para determinar el NPR y de ese modo establecer una matriz de criticidad que me apoyó con la correcta toma de decisiones para una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo cada 250 hora con una estrategia de mantenimiento de jerarquía idéntica, controlada desde el software SAP en su módulo PM, con el objetivo de aumentar la disponibilidad actual del tractor Kubota M8540N en la empresa.

El proyecto es de tipo aplicada, a través de la propuesta basada en la metodología del análisis de riesgo se busca minimizar fallas en contexto real del espacio de la empresa y el diseño es descriptivo causal comparativa, porque se evaluará la muestra sin manipular las variables durante la recopilación de información. Para desarrollar una información confiable y verdadera del mantenimiento que se brinda al tractor agrícola se utilizan observaciones sistemáticas, data histórica del mantenimiento efectuado y fichas bibliográficas, que permitirán clasificar las fallas según los mecanismos correspondientes. Además, la investigación se sustenta bajo las normas: UNE-EN 16646:2015, UNE-EN IEC 60812:2018 e ISO 14224:2016.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la actualidad la competitividad de las empresas para lograr mantenerse e ingresar a los mercados mundiales y abastecer con sus productos que son cuidadosamente procesados, cumpliendo con los estándares de sanidad, para ello es necesario implementar metodologías para implementar mejoras en la calidad de los productos y así conseguir el éxito comercial. Esto nos señala que el servicio y productividad en las empresas debe destacar frente a otras.

La empresa HFE Berries Perú SAC realiza sus operaciones productivas en el fundo El Algarrobal, situado en el Ramal Sur, S/N lote B6A – B6B Tierras Nuevas – Proyecto de Irrigación Olmos. Actualmente se cataloga como líder en la producción y comercialización de berries, específicamente arándanos. Establecido con alianzas y socios estratégicos a nivel mundial con la misión de abastecer de berries a todo el mundo, todos los días, las 52 semanas del año. En la empresa para realizar las actividades agrícolas utiliza motores de combustión interna como máquinas que generan sus propias fuerzas electromotrices capaces de transmitir su velocidad y potencia, con el fin de generar un mayor rendimiento en la producción. Cuenta con un equipo de tractores agrícolas propios de marca y modelo: Kubota M8540N, para las actividades productivas de arándanos.

La maquinaria agrícola se ha ido integrando activamente a las labores de producción, manteniéndose operativas con la programación de distintas actividades de mantenimiento preventivo que se han venido gestionando desde Microsoft Excel. En los últimos años se ha integrado el software SAP a las distintas gerencias de la organización y también al departamento de mantenimiento, actualmente existen programas de mantenimiento preventivo para los tractores agrícolas integrados en lo mínimo a SAP PM por desconocimiento de la aplicación del software. Las actividades se siguen controlando a bases de horas el

mantenimiento desde Microsoft Excel y empleando solamente el software para la planificación y creación de órdenes de trabajo por mantenimiento, reserva y requerimiento de materiales.

Las actividades de mantenimiento para los tractores agrícolas de la empresa son elaboradas a base de las especificaciones técnicas y del manual de operación que recomienda el fabricante. Para lograr las necesidades que la empresa demanda en su misión y visión, se requiere que los programas de mantenimiento sean elaborados bajo el uso de alguna metodología que asegure la correcta selección de actividades atacando a los sistemas o componentes con mayor criticidad, dichos programas serian gestionados y controlados desde SAP en su módulo PM para que el área de mantenimiento opere eficientemente. La metodología de análisis de riesgo proporciona la selección de actividades críticas y los puntos de medida que establecen los lapsos en las que se realizarán las actividades de mantenimiento, apoyados de las hojas de ruta que es donde se describe la labor a realizar, asegurando que la máquina funcione adecuadamente o buscar la forma de como restaurar el estado ideal si han presentado daños durante su operación.

Debido a los años de puesta en operación de los tractores, la accidentada condición del terreno, la incompleta ejecución de actividades de mantenimiento de los mecánicos y el modo de operación de las máquinas durante sus labores, originan que se presenten averías durante sus labores productivas como son: filtraciones por acoples de sistemas del motor, transmisión o hidráulicos, atascamientos en los sistemas de accionamiento mecánico, mangueras que trasladan aceite o combustible, suciedad, falsos contactos en el sistema eléctrico y pinchaduras en los neumáticos. Provocando una parada durante sus labores, lo que implica una baja disponibilidad de la maquinaria en el cumplimiento de sus labores productivas programas y conduciendo a un retraso en la producción durante las campañas.

1.2. Formulación Del Problema

¿Cómo influye el mantenimiento basado en el análisis de riesgo en la disponibilidad del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú SAC?

1.3. Importancia Y Justificación Del Estudio

La investigación es importante porque en este se aplica un programa de actividades preventivas que buscan incrementar la disponibilidad del Kubota M8540N en sus labores productivas y reduciendo las averías, disminuyendo la ejecución de mantenimientos correctivos y los costos en las reparaciones. Empleando la metodología del análisis de riesgo en la jerarquización de componentes críticos y bajo este criterio seleccionar las actividades del programa, gestionado desde SAP PM, se planifica y controla la correcta planificación de sus actividades, de esta manera mejorar la productividad agrícola que tiene como misión y visión la empresa en el fundo El Algarrobal. Así con la investigación se está dando cumplimiento a la Resolución N° 270-2019 CU que norma la titulación de los estudiantes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Proponer el mantenimiento basado en el análisis de riesgo para el tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú SAC.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de matriz de criticidad y efectos de modos de falla (AMEF) del tractor Kubota M8540N.
- Determinar los principales indicadores de mantenimiento del tractor Kubota M8540N y aplicarlo en una gestión de mantenimiento controlado desde SAP PM.
- Desarrollar mantenimiento basado en el análisis de riesgo.
- Calcular los costos y presupuestos del mantenimiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes De Estudio

Acerca del problema de estudio, no se ha encontrado trabajos similares, sin embargo, se reportan algunos trabajos de investigación aplicado la herramienta AMEF con el objetivo de aumentar la disponibilidad de sus activos en diferentes empresas en sus actividades productivas. Transmito conclusiones de los trabajos de investigación, descritas a continuación:

2.1.1. A Nivel Internacional

En Ecuador, Cuenca, **Astudillo Renata y Criollo Sara** (2022). En su investigación para su titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Mecatrónica “Análisis del modo y efecto de fallo (AMEF) para la empresa TEDASA S.A” en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, la empresa se dedica a la venta de cauchos, llantas, lubricantes, aros y diversos accesorios, además brinda servicios como oleocentro. En la empresa no se cuenta con un programa de actividades preventivas por lo que se realiza mantenimiento cuando se presenta una avería que provoca una parada de planta, retrasos en la producción e incremento en sus costos por mantenimiento, actividad correctiva. El objetivo del proyecto es realizar un AMEF para garantizar la disponibilidad en los activos productivos de los distintos tecnicentros de la empresa, mediante el análisis de modos y efectos de falla se busca estimar y anticiparse a las averías más críticas que se puedan presentar durante la producción, con esto se minimizará los costos por mantenimiento correctivo. Para lograr el objetivo se inició recopilando las distintas averías y clasificó según la normativa UNE-EN 60812 que establece una guía y plantilla de análisis. Se examinaron 33 máquinas en dos tecnicentros (Milchichig y Truk Center) las que se someten a 38 tipos de actividades, un cálculo de índice de prioridad de riesgos (NPR) y clasificación de matriz de criticidad. Se concluye que los niveles de NPR de la investigación son de nivel bajo en su mayoría y solo siete fallas de riesgo medio, a los que se calculó su

tiempo medio de reparación y medio entre fallas. Al finalizar el análisis se debe priorizar 6 de 33 máquinas que reciben mantenimiento en los tecnicentros.

En Colombia, Tunja, **Arvey Mauricio Cristancho Mariño** (2019) en su investigación de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Santo Tomas, "Gestión de mantenimiento preventivo en el módulo de mantenimiento PM de SAP R/3, para el equipo móvil de la Cantera Nobsa en la planta de cementos Holcim". La investigación se enfoca en una empresa que no cuenta con labores de mantenimiento rutinaria definida y la frecuencia recomendada por el fabricante, provocaba que se ejecutarán antes de tiempo o en el peor de los casos con exceso de horas, ocasionando desgaste en los componentes y tiempos muertos por paradas no planificadas. Por esta deficiencia presentada se planteó como objetivo gestionar un programa de actividades preventivas en SAP PM R/3 para gestionar la programación de órdenes de trabajo con actividades y materiales definidas en hojas de rutas cada 250 h, 500 h, 1 000 h y 3 000 h para los equipos móviles de Holcim. La investigación logró incrementar el indicador de disponibilidad a un 74,7 % en el mes de octubre, que se estima que incrementa paulatinamente hasta lograr una estabilización mayor del 90 %. Se concluye que el éxito de la propuesta de mantenimiento radica en que los puntos de medidas (horómetros) de las unidades móviles deben estar actualizadas frecuentemente y que el desfase entre sus horómetros no sea superior a 72 horas o 3 días, ya que el algoritmo interno del software planifica las fechas de cada orden de trabajo, es decir, no se planifica una orden de mantenimiento nueva hasta que la anterior se haya ejecutado, notificado y tenido un cerrado técnico-comercial.

En Ecuador, Ambato, el autor **Ulloa Supe Edgar Eduardo** (2022) en su proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico "Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la gestión de activos, mediante la utilización de la norma une en 16646:2015 para la maquinaria de la fábrica FORTECALZA NEW GENERATION ubicada en la ciudad de Ambato", en la Universidad Técnica de Ambato. La

fábrica se dedica al rubro de la manufactura y comercialización de calzado deportivo; su crecimiento y reconocimiento de la empresa se debe al uso de tecnologías diseñadas para tratar la materia prima con la que se produce el calzado (innovación tecnológica). Es importante resaltar que la fábrica no cuenta con ningún tipo de programa de mantenimiento y limitada información: check list, registros de costos y manuales de fabricante. La investigación tiene por objetivo desarrollar un plan de mantenimiento para la maquinaria de la fábrica basándose en la normativa UNE EN 16646:2015 en incrementar sus indicadores claves de gestión. Para lograr con lo trazado se realiza un reconocimiento de los activos que conforman la fábrica, recopilando fichas de la maquinaria y fallas. Con toda la data histórica recolectada de la maquinaria se realizó un análisis para reconocer los posibles modos y efectos de falla que podría ocasionar un mal funcionamiento de las máquinas y sintetizando en una matriz de criticidad. Según el análisis AMEF de la metodología que brinda la normativa EN 16646:2015 se concluye que la maquinaria de la empresa se encuentra en estado óptimo o semi óptimo. La metodología revela una criticidad mayor correspondiente a la cortadora de láser del área de cortado, comprometiendo a nueve sistemas con índice de prioridad de riesgo crítico, a los que deben tener prioridad en la planificación de sus actividades de mantenimiento. El cálculo de indicadores de gestión y desempeño mostró una disponibilidad promedio de la maquinaria del 97 %, tasa de fallos mínima. El programa de mantenimiento se estableció con el apoyo de fichas técnicas y manuales de usuario atacando los sistemas críticos y asegurando una mejor productividad de la empresa.

2.1.2. A Nivel Nacional

En Trujillo, el autor **Linder David Alvarez Campos** (2017) en su tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico “El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Emtrafesa SAC”, en la Universidad Nacional de Trujillo. La empresa cuenta con una flota de 80 unidades (ómnibus) que brindan sus servicios de transporte activamente en

distintas regiones del Perú. La situación problemática en el departamento de manteniendo es que no cuenta con una organización estructurada en las actividades de mantenimiento (deficiente plan de mantenimiento) y por consecuencia disminuye la disponibilidad y vida útil de las unidades. Bajo esta situación la investigación sugiere implementar un nuevo programa de mantenimiento bajo la utilización de la herramienta AMEF con el objetivo de incrementar la disponibilidad de la flota de vehículos de Entrafesa SAC. Para iniciar con la investigación se calcula la disponibilidad promedio en un 77 % en las unidades. Para lograr el AMEF debe realizar un análisis de criticidad, en la investigación se han recopilado 40 fallas de distintos sistemas-subsistemas, clasificando: veintidós fallas críticas, diez con estado semi críticas y ocho con rango de no críticas. Reconocidos los elementos críticos se someten a la metodología, basado en el análisis causa raíz en una plantilla establecida por el AMEF y en un árbol de decisiones. La propuesta logró incrementar la disponibilidad un 19 % y mantenibilidad en 4 %, reduciendo 22 fallas, 315 intervenciones, 892,17 horas de reparación y aumentando el MTBF de 162,14 horas útiles. Concluyendo que mediante la elaboración de un plan de mantenimiento bajo el análisis de modos y efectos de falla se logró incrementar la disponibilidad a 97 % y su eficiencia mecánica a un 90 %. Alcanzando el objetivo de la investigación, y mejorando los parámetros de mantenimiento en los ómnibus de Entrafesa SAC.

En Lima, el autor **Esteban Jonatán Mendoza Romero** (2022) en su investigación de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Electricista "Implementación de SAP PM para la gestión de mantenimiento del sistema de transmisión eléctrica CONENHUA", en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. La situación en el departamento de mantenimiento con la planificación y programación de sus órdenes de mantenimiento se venían realizando en hojas Excel cargados a OneDrive y la rotación activa de personal dificulta controlar la gestión de actividades, consumo de insumos y respuestas. Bajo esta situación se busca una alternativa de gestión y organización, por lo que

se planteó implementar el software SAP en su módulo PM. Después de 14 meses de haberse implementado SAP PM para la planificación automática de actividades de mantenimiento preventivo se calculó los indicadores VAN y TIR reflejando que la propuesta es rentable (retorno de la inversión) incluso al año de iniciado. Se concluye que el proyecto de implementación en la empresa fue un éxito, ahora se cuenta con una plataforma de respaldo técnico, mejorando en la programación de actividades diarias y controlando sus tiempos de ejecución, herramientas e insumos utilizados en la actividad. Además, SAP lleva un registro de data historia almacenada y clasificada por equipos, lo que brinda un mejor seguimiento y oportunidades de actuar antes de que surjan fallas durante la operación de sus activos.

En Lima, los autores **Milton Condori y Alexandra Hurtado** (2020) en su trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Industrial “Aplicación de la metodología AMEF para disminuir los costos de mantenimiento en una planta de bloques de concreto en el año 2019”, en la Universidad Privada del Norte. El rubro industrial actual se encuentra con gran competitividad enfocada en la mitigar de costos por mantenimiento no programado y de servicios terceros, por lo que se planteó aplicar un AMEF para lograr disminuir sus costos por mantenimiento de una fábrica de bloques de concreto. Para lograr incurrir el análisis se debe conocer el estado funcional de los activos, identificando las potenciales fallas y los efectos que pueden afectar al activo. Durante el proceso de producción se identificaron cinco equipos críticos, a los que se recopiló la cantidad de fallas por sistemas y se analizaron individualmente. La conclusión del proyecto se realiza con una comparación entre el año 2018 (antes del AMEF) y el 2019 (después del AMEF), para el 2018 el presupuesto de mantenimiento sobrepaso en S/ 109 609,18 representando 36,54 % más de lo planificado, en los sistemas se presentaron 219 fallas con un cumplimiento del 71 %. En el periodo del 2019 los costos de mantenimiento fueron de S/ 269 751,13 representando un 62,01 % de lo

presupuestado, se reportaron 103 fallas y un porcentaje de cumplimiento del 93,49 %. Resultando que el costo anual real fuera un 36,88 % (S/ 139 858,05) menor a lo presupuestado.

2.1.3. A Nivel Local

Lambayeque, el autor **Briones Rodríguez Yordy Alexander** (2023) en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista "Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 980L en la empresa MUR-WY S.A.C. - Proyecto Cerro Corona" y sustentado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz. El activo de la empresa fue sometido a un cálculo de KPI de gestión obteniendo una disponibilidad de 62,8 %, el valor resulta ser muy bajo y perjudicial en los procesos productivos que demanda la organización. Bajo esta problemática se planteó el objetivo de proponer un nuevo programa con actividades de mantenimiento preventivas para aumentar la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 980L, para lograrlo se realizó un AMEF y elaborar una matriz de criticidad en los sistemas, identificando las averías más frecuentes y programando actividades de cada cierto periodo (250 h, 500 h, 1000 h y 2000 h). Como resultado de la propuesta se logró incrementar la disponibilidad en 92,3% (aumentó un 29,5%) y con un costo anual de incorporación de \$ 20 496,86. Se concluye que para establecer una correcta planificación de actividades de mantenimiento preventivo para los cargadores frontal Caterpillar 980L se debe realizar un análisis de criticidad de equipos y repuestos.

Lambayeque, el autor **Martínez Arboleda Guillermo Arturo** (2023) en su investigación el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista "Sistema de gestión basado en la metodología del RCM para mejorar la disponibilidad de los equipos mecánicos de la línea de producción de barras de construcción N°1 de SIDERPERU, provincia del Santa, departamento de Ancash" sustentado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Las barras de construcción representan el 85 % de sus ventas totales y que viene incrementándose paulatinamente alrededor de un 3,5 % de manera anual. Para mantener

sus ventas SIDERPERU opera con dos líneas de producción, que constituyen un promedio de 41 mil toneladas. Frente al aumento de demanda de barras de construcción la empresa ha planteado incrementar la producción en un 3 % anualmente, lo que ocasionó mayor tiempo de operación de las líneas de producción y por consecuencia afectado directamente proporcional al número de paradas no programadas. Por esta problemática el autor buscó desarrollar un mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) que influya en el incremento de la gestión de la disponibilidad actual (87,05 % en el año 2019) de los equipos mecánicos de las líneas de producción. La metodología aplicada propone 3 escenarios: Conservador, aumenta la disponibilidad en 1,5 %, Ideal, aumenta la disponibilidad en 2 % y el Óptimo, aumenta la disponibilidad en 3 %. En conclusión, para obtener los escenarios mostrados es necesario reconocer la situación actual de los activos, la aplicación del RCM fue en los equipos mecánicos que generan en el 80 % de fallas y se presentó el resultado de 3 escenarios los que muestran el incremento de la disponibilidad aplicado la metodología.

Lambayeque, el autor **Rivera Espinoza Stalin Leonardo** (2022) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los generadores del Hotel & Casino Win Meier – Chiclayo” sustentado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. El rubro hotelero es uno de los más rentables en la región, el hotel Hotel & Casino Win Meier cuenta una operatividad las 24 horas continuamente, por lo que dispone de tres modelos de generadores que se mantienen en emergencia para actuar frente algún corte de energía eléctrica. El personal encargado del mantenimiento evalúa la operatividad de los generadores poniéndolos en funcionamiento al vacío por 20 minutos de manera semanal. Durante la investigación se identificó que el personal a cargo del mantenimiento y operación de los generados no están capacitados, además de que no se dispone con actividades preventivas determinadas por una medida de mantenimiento establecida y en consecuencia estas actividades son tercerizadas

ocasionando mayores gastos. Bajo esta problemática el proyecto de investigación elaboró un plan de mantenimiento para los generadores buscando aumentar su disponibilidad. Para lograr con lo planteado se inició reconociendo las características técnicas de los generadores datos de los activos y la recolección del estado funcional consultando con los check list, órdenes de trabajo y la data histórica de mantenimiento, obteniendo la cantidad de intervenciones y niveles de criticidad en 2019/20: Cummins (27 intervenciones, criticidad alta con 40,44), FG Wilson (15 intervenciones, criticidad media con 33,84) y el Kohler (17 intervenciones criticidad baja con 10,5). Se adaptó AMEF y diagrama de Ishikawa a la empresa para determinar los sistemas con mayor índice de riesgo y poder elaborar el programa de mantenimiento adecuado. La propuesta logró incrementar la disponibilidad en 41,66 % para el año 2020 y obteniendo una disponibilidad del 100 % en cada corte de energía no programada, además se estimó los costos de beneficio: TIR en 53,84 % y un VAN de S/ 43 185,08 de oportunidad del 12 % anual.

2.2. Definición De Conceptos

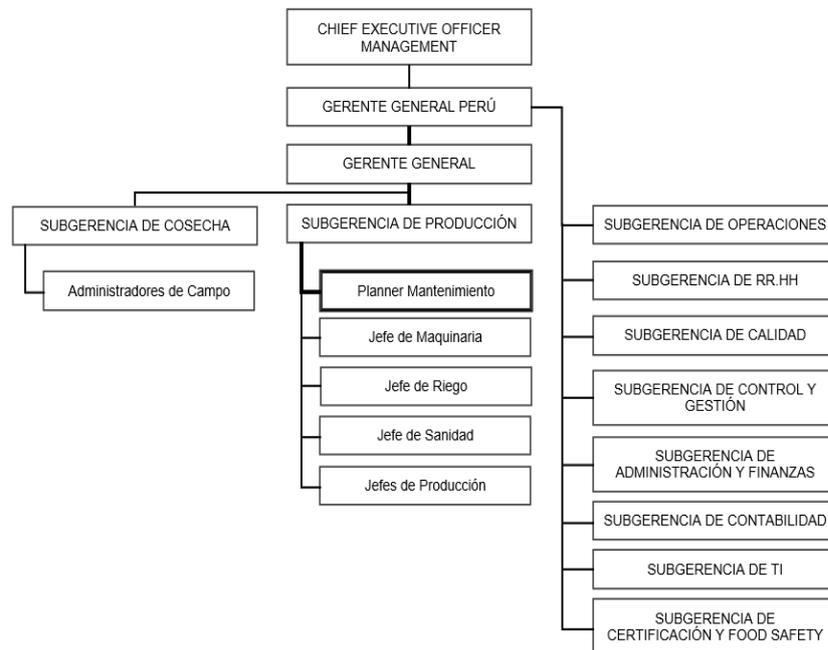
En este apartado se presenta la definición de las variables de estudio.

2.2.1. HFE Berries Perú SAC

La investigación se llevará a cabo en la empresa HFE Berries Perú SAC, fue fundada en el 2015 como una subsidiaria de Hortifrut SA. Con el rubro a la agricultura, cultivos permanentes y temporales, producción de viveros, frutales y especies. Posicionándose como una agroindustria líder en la comercialización y exportación de arándanos. Sus labores productivas se llevan a cabo desde el fundo El Algarrobal situado en el Proyecto de Irrigación Olmos, Ramal Sur, S/N lote B6A – B6B Tierras Nuevas con un total de 500 hectáreas de cultivo, abastecidas por el agua que proporciona el proyecto de los ríos Huancabamba, Tabaconas y Manchara.

Visión. - Ser líder mundial en la categoría de Berries.

Misión. - Todos los Berries, a Todo el Mundo, Todos los días.

Figura 1*Organigrama de HFE Berries Perú SAC*

Nota: El organigrama muestra como está conformada la empresa cuando se inició con la investigación.

Figura 2*Frente de la empresa*

Nota: Fotografía de ingreso a empresa por la garita principal (garita 1).

Figura 3

Ubicación geográfica



Nota: Vista satelital de la empresa con coordenadas, latitud: 6° 4' 52,28" S y longitud: 79° 56' 34,64" O. Recorte tomado de *Google Earth*, 2024.

2.2.2. Mantenimiento basado en el análisis de riesgo

La metodología de mantenimiento utiliza como instrumento el análisis de modos y efectos de falla, AMEF o FMEA en inglés Failure Mode and Effects Analysis, es una herramienta que se utiliza para brindar una visión sistemática en la identificación de los patrones de posibles fallas, causas y los efectos en el rendimiento del sistema analizado, con la finalidad de priorizar las actividades de mantenimiento y concentrar los recursos en los sistemas de mayor criticidad. El AMEF muestra las debilidades potenciales de un activo en el diseño de sus sistemas y la operación durante sus procesos, cuantificando las posibles fallas (recopilando información) y permitiendo una partida en el inicio de la metodología de 5S en el proceso de mejora continua. Independientemente del análisis también se emplea para la prevención de posibles riesgos laborales, es decir los activos con mayor fallas o criticidad alta pueden causar accidentes durante su operación (Rojas Lema, 2019).

El proyecto de investigación emplea el enfoque de la normativa UNE-EN IEC 60812:2018 Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC). La normativa desarrollada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ofrece una metodología

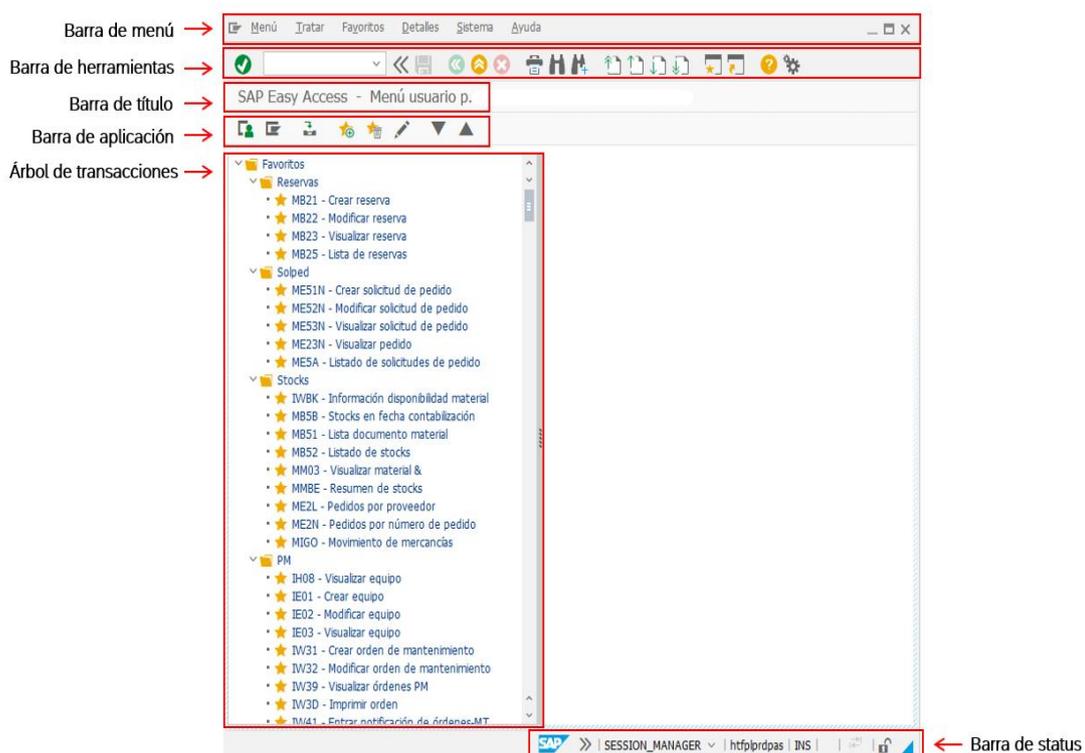
sistemática para evaluar la disponibilidad, confiabilidad, seguridad y calidad de los productos, sistemas y procesos mediante un análisis de posibles modos de falla y sus efectos (IEC, 2018).

2.2.3. SAP PM

Es un software desarrollado en Alemania en el año de 1972 por la empresa alemana SAP AG, con el propósito de desarrollar una base de datos por computadora capaz de recopilar, procesar y almacenar información de cualquier tipo que maneje una empresa. Proviene de las siglas alemanas Systeme, Anwendungen und Produkte (SAP) que al español se traduciría como: Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos. El software está diseñado bajo un esquema abierto o libre, integrado, flexible, organizado e interactivo con sus diversos módulos.

Figura 4

Entorno de SAP en su módulo PM



Nota: El módulo se conforma por transacciones propias del mantenimiento de planta.

Mantenimiento de Planta o Plant Maintenance (PM) es un módulo que dispone de todas las actividades de mantenimiento en una organización, encargada de gestionar las actividades de inspecciones, notificaciones, reparaciones, planeamiento estratégico de mantenimiento correctivo y preventivo (Mendoza, 2022).

Datos Maestros. Es el conjunto de información cargada al SAP sobre la estructura y organización de los activos de la empresa que se utiliza para la gestión de los mantenimientos. Los datos maestros no son una transacción (no transaccionales) que cambian al realizar las operaciones, pero sí se pueden modificar cuando se trata de cambiar algún atributo que los definen.

Puesto De Trabajo. Son unidades que definen al grupo de personas que intervendrán en la ejecución del mantenimiento de este modo poder identificar los responsables de supervisar la realización de los órdenes de trabajo (OT) y los encargados de ejecutar la actividad dentro de cada OT. Los puestos de trabajo se crean por especialidad, área u oficios; pueden ser propios y externos.

Ubicación Técnica. Es el lugar donde se debe efectuar una actividad de mantenimiento, además representa el área en la que se puede montar o desmontar un objeto que recibirá diferentes labores de mantenimiento. El código de una ubicación técnica puede albergar hasta 4 niveles (XXXX-XXX-AA-NN): Nivel 1.- Gestiona los datos individuales desde una perspectiva de mantenimiento para el objeto. Nivel 2.- Realiza tareas de mantenimiento individuales para los objetos. Nivel 3.- Mantiene un historial de tareas de mantenimiento realizadas para el objeto. Nivel 4.- Recopila y evalúa los datos durante un periodo de tiempo para el objeto.

Equipos. Son los objetos físicos e individuales dispuestos para la realización de actividades de mantenimiento, los equipos son montados en una ubicación técnica

correspondiente o en un equipo superior. La clasificación típica de los equipos es: Medio de inspección-medida (Q), medios auxiliares fabricación (P), equipos cliente (S) y máquinas (M).

Clases Y Características. La clase agrupa a distintos equipos que se organizan según características definidas, de este modo se puede organizar lógicamente según diferentes criterios, localizarlos fácilmente y agruparlos al efectuar el análisis. Las características permiten conocer las funciones que cumple el equipo, en SAP las características son asignadas durante la creación del equipo, pero si se omite el software los clasificará por defecto (fabricante, marca, peso, entre otras).

Puntos De Medida Y Controladores. Son valores que monitorean la operatividad de los equipos, conocer estos datos son importantes para poder aplicar medidas de mantenimiento en los equipos. Los puntos de medidas, su gestión se contribuye en la aplicación de mantenimiento aplicado en condiciones medibles, se clasifican en el mantenimiento predictivo, es de clase no acumulativo y mide condiciones (temperatura, vibración, presión, etc.). Los contadores, aplican para el mantenimiento basado en desempeño, se clasifican en el mantenimiento preventivo, es de clase acumulativa y mide desempeño (horas operativas, unidades de producción, kilómetros recorridos, etc.).

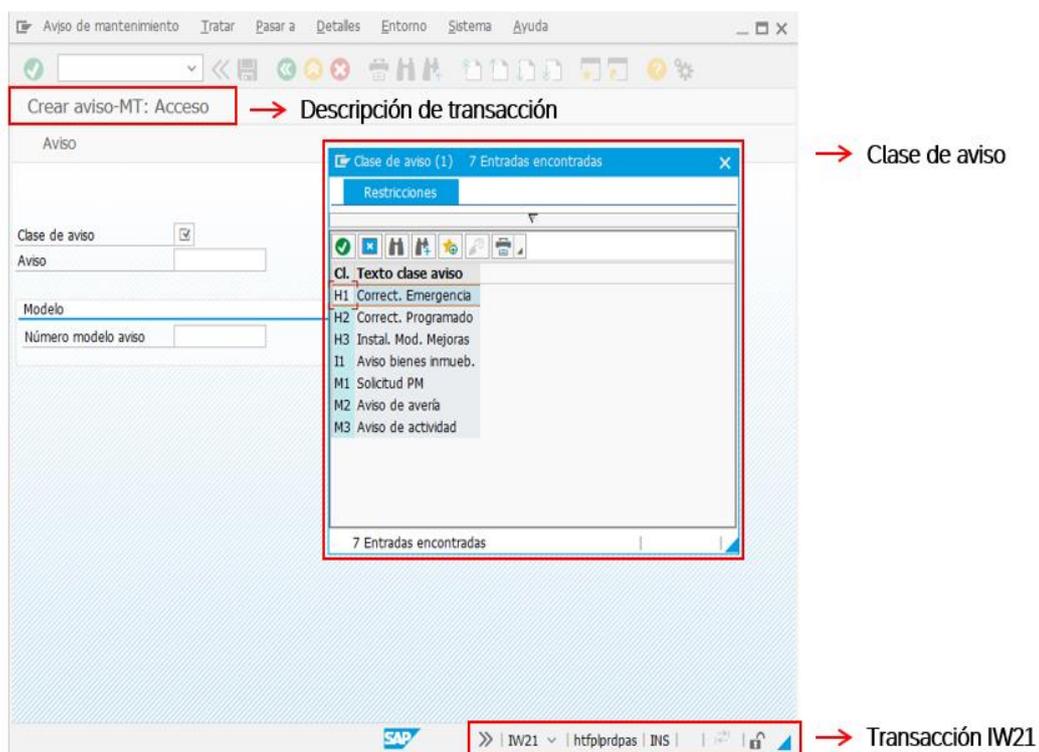
Lista De Materiales. Representa a los materiales o componentes asignados para describir la estructura de los equipos o ubicación técnica y planificar el cambio de piezas por mantenimiento generadas en una orden de trabajo. La lista de materiales contiene piezas de equipos individuales como también conjunto de piezas para un equipo. SAP asocia la lista de materiales por el tipo de posición a la que pertenecen agrupadas de modo: La investigación toma la posición de almacén catalogado en el software con la letra L.

Avisos De Mantenimiento. Un aviso representa una alerta al área de mantenimiento identificando y proponiendo una acción frente a la detección de una anomalía; también permite documentar las medidas de mantenimiento. Un aviso de mantenimiento en SAP es una

documentación técnica donde se registran tiempos de parada, tipos de paradas (utiliza catálogos para estandarizar información), equipos y ubicaciones técnicas involucrados en la avería; no incluye costos por reparación. Existen tres clases de mantenimiento: M1.- Solicitud de mantenimiento, en esta clase el activo no presenta avería ni falla, sino que solicita la creación de una actividad para generar orden de mantenimiento. M2.- Aviso de avería, especifica la causa de la avería e indica el estado del activo, solicita que se organice la ejecución de reparación determinada, para que se restablezca el estado óptimo del activo. M3.- Avería de actividad, describe la actividad de mantenimiento realizada previamente, esta clase es considerado como un documento técnico que proporciona información de las actividades que se realizaron en un periodo de tiempo y los resultados que se obtuvieron.

Figura 5

Crear aviso de mantenimiento SAP PM

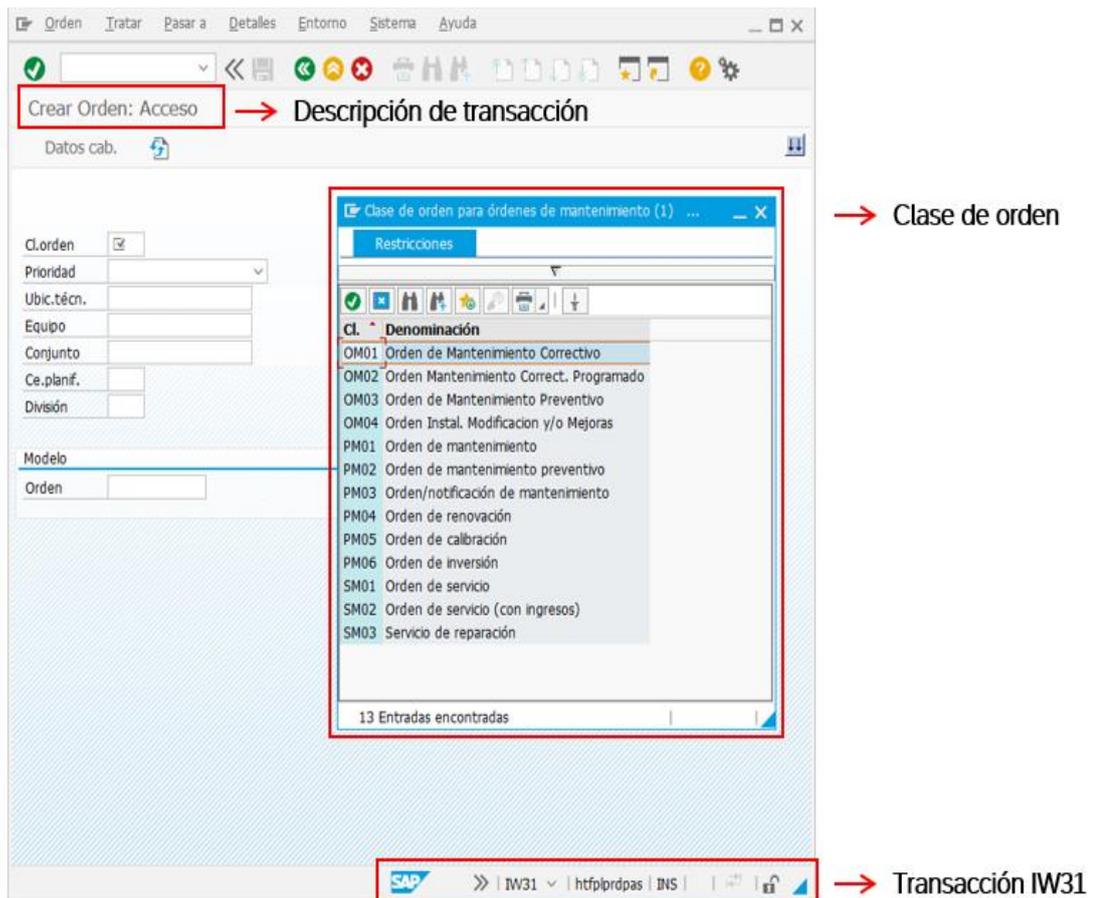


Nota: La creación de un aviso es el inicio de la planificación de mantenimiento.

Órdenes De Mantenimiento. Conforman una parte importante en la planificación detallada y controlada del mantenimiento, su documentación recolecta información correspondiente a mantenimiento o servicios al cliente. Las órdenes de trabajo están cargadas en un objeto técnico específico planificando la asignación de materiales, utilidades, personal y los costos involucrados en la ejercitación de las actividades. SAP PM nos da la opción de crear diversas clases de mantenimiento, para la investigación se considerará la PM03, orden de mantenimiento preventivo.

Figura 6

Crear orden de mantenimiento SAP PM



Nota: En la investigación la creación de OTM se realiza de manera automática según el punto de medida y controladores considerados.

La PM03 está estructurada por: Cabecera de la orden, sirve para identificar y gestionar la orden de mantenimiento, aquí se muestra la ubicación técnica y equipo. Operaciones, describe la actividad que se ejecutará en el mantenimiento. Componentes, son los materiales que se utilizarán o consumirá al realizar la actividad de mantenimiento. Costos, representan la categoría de costos estimados en la planeación antes de la ejecución para posteriormente actualizar con los costos reales después de la ejecución.

2.2.4. Mantenimiento preventivo

Son el conjunto de actividades, criterios y técnicas ejecutadas en orden lógico destinadas a la conservación de equipos, instalaciones y máquinas, con la finalidad de mantener una alta confiabilidad, disponibilidad y rendimiento, asegurando así una larga vida útil de manera rentable, ajustándose al presupuesto destinado. La buena gestión de mantenimiento permite prever averías, minimizar el riesgo de fallas o repararlas en un menor tiempo y evitar paradas en los procesos productivos que generarían mayores costos (Pérez, 2021).

El mantenimiento preventivo se sostiene con las siguientes consideraciones:

Hoja De Ruta. Describen las actividades (inspección, modificación o reparación) a realizar en un plan de mantenimiento de manera individual sobre un activo a determinado periodo de tiempo, asignar componentes, materiales, instrumentos, equipos y mano de obra que intervendrán en la labor. Las hojas de ruta también se asignan ubicaciones técnicas, según la finalidad que desempeñan o si las operaciones están destinadas a equipos similares. En la actualidad los activos vienen con operaciones de mantenimiento recomendadas por el proveedor (Matas, 2018).

Estrategia De Mantenimiento. Representa la secuencia de programación y frecuencia de operaciones de mantenimiento preventivo sobre un equipo u objeto técnico. Las actividades para realizar sobre un activo (hojas de ruta) SAP las clasifica por jerarquías. Cuando es de una misma jerarquía: se ejecutan de forma paralela si dos o más actividades coinciden. Cuando

pertenece a diferente jerarquía: se ejecutan priorizando actividades con jerarquía mayores si existe coincidencia de actividades.

Planificación Del Mantenimiento. Asignan las operaciones creadas en las hojas de ruta para un activo empleando una estrategia de mantenimiento conveniente son planificadas de manera automática. En la investigación se apoya en un plan de estrategia, que está conformado por la asignan a distintos planes de mantenimiento y hojas de ruta como sea necesario a un activo. Se considera según el tiempo trabajado (diario, semanal, mensual o anual), desempeño de trabajo (cada cierto km u horas) o condiciones de operación (temperaturas, vibraciones o presiones) (Mendoza, 2022).

Programación Del Mantenimiento. Las actividades se proyectan a ser ejecutadas en determinadas fechas. El flujo de la programación inicia con la asignación de actividades al objeto o equipo técnico, tiene como resultado la creación de un plan de mantenimiento que será ejecutada en intervalos de fechas calendario o valores de contador, luego se crea la orden de trabajo por mantenimiento preventivo para posteriormente ser liberada (materiales procesados por almacén), notificada, dar cierre técnico, liquidada (por el área de contabilidad) y finaliza con el cierre comercial.

2.3. Teoría Base

2.3.1. *Análisis Y Recolección De Datos*

En la recolección de información, antecedentes y data, la investigación se sostiene con la norma: ISO 14224: 2016 Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural – Recolección e intercambio de data de confiabilidad y mantenimiento para equipos. La norma tiene como objetivo estandarizar los procesos de recolección y análisis de datos de mantenimiento, permitiendo el intercambio de información de mantenimiento de manera confiable para optimizar su gestión. Empleando distintas metodologías la norma categoriza los datos del siguiente modo: datos de equipos (clasificación, atributos y operatividad), datos de fallas

(identificación y caracterización) y datos de mantenimiento (historial de fallas, procedimientos, recursos y tiempos).

Taxonomía De Lo Equipo. Es una clasificación sistemática de equipos en grupos genéricos con factores comunes tales como aplicación, ubicación o subdivisión. Se clasifican en la siguiente jerarquía:

Uso o localización

- (1) Industria. - Tipo de industria principal (Hortifrut SA)
- (2) Categoría de negocios. - Tipo de negocio (Agroindustria)
- (3) Instalación. - Tipo de instalación (HFE Berries Perú SAC)
- (4) Planta/unidad. - Tipo de planta/unidad (Área de producción)
- (5) Sección/sistema. - Sección principal/sistema de la planta (Maquinaria Agrícola)

Subdivisión de equipos

- (6) Unidad de equipo. - Clase de unidades de equipo similares (Kubota M8540N)
- (7) Subunidad. - Subsistema necesario para que la unidad funcione (Sistema motor)
- (8) Componente/elemento mantenible. - El grupo de partes de la unidad de equipo que son comúnmente mantenidas reparadas/restauradas (Motor de combustión interna)
- (9) Parte. - Una pieza específica del equipo (Filtros de combustible o aceite)

Datos De Fallas. La recopilación de fallas de un equipo se debe determinar según los modos en que se presenten desde el incompleto cumplimiento de su función por debajo de un límite tolerable (imperfección en el estado) o condición de uno de sus componentes (falla incipiente) que posiblemente se refleje en una falla funcional fracaso si no se corrige. Para una buena gestión de mantenimiento es primordial la recopilación y análisis de datos con el propósito de determinar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil.

Mecanismos De Fallas. Es un atributo que conlleva a un evento de falla, el análisis consiste en identificar la causa raíz del mecanismo de falla y las categoriza principalmente en

fallas mecánicas, fallas materiales, fallas de instrumentación, fallas eléctricas, influencia externa y varios.

Causas De Fallas. Normalmente no se conoce cuando se observa y para identificarla se realiza un análisis causa raíz, el objetivo es identificar el evento iniciador y la secuencia que conduce a la falla del equipo. En la norma se identifican cinco categorías causas relacionadas con el diseño, causas relacionadas con la fabricación/instalación, fallas relacionadas con la operación/mantenimiento, fallas relacionadas con la gestión y varios.

Datos De Mantenimiento. La selección de una actividad de mantenimiento se basa en la identificación de la causa de falla común, dependiendo del nivel taxonómico en el que se encuentre el equipo. La identificación de la causa real de la falla debe ser directamente al elemento más gravemente afectado, si es posible identificar. En el caso de que existan más sistemas involucrados por debajo del elemento donde se recopilan los datos, solo se debe registrar una falla, pero se debe mostrar una lista de todas las subunidades afectadas. Existen estándares definidos que definen las fallas de causas común: IEC 61508:2010 (Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad) e ISO/TR 12489:2013 (Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural — Modelado de confiabilidad y cálculo de sistemas de seguridad)

Detección De Métodos. Con esta actividad se descubre una falla, es importante para evaluar y planificar la actividad de mantenimiento a efectuar. La ISO 14224:2016 identifica categorías de métodos de detección: Mantenimiento periódico, pruebas funcionales, inspección, seguimiento predictivo de los síntomas que presentan los equipos, monitoreo continuo de condiciones, observación casual, mantenimiento correctivo, bajo demanda y otros.

2.3.2. *Análisis de Modos Y Efectos De Falla (AMEF)*

El AMEF o FMEA en inglés Failure Mode and Effects Analysis, es un instrumento que brinda un análisis sistemático en el que se identifica los patrones de posibles fallas, causas y el impacto en el rendimiento del sistema analizado, con el fin de priorizar y concentrar los recursos en planes de prevención. El AMEF muestra las debilidades potenciales de un activo (criticidad) en los sistemas, procesos y productos, cuantificando las posibles fallas (proporciona información) y permitiendo una partida para continuar con el proceso de mejora continua. Independientemente del análisis también se emplea para la prevención de posibles riesgos laborales, es decir los activos con mayor fallas o criticidad alta pueden causar accidentes durante su operación (Lema, 2019).

El proyecto de investigación se rige en el análisis de la normativa UNE-EN IEC 60812:2018 Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC). La normativa desarrollada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ofrece una metodología sistemática para evaluar la disponibilidad, confiabilidad, seguridad y calidad de los productos, sistemas y procesos mediante un análisis de posibles modos de falla y sus efectos (IEC, 2008).

Objetivos Del AMEF. Es identificar los posibles modos de fallas potenciales y jerarquizar su grado de severidad de su efecto, evaluando las ocurrencias de sus causas y las técnicas o habilidades para detectarlas, proporcionando observaciones y consideraciones al momento de crear las actividades de mantenimiento enfocados a la prevención y eliminación del problema, teniendo como resultado mejorar la disponibilidad y mantenibilidad de sistemas, productos y procesos (Fernández, 2019).

Tipos De AMEF. Para iniciar el análisis de causa y efectos de falla de debe determinar el activo analizar sea en sus diseño o proceso:

AMEF De Diseño (DAMEF). Es una herramienta de análisis analítico utilizada en los equipos durante su diseño o desarrollo de un producto para asegurar que se han considerado

todos los riesgos de diseño antes de liberar una parte a producción. El tipo DAMEF organiza un flujo que seguirá el producto a diseñar que finaliza con las pruebas o utilización final por el usuario, detectando las áreas más propensas o sensibles a fallar. El DAMEF analiza sistemas, subsistemas y componentes (Riascos y Giraldo, 2018).

AMEF De Proceso (PAMEF). Inicia cuando se finaliza el AMEF de diseño con la finalidad de analizar las fallas potenciales de manufactura, ensamble y procesos logísticos para producir productos que cumplan con el objetivo del diseño. El PAMEF analiza los pasos de un proceso considerando los modos de falla para disminuir variaciones o cambios durante la producción, establecer prioridades de acción para la prevención de alguna potencial falla y asegurar una mejora de controles (Riascos y Giraldo, 2018).

Procedimiento Del AMEF. El análisis no solo está enfocado en entender como falla un activo y los efectos que provocan, sino que además tiene la intención de conocer y entender cómo está conformado y las condiciones en las que opera el activo, considerando su diseño y la función que demanda el usuario (análisis funcional). La estructura de la investigación se sostiene en el análisis que ofrece la normativa UNE-EN IEC 60812:2018 y para la recolección de datos estandarizados se apoyará en la ISO 14224: 2016, mencionadas anteriormente.

Análisis Funcional (AF). Es el primer paso del análisis, consiste reconocer las funciones que el usuario demanda que el activo desempeñe, identificando la función primaria, así como las secundarias. Con el análisis funcional completo se podrá identificar los modos de falla en el sistema, subsistemas, equipos y componentes. La comprensión del análisis funcional se complementa con un diagrama de flujo, que brinda una vista panorámica del sistema y un diagrama entrada, función y salida (EFS), la entrada corresponde a la materia prima con el que se suministra al sistema, la función es el proceso que se realiza con lo suministrado y la salida es el resultado del proceso funcional.

Modos De Falla (Failure Mode). Es la manera en la cual un activo falla y pierde su capacidad de cumplir su función para la que fue diseñado. A cada modo de falla le debe corresponder una actividad de prevención o mitigación, es decir a cada modo de falla se le responde con una tarea de mantenimiento. Los modos de falla están sujetos al desempeño de los elementos críticos de algún sistema, para su identificación se consideran modos de fallas por los sistemas involucrados o el modo de operación por esfuerzos ambientales y operacionales (IEC, 2018).

Efectos De Falla (Failure Effect). Es la consecuencia de uno o más modo de falla en cuanto a la operación, función o estado del activo, sus manifestaciones pueden ser: variaciones en la temperatura, activación de alarmas, ruidos, vibraciones, etc. Los efectos de una falla deben ser diagnosticados, identificados, evaluados y registradas sus consecuencias en la función, operación y status de los activos del sistema (Aguilar, Torres y Magaña, 2010).

La IEC 60812 clasifica a los efectos de fallas en locales y al nivel del sistema:

- Efectos de fallas locales. – Se refiere a los modos de fallas sobre los elementos o componentes del sistema, identifica los efectos locales es brindar el punto de partida para evaluar disposiciones alternativas o diseñar acciones correctivas.
- Efectos de falla al nivel del sistema. – Es el resultado final de efectos de falla múltiples, analiza el impacto de los posibles efectos de falla en niveles de sistema más alto mediante la evaluación de los niveles intermedios (efectos locales).

Índice De Prioridad De Riesgo (NPR). Es un instrumento establecido por el AMEF que facilita la identificación de actividades prioritarias con la finalidad de reducir riesgos detectados, se obtiene un valor adimensional que se ubica según el orden de criticidad y se pone en marcha acciones para priorizar riesgos. El NPR resulta del producto de gravedad, ocurrencia y detectabilidad.

$$NPR = G \times O \times D$$

Ecuación 1

- Gravedad. - O severidad representa un valor numérico que indica la frecuencia de fallos sobre el sistema.
- Ocurrencia. - Refiere la probabilidad de ocurrencia de un modo de fallo un periodo de tiempo (o rango numérico).
- Detectabilidad. - Es una estimación numérica de la posibilidad de identificar y eliminar los fallos del sistema. Este valor es inverso a la gravedad.

Figura 7

Gravedad o severidad del modo de falla

Severidad	Criterios	Clasificación
Ninguna	No hay efecto apreciable	1
Muy pequeña	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por clientes exigentes (menos del 25%)	2
Menor	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por el 50% de los clientes	3
Muy baja	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%)	4
Baja	Vehículo o elemento operativo pero reducción en la operatividad de los elementos de confort y comodidad. Cliente de algún modo insatisfecho	5
Moderada	Vehículo o elemento operativo pero elementos de confort y comodidad no operativos. Cliente insatisfecho	6
Alta	Vehículo o elemento operativo pero con nivel de prestaciones reducido. Cliente muy insatisfecho	7
Muy alta	Vehículo o elemento no operativo. (Pérdida de función principal)	8
Peligroso con aviso	Muy alto rango de severidad cuando un modo de fallo potencial afecta a la operación segura del vehículo o supone el incumplimiento de leyes gubernamentales con aviso	9
Peligroso sin aviso	Muy alto rango de severidad cuando un modo de fallo potencial afecta a la operación segura del vehículo o supone el incumplimiento de leyes gubernamentales sin aviso	10

Nota: Se muestra los rangos permitidos de gravedad o severidad. Tomada de la *UNE-EN IEC 60812:2018*

Figura 8*Ocurrencia de modo de falla*

Ocurrencia del modo de fallo	Categoría, <i>O</i>	Frecuencia	Probabilidad
Remoto: Fallo improbable	1	≤ 0,010 por millar de vehículos o elementos	≤ 1 × 10 ⁻⁵
Bajo: Relativamente pocos fallos	2	0,1 por millar de vehículos o elementos	1 × 10 ⁻⁴
	3	0,5 por millar de vehículos o elementos	5 × 10 ⁻⁴
Moderado: Fallos ocasionales	4	1 por millar de vehículos o elementos	1 × 10 ⁻³
	5	2 por millar de vehículos o elementos	2 × 10 ⁻³
	6	5 por millar de vehículos o elementos	5 × 10 ⁻³
Alto: Fallos repetidos	7	10 por millar de vehículos o elementos	1 × 10 ⁻²
	8	20 por millar de vehículos o elementos	2 × 10 ⁻²
Muy alto: Fallo casi inevitable	9	50 por millar de vehículos o elementos	5 × 10 ⁻²
	10	≥ 100 en millar de vehículos o elementos	≥ 1 × 10 ⁻¹

Nota: Se muestra los rangos permitidos de ocurrencia. Tomada de la *UNE-EN IEC 60812:2018*

Figura 9*Detectabilidad de modos de falla*

Detección	Criterio: Posibilidad de detección mediante Control de Diseño	Categoría
Casi segura	El Control de Diseño detectará casi con seguridad una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	1
Muy alta	Muy alta posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	2
Alta	Alta posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	3
Moderadamente alta	Moderadamente alta posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	4
Moderada	Posibilidad moderada de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	5
Baja	Baja posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	6
Muy baja	Muy baja posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	7
Remota	Posibilidad remota de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	8
Muy remota	Posibilidad muy remota de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	9
Absolutamente incierto	El Control de Diseño no detectará una causa o mecanismo potencial ni el subsiguiente modo de fallo; o no hay Control de Diseño	10

Nota: Se muestra los rangos permitidos de detectabilidad. Tomada de la *UNE-EN IEC 60812:2018*

Figura 10

Grado NPR

500 - 1000	Alto riesgo de falla
125 - 499	Riesgo de falla medio
1 - 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Nota: Los niveles de prioridad de riesgo. Tomado de la *UNE-EN IEC 60812:2018*

Diagrama De Pareto. Conocido también como diagrama ABC o diagrama 80/20. El diagrama muestra el comportamiento de la magnitud contra la frecuencia en la que ocurre las causas del problema. Se caracteriza por su simplicidad, no requiere cálculos complejos y su impacto visual, evidencia clara. La gráfica está conformada por: eje Y izquierda frecuencia de la ocurrencia del problema, eje Y derecho porcentaje acumulado o número total de incidencia y eje X muestra el problema. Existen dos tipos de diagrama de Pareto: Diagrama de fenómenos. - determinar el principal problema que origina el resultado no deseado. Diagrama de causas. - determinar las causas más relevantes de algún problema ya identificado (Gándara, 2014).

Diagrama De Causa Y Efecto. Conocido también como diagrama Ishikawa o esqueleto de pescado. El diagrama busca la creación de un análisis gráfico sencillo y comprensible. Permite analizar los factores que intervienen en la producción a través de una relación de causa y efecto, revelando las causas de la dispersión y organizando las relaciones entre las causas (Gándara, 2014).

Matriz De Criticidad O Matriz De Riesgo. La función de la matriz es jerarquizar los niveles de riesgo e identificar las áreas de oportunidad para la toma de acciones preventivas y la designación de recursos económicos y humanos. La IEC 60812 no brinda un concepto sobre criticidad ya que varía según la dirección del proyecto o programa, aun así, es necesario que el analista defina la matriz.

La matriz criticidad es una herramienta que analiza el riesgo en función a la gravedad o severidad del efecto de falla y la probabilidad de ocurrencia de falla. Con los riesgos identificados y jerarquizados en la matriz se reconoce el impacto general que provocará en el sistema y se otorga a cada riesgo la prioridad que le corresponda (IEC, 2018).

Severidad Para Los Efectos Finales. Varía por la naturaleza del sistema relacionado, su desempeño funcional, los requisitos de seguridad impuestos por entidades legales o de la industria, requisitos impuestos por el cliente y los requisitos implícitos en una garantía.

Figura 11

Severidad para los efectos finales

Clase	Nivel de severidad	Consecuencia para las personas o el ambiente
IV	Catastrófico	Modo de falla que puede potencialmente dar como resultado falla en las funciones primarias del sistema, y por tanto causa daños graves al sistema y a su ambiente, y/o lesiones personales.
III	Crítico	Modo de falla que puede potencialmente dar como resultado falla en las funciones primarias del sistema, y por tanto causa daños considerables al sistema y a su ambiente, pero que no constituye una amenaza seria para la vida, ni presenta amenaza de lesiones personales.
II	Marginal	Modo de falla que puede potencialmente degradar las funciones de desempeño del sistema, sin causar daño apreciable al sistema ni presentar amenazas para la vida ni lesiones personales.
I	Insignificante	Modo de falla que puede potencialmente degradar las funciones de desempeño del sistema pero que no causará daño a éste ni representa una amenaza para la vida, ni lesiones personales.

Nota: Los datos de severidad se evalúan en conjunto con la probabilidad de ocurrencia de una falla sea por componentes o equipos. Tomado de la *UNE-EN IEC 60812:2018*

Frecuencia O Probabilidad De Aparición. El factor frecuencia se determina considerando las condiciones de operación del activo y evalúa la ocurrencia de falla en cada componente. En una mayor investigación se estima mediante ensayos de durabilidad de componentes en comparación con su historial de fallas.

Figura 12*Probabilidad de aparición de falla*

Criticidad	Ocurrencia	Nivel
1 o E	Improbable	$0 \leq P_i < 0,001$
2 o D	Remota	$0,001 \leq P_i < 0,01$
3 o C	Ocasional	$0,01 \leq P_i < 0,1$
4 o B	Probable	$0,1 \leq P_i < 0,2$
5 o A	Frecuente	$P_i \geq 0,2$

Nota: El nivel de criticidad según probabilidad se selecciona por la acumulación fallas.

Tomado de la *UNE-EN IEC 60812:2018*

2.3.3. Análisis Criticidad Total Por Riesgo (CTR).

Para el análisis se considera la normativa UNE EN 16646:2015 Mantenimiento en la gestión de los activos físicos, correspondiente a la segunda fase del modelo de gestión de mantenimiento, la CTR es un método de análisis de criticidad semicuantitativa para la jerarquización de activos críticos con la finalidad de determinar la dirección de recursos (humanos, tecnológicos y económicos) en su mantenimiento y los efectos de eventuales fallas durante la operación de los sistemas de producción.

A continuación, se muestra el calcula del CTR:

$$CTR = FF \times C \quad \text{Ecuación 2}$$

FF : Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado)

C : Consecuencias de los eventos de fallos

Figura 13*Parámetros de frecuencia de fallos*

Frecuencia de fallos (FF)		
	Rango	Condición
4	Frecuente	Mayor a 2 eventos a la semana
3	Promedio	1 y 2 eventos a la semana
2	Bueno	0,5 y 1 eventos a la semana
1	Excelente	Menos de 0,5 eventos a la semana

Nota: Se adapta a la condición de aparición de una falla por semana. Tomado de *UNE*

EN 16646:2015

Donde el valor de consecuencias resulta se determinada por:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA \quad \text{Ecuación 3}$$

IO : Factor de impacto en la producción

FO : Factor de flexibilidad operacional

CM : Factor de costo de mantenimiento

SHA : Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

Los factores se determinan según el tipo de falla de estudio, la UNE EN 16646:2015 sostiene los siguientes criterios:

Figura 14

Rango de factor de impacto en la producción (IO)

Factor de impacto en la producción (IO)	
Rango	Condición
10	Perdidas de producción superiores al 75%
7	Perdidas de producción entre el 50% y 74%
5	Perdidas de producción entre el 25% y 49%
3	Perdidas de producción entre el 10% y 24%
1	Perdidas de producción menores al 10%

Nota: El criterio de IO se considera por la disponibilidad del activo durante sus operaciones productivas. Tomado de *UNE EN 16646:2015*

Figura 15

Factor de flexibilidad operacional (FO)	
Rango	Condición
4	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grande.
2	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de relación y logística intermedios.
1	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.

Nota: El FO responde al tiempo de reposición de un activo en su producción. Tomado de *UNE EN 16646:2015*

Figura 16

Rango de factor de costes de mantenimiento (CM)

Factor de costes de mantenimiento (CM)	
Rango	Condición
2	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a veinte mil dólares.
1	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a veinte mil dólares.

Nota: Para este factor considera los costos destinados al mantenimiento de un equipo y como se gestionan en el tiempo. Tomado de *UNE EN 16646:2015*

Figura 17

Rango de factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA)

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

Nota: Factor que toma mayor relevancia en la gestión de calidad, seguridad y medio ambiente. Tomado de *UNE EN 16646:2015*

Los resultados del CTR se ubican en una matriz: el eje vertical representa 4 niveles de FF y el eje horizontal 5 niveles de C. La matriz está dividida en 4 zonas de criticidad: Baja criticidad (B), Media criticidad (M), alta criticidad (A) y muy alta criticidad (MA).

2.3.4. Indicadores Clave de Rendimiento de Mantenimiento (KPI)

O Key Performance Indicators (KPI), se define como la relación de variables cuantitativas (situación o tendencia de un activo) y cualitativas (objetivos o metas esperadas) es decir son herramientas que permiten evaluar el desempeño, progreso y proceso de los activos

productivo. El resultado es comparado con un nivel de referencias para lograr detectar desviaciones y tomar medidas de corrección o prevención (Lema, 2019).

La norma UNE-EN 15341:2020+A1: Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento, enumera los indicadores de la función de mantenimiento y proporciona pautas para definir un conjunto de indicadores adecuados, para evaluar y mejorar la eficacia, eficiencia y sostenibilidad en el mantenimiento de los activos físicos existentes.

Indicadores De Desempeño. Proporcionan información sobre el desenvolvimiento, función y logros de una actividad proyectada a uno o varios activos.

Tiempo Medio Entre Fallas O Mean Time Between Failure (MTBF).

Indica el tiempo medio que transcurre entre dos averías. Resulta de la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo detenido, dividiendo por el número de paradas:

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tiempo operativo} - \sum \text{Tiempo de parada}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Las horas operativas o trabajadas son horas horómetro (SMU o Service Meter Unit, Unidad de Medidor de Servicio) y el número de paradas no se considera paradas operativas. El MTBF muestra si el activo tiene una baja frecuencia de fallas y que se encuentra más tiempo en operación que en el taller por reparaciones.

Para la maquinaria agrícola el valor recomendable de este indicador debe oscilar entre 60 y 80 horas por parada promedio (Zegarra, 2016).

Tiempo Medio Hasta El Fallo O Mean Time To Failure (MTTF).

Indica el tiempo transcurrido entre la puesta en operación y el punto de fallo, Es un parámetro esencial para evaluar la confiabilidad de productos y sistemas. Resulta entre el cociente de tiempo total de operación y el número de fallas:

$$MTTF = \frac{\sum \text{Tiempo operativo}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Tiempo Medio Para Reparar O Mean Time To Repair (MTTR). Indica el tiempo de respuesta ante una avería y si la falla se está resolviendo de manera ágil, rápida y eficiente, durante este tiempo se encuentra bajo reparación (estado inoperativo). Resulta del cociente de tiempo de reparación entre el número de intervenciones:

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tiempo de reparación}}{N^{\circ} \text{ de intervenciones}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Debido a que la máquina se encuentra apagada durante la reparación el tiempo de reparación se mide con horas reloj (horas solares). Un nivel alto de MTTR muestra que se emplean muchas horas en la reparación de una máquina.

Para la maquinaria agrícola el valor recomendable de este indicador debe oscilar entre 3 y 6 horas por reparación (Zegarra, 2016).

Indicadores De Gestión. Evalúa el desempeño del proceso productivo del activo, se utilizan para detectar desviaciones y tomar medidas de corrección o prevención.

Disponibilidad O Mechanical Availability (MA). La ecuación se establece entre las horas en operación y las horas empleadas para la reparación. Para un mejor análisis de disponibilidad se calcula en conjunto con los indicadores MTBF y MTTR, de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTF + MTTR} \quad \text{Ecuación 7}$$

El valor recomendable de disponibilidad es alrededor del 90% (Zegarra, 2016).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño Metodológico

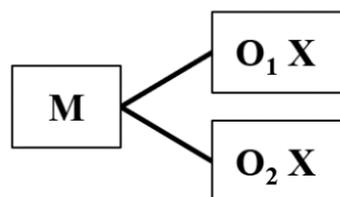
El mantenimiento basado en el análisis de riesgo incrementa la disponibilidad del tractor Kubota M8540N. Demostrado a través del cálculo de indicadores de desempeño y gestión satisfaciendo las expectativas y necesidades de la producción que demanda la empresa HFE Berries Perú SAC.

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación consideró la literatura de Manuel Regalado Bernal (2016). En su libro: Investigación científica. Por la que seleccioné una investigación es de tipo aplicada, porque a través de la propuesta basada en el análisis de riesgo se busca minimizar fallas en contexto real del espacio de la empresa en el fundo El Algarrobal y así incrementar la disponibilidad del tractor agrícola Kubota M8540N de HFE Berries Perú SAC.

3.1.2. Diseño de investigación.

De acuerdo con el proceso de la información obtenida se usó el diseño descriptivo – causal comparativa, porque se observó el control de la muestra sin manipular las variables en los procesos de obtener información. Su esquema propuesto:



- M** : Disponibilidad del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú SAC.
- O₁ X** : Información actual de los programas de mantenimiento de la empresa.
- O₂ X** : Mantenimiento basado en el análisis de riesgo.

3.2. Población Y Muestra

La población está constituida por nueve tractores Kubota M8540N y la muestra corresponde a un tractor (marca, modelo y serie) Kubota M8540N 66254.

La muestra poblacional está conformada por un tractor agrícola de marca, modelo y serie: Kubota M8540N 66254 propio de la empresa HFE Berries SAC.

3.3. Técnicas, Instrumentos, Materiales De Recolección De Datos

La necesidad de recolectar información confiable y verdadera que me permita identificar la realidad del mantenimiento del tractor agrícola de la empresa y su disponibilidad operativa que serán investigados bajo técnicas e instrumentos que respondan a las variables e indicadores de la operacionalización de la investigación para ello se determina las siguientes técnicas:

- La observación sistemática. (Guías de observación)
- La entrevista. (Formato de cuestionario)
- Encuesta. (Hoja de encuesta)
- Fichas bibliográficas (Manuales de fabricante)
- Análisis de datos (Gráficos de histogramas)

3.4. Formulaciones De Hipótesis

El mantenimiento basado en el análisis de riesgo si incrementa la disponibilidad del tractor Kubota M8540N en la empresa HFE Berries Perú SAC.

3.5. Operacionalización De Variables

3.5.1. Variables De Estudio

Variable independiente: Mantenimiento basado en el análisis de riesgo

Variable dependiente: Disponibilidad

Tabla 1

Variables de estudio

Denominación	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Técnicas	Instrumentos
(VI) Mantenimiento basado en el análisis de riesgo	La metodología identifica y evalúa los posibles riesgos, el impacto en el rendimiento del sistema analizado y la respuesta frente a la situación de crisis implementando medidas de mitigación de riesgo y así contribuyendo en la mejora continua (ISO, 2019).	El análisis de riesgo utiliza como herramienta al AMEF para mostrar las debilidades potenciales de un activo en los sistemas, procesos y productos, cuantificando las posibles fallas y actuar para prevenirlas (IEC, 2008).	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de criticidad - Análisis AMEF - Análisis funcional - Determinar índice de prioridad de riesgo - Labores de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilación y clasificación de data histórica. - Encuestas - Observación sistemática - Análisis de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Normativas UNE-EN IEC 60812:2018 y la ISO 14224:2016 - Matriz de criticidad y consecuencia de riesgo
(VD) Disponibilidad	Es un indicador de desempeño que se define como la capacidad de un elemento de mantenerse en un estado en el que pueda cumplir una función de la manera y en el momento requerido en condiciones dadas (UNE-EN, 2018).	Es importante conocer la disponibilidad cuando se programa labores productivas, trazando cómo será el comportamiento del activo en su operación. Además, muestra las alternativas de que equipo seleccionar. Resulta de la distribución de fallas y el tiempo de reparación (González, 2009).	D: Disponibilidad $\left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTF + MTTR} \right) 100\%$	Cálculo numérico	<ul style="list-style-type: none"> - Norma UNE-EN 15341:2020+A1 - Instrumentos de medición estándar - Antecedentes de mantenimiento
			MTBF: Tiempo medio entre fallas $\frac{\sum \text{tpo. (operativo - parada)}}{N^\circ \text{ de fallas}}$	Data histórica	
			MTTF: Tiempo medio hasta fallo $\frac{\sum \text{Tiempo operativo}}{N^\circ \text{ de fallas}}$		
			MTTR: Tiempo medio en reparar $\frac{\sum \text{tpo. reparación}}{N^\circ \text{ intervenciones}}$		

Nota: Las variables son claras y sencillas, resaltando los indicadores, técnicas e instrumentos para la recolección de data oportuna y veraz.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Flujograma De Propuesta De Investigación

El objetivo de la investigación es incrementar la disponibilidad del tractor agrícola de marca Kubota y modelo M8540N de la empresa HFE Berries Perú SAC, mediante la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis de riesgo, utilizando como herramienta al análisis de modos y efectos de falla (AMEF).

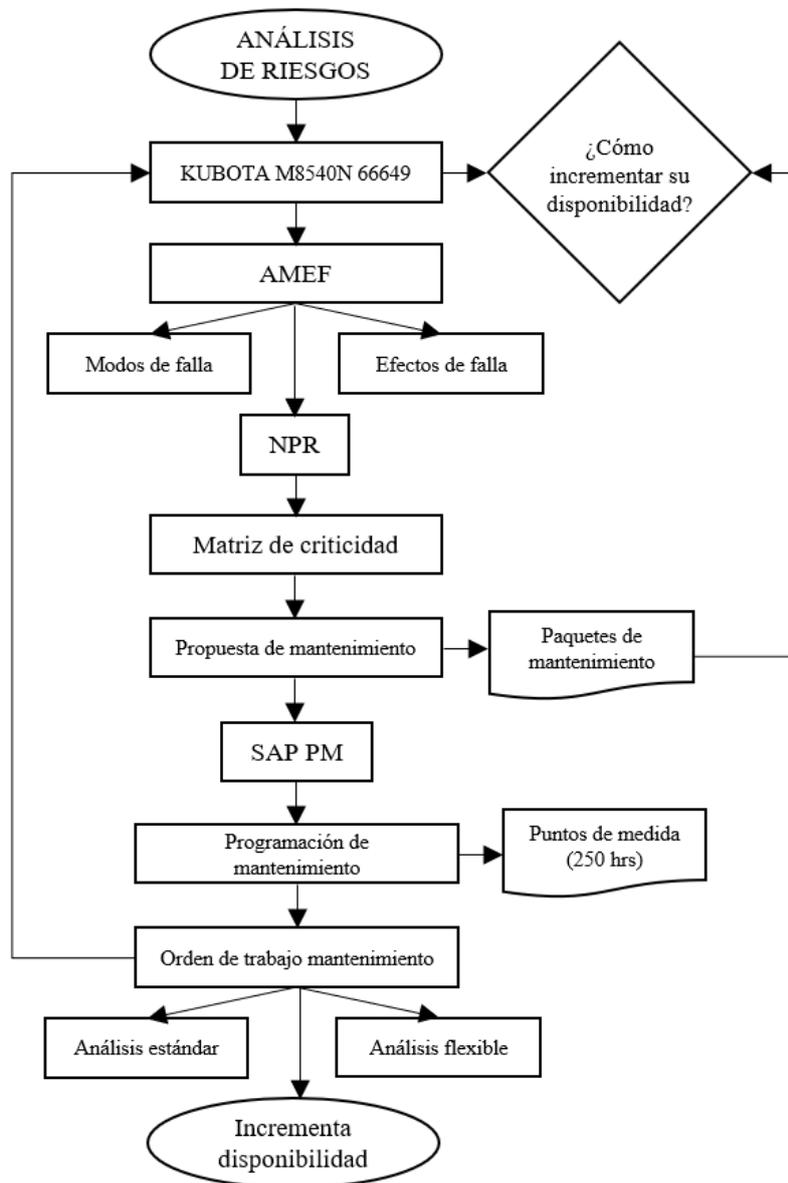
El proyecto de investigación inicia identificando el activo que presenta baja disponibilidad en sus labores de producción, mediante un análisis de criticidad total de riesgo, para lograrlo se recopila la data histórica de mantenimientos programados y no programados. Posteriormente calcular los indicadores claves de mantenimiento de desempeño (MTBF, MTTF y MTTR) y gestión (disponibilidad). El equipo seleccionado corresponde al que presenta una menor disponibilidad.

El siguiente paso es la aplicación del análisis de riesgo, tomando como referencia la normativa UNE-EN IEC 60812:2018 y la ISO 14224:2016. Inicialmente se busca comprender el análisis funcional de la máquina y plasmar este proceso un diagrama EFS. La clasificación de los modos y efectos de falla según los mecanismos al que se compromete se muestra por medio de un diagrama de Pareto y de causa efecto. Se emplea un diseño AMEF de una tabla estandarizada en la que se analiza el elemento afectado, la función que desempeña, el mecanismo de falla al que se le determinar su gravedad, ocurrencia y detectabilidad, con esos valores adimensionales se calcula el índice de prioridad de riesgo (NPR), con el que se clasifica los niveles de riesgo según el tipo de falla. El último paso del análisis de riesgo es sintetizar en una matriz de criticidad los modos de fallas, para mostrar la posibilidad de ocurrencia frente a la severidad que produce. Con la matriz de criticidad se toma la decisión de qué actividades de mantenimiento se deben considerar en la propuesta de mejora. En esta fase se define la

estrategia en las que se programarán las actividades y los puntos de medida que se considerarán. Las labores de mantenimiento se agrupan en cuatro paquetes (PM1, PM2, PM3 y PM4), cada paquete consta de materiales, insumos, herramientas y equipos que se utilizaran en la intervención y considerando los costos por paquete de mantenimiento Finalmente, el plan de mantenimiento es controlado desde el software SAP PM para una mejor gestión en el mantenimiento y asegurar el incremento de la disponibilidad del objeto de estudio.

Figura 18

Flujograma de propuesta de investigación



Nota: En el flujograma muestra el proceso en el que la investigación se sostiene.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Realización Del Análisis De Riesgo Y AMEF

5.1.1. *Identificación del Activo Crítico*

La empresa dispone de nueve tractores agrícolas de marca Kubota y modelo M8540N. Debido a los años de puesta en operación, la accidentada condición del terreno, la incompleta ejecución en sus actividades de mantenimiento por los mecánicos y el modo de operación de las máquinas durante sus labores, originan que se presenten averías durante sus labores productivas, disminuyendo su disponibilidad, producción e incrementando sus costos por mantenimiento. Se utilizó una matriz de criticidad ABC para la selección del activo crítico.

Para la selección del activo crítico de estudio se realizó una recopilación de fallas entre noviembre del 2023 a enero del 2024, para lograrlo se tuvo el soporte del área de planificación de mantenimiento y maquinaria, homologando las fallas en tres categorías: Fallas mecánicas, fallas eléctricas y fallas neumáticas.

Análisis De Criticidad Total Por Riesgo (CTR). La selección del equipo crítico inicia con el reconocimiento y evaluación de fallas:

- Fallas mecánicas: Son producidas por defectos en materiales: Fracturas, corrosión, fricción, desgaste, picaduras, deterioro, vibraciones, impactos, obstrucciones.
- Fallas eléctricas: Causadas por desanexiones de cargas, cortocircuito, descargas que ocasionan fluctuaciones en la tensión nominal.
- Fallas neumáticas: Involucra a llantas, rodajes, bocamaza. Se presenta por perforaciones, picaduras, cortaduras, desgaste, fracturas, pérdida de presión de aire.

Para la investigación se contabilizaron los tipos de fallas para cada tractor, el recuento de las fallas se realizó durante sus labores de producción programadas, además se midió el tiempo en el que estuvo detenido para ser contabilizado como tiempo parado por horas.

Tabla 2*Reconocimiento de los equipos*

Cod.SAP	Equipo	F. Mecánicas	F. Eléctricas	F. Neumáticas	T. de paro (hrs)
3000422	TR 1	8	0	1	8,5
3000423	TR 2	4	1	3	20
3000424	TR 3	3	3	1	14,8
3000425	TR 4	2	3	0	19,1
3000426	TR 5	7	1	3	29,8
3000427	TR 6	8	3	4	31,5
3000428	TR 7	10	11	2	49,9
3000429	TR 8	4	3	2	19,4
3000430	TR 9	17	7	9	58,3

Nota: La recopilación de fallas es el producto del procesamiento de la data historia de la floja de tractores proporcionada por la empresa.

Para la selección del activo crítico se utilizó la normativa UNE EN 16646:2015, el CTR es un modelo semicuantitativo con el soporte de frecuencia y consecuencia por riesgo. A continuación, se realiza el análisis criticidad y jerarquización de activos, teniendo en cuenta la recopilación y catalogación de fallas por equipo. Para lograrlo se seleccionan los factores de consecuencia por fallas y se emplean las siguientes fórmulas:

Jerarquización de activos por sistemas a partir del modelo CTR:

$$CTR = FF \times C$$

La consecuencia (C) resulta de la intervención se diversos factores:

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

Finalmente se concreta el análisis en una matriz de riesgo: criticidad baja (B), criticidad media (M), criticidad alta (A) y criticidad muy alta (MA).

Tabla 3

Análisis CTR en la selección de equipo crítico

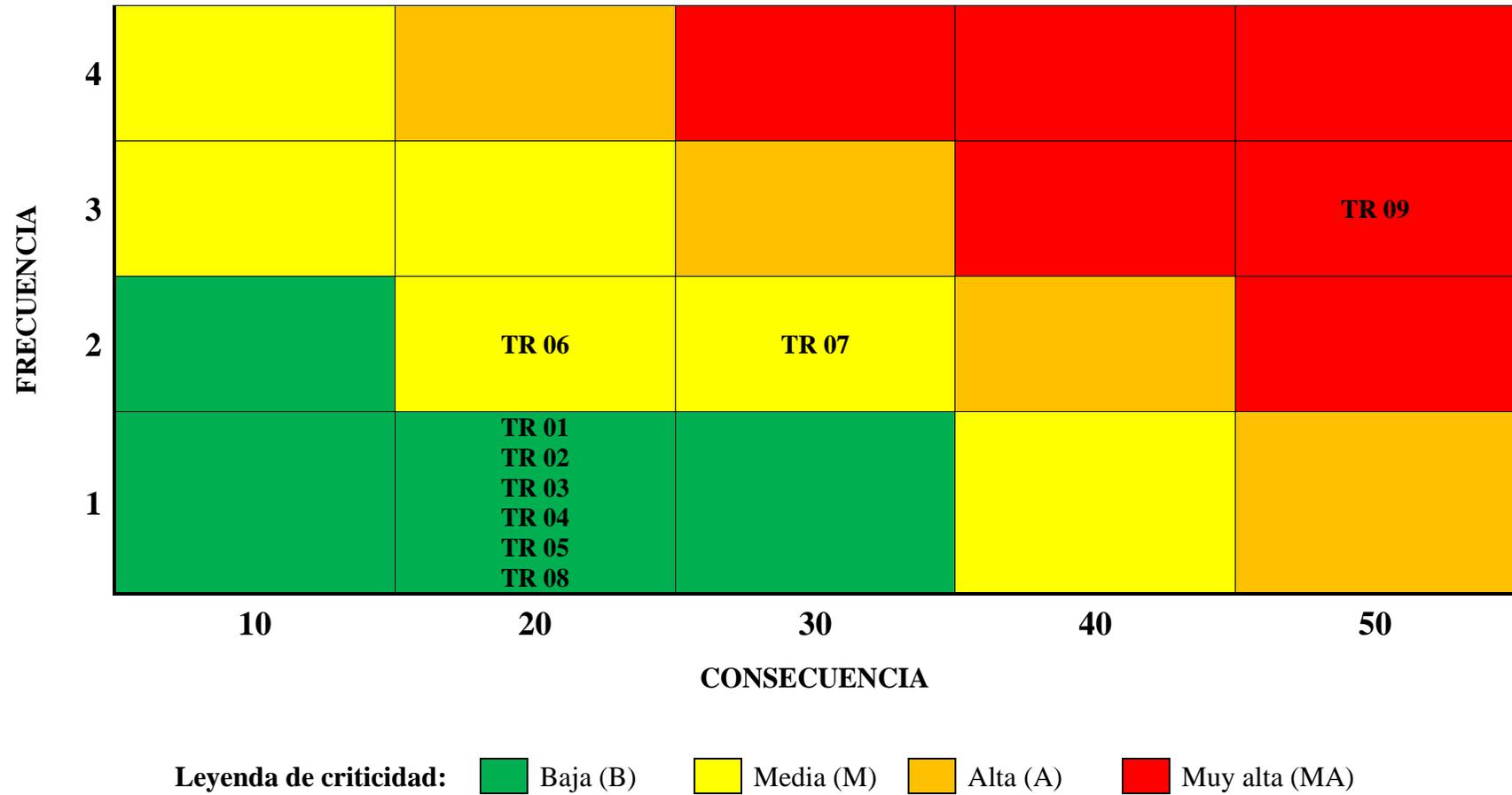
			FACTORES DE FRECUENCIA				FACTORES DE CONSECUENCIA													FRECUENCIA	CONSECUENCIA. C = (IO x FO) + CM + SHA	CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO CTR = FF x C			
			Frecuencia de Fallos (FF)				Impacto Operacional (IO)				Impacto por Flexibilidad Operacional (FO)			Impacto en Costes de Mantenimiento (CM)		Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)						CTR	TIPO		
Ponderación de factores			4	3	2	1	10	7	5	3	1	4	2	1	2	1	8	6	3	1					
Eq.	Sist. Afectado	Nº fallas	Frecuente: mayor a 2 eventos a la semana	Promedio: 1 y 2 eventos a la semana	Bueno: entre 0,5 y un 1 evento a la semana	Excelente: menos de 0,5 eventos a la semana	Pérdidas de producción superiores al 75%	Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	Pérdidas de producción menor al 10%	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales					
TR 1	Mecánica	8			2					3			2			1				3		2	10	20	M
	Eléctrica	0				1					1			1		1					1	1	3	3	B
	Neumática	1				1					1			1		1					1	1	3	3	B
TR 2	Mecánica	4			2					1			2			1				3		2	6	12	M
	Eléctrica	1				1					1			1		1					1	1	3	3	B
	Neumática	3			2					1			2			1				3		2	6	12	M
TR 3	Mecánica	3			2					1			2			1				3		2	6	12	M
	Eléctrica	3			2					1			2			1				3		2	6	12	M
	Neumática	1				1				1			1			1					1	1	3	3	B
TR 4	Mecánica	2				1				1			2			1					1	1	4	4	B
	Eléctrica	3			2					1			2			1					1	2	4	8	B
	Neumática	0				1				1			1			1					1	1	3	3	B

FACTORES DE FRECUENCIA			FACTORES DE CONSECUENCIA																FRECUCENCIA	CONSECUENCIA, C = (IO x FO) + CM + SHA	CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO CTR = FF x C																																																												
			Frecuencia de Fallos (FF)				Impacto Operacional (IO)					Impacto por Flexibilidad Operacional (FO)			Impacto en Costes de Mantenimiento (CM)		Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)																																																																
Ponderación de factores			4	3	2	1	10	7	5	3	1	4	2	1	2	1	8	6	3	1																																																													
Frecuente: mayor a 2 eventos a la semana			Promedio: 1 y 2 eventos a la semana			Bueno: entre 0,5 y un 1 evento a la semana			Excelente: menos de 0,5 eventos a la semana			Pérdidas de producción superiores al 75%					Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%					Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%					Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%					Pérdidas de producción menor al 10%					No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes					Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios					Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños					Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares					Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares					Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos					Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración					Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y/o incidentes ambientales					No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales				
TR 5	Mecánica	7			2					2														2	8	16	M																																																						
	Eléctrica	1				1																		1	3	3	B																																																						
	Neumática	3			2																			2	6	12	M																																																						
TR 6	Mecánica	8			2					2														2	8	16	M																																																						
	Eléctrica	3			2																			2	8	16	M																																																						
	Neumática	4			2																			2	8	16	M																																																						
TR 7	Mecánica	10		3						2														3	8	24	A																																																						
	Eléctrica	11		3																				3	14	42	A																																																						
	Neumática	2				1																		1	3	3	B																																																						
TR 8	Mecánica	4			2					2														2	6	12	M																																																						
	Eléctrica	3			2																			2	6	12	M																																																						
	Neumática	2				1																		1	3	3	B																																																						
TR 9	Mecánica	17		3						5														3	24	72	MA																																																						
	Eléctrica	7		3																				3	8	24	A																																																						
	Neumática	9		3																				3	24	72	MA																																																						

Nota: El producto entre los factores de frecuencia y consecuencia posicionan el TR 9 como el activo con mayor consecuencia de riesgo.

Tabla 4

Matriz CTR en la selección de equipo crítico



Nota: El TR 9 es seleccionado para la investigación por tener un factor de consecuencia de 56 y frecuencia de 3, CTR promedio de 56.

Luego de realizar el análisis y matriz de criticidad total por riesgo (CTR) se seleccionó al tractor agrícola número nueve:

Tabla 5

Objeto de estudio

Cod.SAP	Descripción	Marca	Modelo	Serie	Potencia
3000430	Maquinaria Media	Kubota	M8540N	66649	84 hp

Nota: La tabla detalla las características más importantes del tractor seleccionado.

Cálculo De Indicadores Claves De Mantenimiento (KPI). La programación del tractor Kubota M8540N 66649 son de 8 horas por jornada laborable (teórica). Durante su operación se presentan variables (fallos de la máquina o implementos, retraso de personal o condiciones críticas de terreno) que impiden que sus horas programadas no se cumplan en su totalidad. Para el cálculo de los KPI's se consideró la programación teórica (8 horas) correspondiendo 616 hrs para los meses mencionados (3 meses).

Indicadores De Desempeño.

Cálculo del Tiempo medio entre fallas o Mean Time Between Failure (MTBF)

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tiempo operativo} - \sum \text{Tiempo de parada}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

$$MTBF = \left(\frac{616 - 58,3}{33} \right) \text{ hr/falla}$$

$$MTBF = 16,9 \text{ hrs/falla}$$

Para la maquinaria agrícola el valor recomendable del MTBF debe oscilar entre 60 y 80 horas por parada promedio.

Cálculo del Tiempo medio hasta el fallo o Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = \frac{\sum \text{Tiempo operativo}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

$$MTTF = \frac{616}{33}$$

$$MTTF = 18,67 \text{ hrs/falla}$$

Cálculo del Tiempo medio para reparar o Mean Time To Repair (MTTR)

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tiempo de reparación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

$$MTTR = \frac{58,3}{33}$$

$$MTTR = 1,77 \text{ hrs/falla}$$

Para la maquinaria agrícola el valor recomendable del MTTR debe oscilar entre 3 y 6 horas por reparación

Indicador De Gestión.

Cálculo de disponibilidad o Mechanical Availability (MA)

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTF + MTTR} \right) 100 \%$$

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{16,9}{16,9 + 18,67 + 1,77} \right) 100 \%$$

$$\text{Disponibilidad} = 45,27 \%$$

El valor recomendable de disponibilidad es alrededor del 90%

Tabla 6

KPI's del tractor Kubota M8540N 66649

Marca	Modelo	Serie	Hrs. programadas	Hrs. inoperativas	Fallas	MTBF	MTTF	MTTR	MA
Kubota	M8540N	66649	616	58,3	33	16,9	18,67	1,77	45,3

Nota: Los indicadores claves de desempeño permiten reconocer su disponibilidad durante sus labores de producción, encontrándose por debajo de lo recomendado.

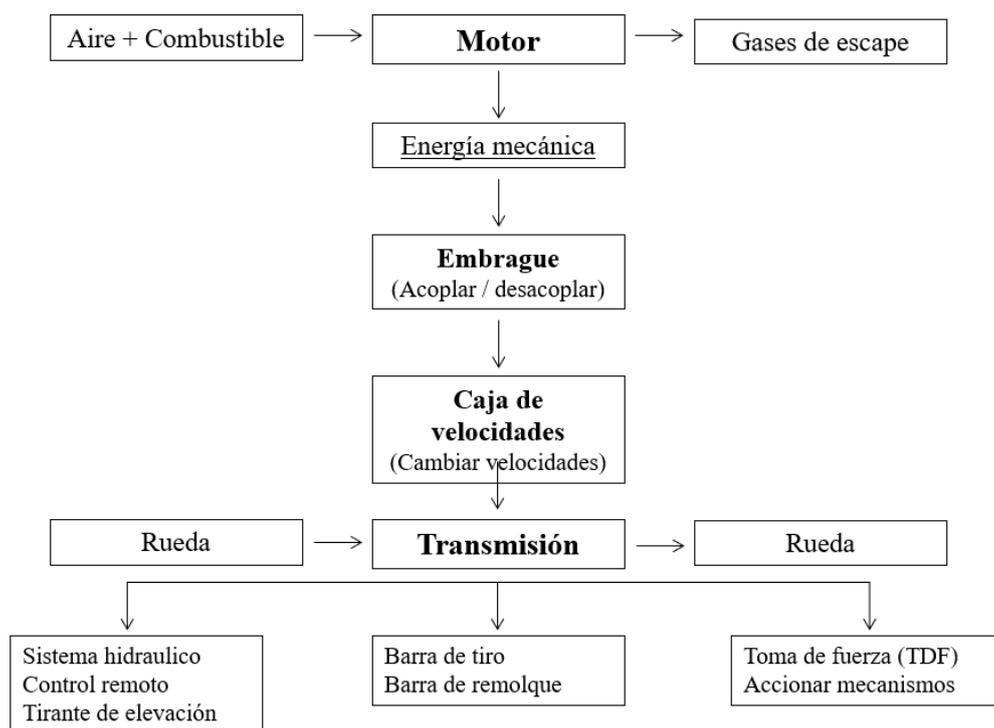
5.1.2. Análisis de Modos y Efectos de Falla

El diseño y análisis del proyecto de investigación se rige por la normativa UNE-EN IEC 60812:2018 Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC). Y para la recolección y clasificación datos se consideró la ISO 14224:2016 Industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural.

Análisis Funcional. El funcionamiento del tractor agrícola depende de la energía mecánica suministrada por la combustión interna producida en su motor. La energía mecánica es transmitida al sistema hidráulico, eje de toma de fuerza (TDF), barras de tiro, barras de remolque, tirantes de elevación y ruedas motrices para desarrollar sus labores productivas.

Figura 19

Funcionamiento del Kubota M8540N



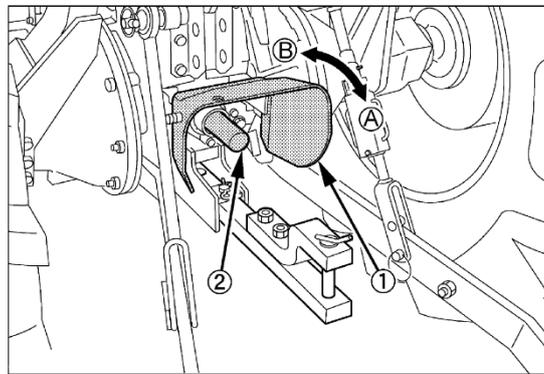
Nota: Se muestra un diagrama simplificado de como el tractor transmite su potencia.

El tractor Kubota M8540N 66649 transmite su potencia en la parte posterior de tres maneras: Eje de toma de fuerza (TDF). – Es un eje de giro que proporciona energía mecánica del motor para el accionamiento de los implementos agrícolas acoplados al tractor, articulado

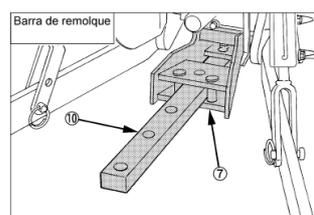
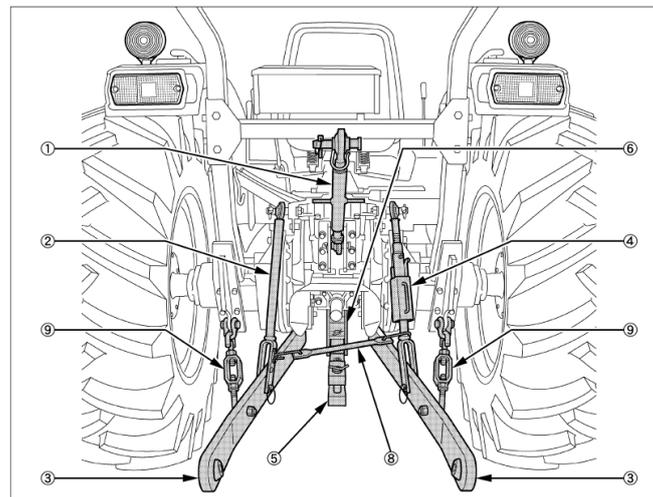
con un eje cardánico que transmite y direcciona. La normalización es de velocidad del motor 2 700 rpm y velocidad de toma de fuerza 540 rpm. Enganche tripuntual. - Funciona con cilindros hidráulicos como brazos, utilizado para regular la profundidad de trabajo o en el traslado de implementos. Barra de remolque. - La función de la barra en movimiento oscilante para labores de labranza (posición libre) y en uso fijo a la barra guía en posición central para remolques o en labores de carguíos con carretas.

Figura 20

Tipos de transferencia de fuerza del Kubota M8540N



(1) Cubierta del eje de la TDF (A) "POSICIÓN NORMAL"
(2) Tapa del eje de la TDF (B) "POSICIÓN ELEVADA"



(1) Tercer punto
(2) Tirante de elevación (izquierdo)
(3) Barra de tiro
(4) Tirante de elevación (derecho)
(5) Barra de remolque
(6) Soporte fijo de barra de tiro
(7) Soporte basculante de barra de tiro (si está montado)
(8) Tensor de las barras de tiro
(9) Cadenas tensoras
(10) Barra de remolque (si está montado)

Nota: El Kubota M8540N dispone de tres formas de transmitir su potencia.

Diagrama Entrada, Función Y Salida (EFS). El diagrama EFS, muestra el flujo básico del procesamiento en la operación, para el objeto de estudio la entrada está conformada por la materia prima (proceso de combustión) y la experiencia del operador, la función es transmitir su potencia a los implementos enganchados y la salida es el cumplimiento de la labor asignada (final de la operación). A partir de esto se diseña un modelo de posibles fallas y los efectos que produciría durante la operación.

Figura 21

Diagrama EFS Kubota M8540N



Nota: El diagrama muestra de manera simple y dinámica lo que el activo requiere para operar su transmisión y entregar potencia en sus labores productivas.

Reconocimiento Y Clasificación De Fallas.

Fallas en los sistemas mecánicos:

- Fugas de aceite de motor debido a empaques desgastados (retenes u o'rings).
- Fugas de aceite hidráulico por sellos desgastados (acople rápido macho).
- Sobrecalentamiento por fuga de refrigerante producido por picaduras de mangueras de refrigerante, corrosión.
- Deterioro de los sellos de eje en anillos de presión de pistón.
- Descopes por impacto y vibraciones de los brazos de enganche tripuntual.

- Pérdida de amortiguación en amortiguadores
- Desgaste en revestimiento estructural por fricción producto de mala lubricación, graseras obstruidas y desgastadas.
- Pedal de freno corroído por contacto con agua.
- Goteo de combustible por mangueras rotas y picadas.
- Obstrucción de filtros de aceite y aire provocando desgaste.
- Rotura por desgaste del cable de accionamiento de TDF

Fallas en los sistemas eléctricos:

- Focos, faros, intermitente y claxon quemados.
- Bobina quemada dejando a los circuitos eléctricos sin energía.
- Batería no proporciona tensión, sistema desenergizado.
- Fusibles quemados ocasionaron cortocircuito.
- Cableado de circuito eléctrico quemado debido al desgaste y suciedad.

Fallas en los sistemas neumáticos:

- Llanta perforada, picada o cortada
- Rodamientos desgastados y quebrados, producto de la lubricación inadecuada.
- Llanta desinflada por pérdida de aire o presión por pitón de neumático.

Diseño Del AMEF. A continuación, se muestra el diseño del análisis de modos y efectos de falla:

Tabla 7

Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

INSTRUMENTO: ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA DIAGNOSTICAR LA CRITICIDAD DEL KUBOTA M8540N 66649 BASADO EN LA UNE-EN IEC 60812:2018 E ISO 14224:2016											
Activo productivo: Maquinaria agrícola liviana marca Kubota modelo M8540N y serie 66649							Fecha: 29/02/2024		AMEF: 1		
Actividad productiva: Aplicación fitosanitaria con implemento nebulizador, accionamiento de herbicida eliminador de maleza, carguío con carreta residuos vegetales o varios maquinaria, accionamiento de implementos trituradores o chipeados, arrastre de equipos de labranza, entre otras actividades que gerencia programe.									Diseñador: Luis Gustavo Távora Vega		
Elemento analizar	Función	Mecanismo de falla	Modo de falla	Efecto de falla	G	Causa de falla	O	Control	Actividad	D	NPR
Aceite de motor	Lubricar, refrigerar, limpiar, sellar y neutralizar	Falla mecánica	Fuga	Fricción y agarrotamiento	8	Mal ajuste de tapo o desgaste de junta carter	7	Observación causal	Rellenar (MC)	5	280
Acoples hidráulicos	Acoplamiento mediante fluido que transmite potencia		Fuga	Mal accionamiento	8	Derrames en los acoples y desacoples de mangueras hidráulicas	8	Monitoreo periódico de condiciones	Rellenar (MC)	4	256
Enganche tripuntual	Enlazar tractor con implemento		Soltura	Rajadura o agrietamiento	9	Pernos-tuercas flojas por vibración	6	Inspección	Ajustar (MP)	4	216
Amortiguadores	Controlar rebotes, inclinación o balanceos del tractor		Deformación	Pérdida de maniobrabilidad	7	Fricción, sobrecargas y desgaste tiempo de vida	6	Pruebas funcionales	Reemplazar (MP o MC)	4	168
Mangueras de refrigerante	Asegurar flujo adecuado del refrigerante	Falla de material	Rotura	Contaminación y suciedad	8	Resequedad y calentamiento	7	Monitoreo periódico de condiciones	Reemplazar (MC)	5	280
Mangueras de combustible	Asegurar flujo adecuado de combustible		Rotura	Contaminación y suciedad	9	Resequedad y calentamiento	8	Monitoreo periódico de condiciones	Reemplazar (MC)	5	360
Pedal de transmisión	Separa y une el giro del motor hacia las ruedas motrices		Corrosión	No acciona	6	Contacto con agua y productos de aplicación	5	Observación causal	Reemplazar (MC)	4	120
Graseras	Protege al punto de lubricación y dirección el lubricante		Desgaste	Daño de piezas internas	7	Acumulacion de suciedad	8	Inspección	Lubricación (MP)	2	112
Cable de accionamiento TDF	Transmitir movimiento de palanca al mecanismo de accionamiento		Rotura	No acciona	8	Falta de lubricación, fricción y antigüedad	6	Pruebas funcionales	Reemplazar (MC)	3	144

INSTRUMENTO: ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA DIAGNOSTICAR LA CRITICIDAD DEL KUBOTA M8540N 66649 BASADO EN LA UNE-EN IEC 60812:2018 E ISO 14224:2016											
Activo productivo: Maquinaria agrícola liviana marca Kubota modelo M8540N y serie 66649							Fecha: 29/02/2024		AMEF: 1		
Actividad productiva: Aplicación fitosanitaria con implemento nebulizador, accionamiento de herbicida eliminador de maleza, carguío con carreta residuos vegetales o varios maquinaria, accionamiento de implementos trituradores o chipeados, arrastre de equipos de labranza, entre otras actividades que gerencia programe.									Diseñador: Luis Gustavo Távora Vega		
Elemento analizar	Función	Mecanismo de falla	Modo de falla	Efecto de falla	G	Causa de falla	O	Control	Actividad	D	NPR
Focos, faros e intermitentes	Proyección visual sobre la carretera		Fatiga	Visibilidad nula	7	Tiempo de puesta en servicio	8	Interferencia de producción	Reemplazar (MC)	2	112
Llantas	Aporta estabilidad y soporte al tractor		Rotura	No hay marcha	9	Incrustación de objetos punzantes	9	Interferencia de producción	Reparar (MC)	3	243
Rodamientos o rodajes	Transferir, apoyar y guiar movimiento		Corrosión	Daño desequilibrado	6	Engrase e instalación inadecuada	6	Pruebas funcionales	Reemplazar (MC)	5	180
Pitón	Contener y suministrar aire a presión en las llantas		Desgaste	Perdida de presión	9	Resequedad y calentamiento	7	Prueba de presión	Reparar (MC)	3	189
-	-	Falla de instrumento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito de bocina	Proporcionar una señal eléctrica un altavoz	Falla eléctrica	Cortocircuito	Claxon inactivo	6	Contacto polos opuestos	4	Pruebas funcionales	Reemplazar (MC)	6	144
Batería	Acumular y suministrar corriente eléctrica		Sin energía/voltaje	No recarga	9	Descarga	6	Interferencia de producción	Reemplazar (MC)	3	162
Fusibles	Proteger a los circuitos eléctricos		Cortocircuito	Resistencia quemada	7	Recalentamiento	5	Pruebas funcionales	Reemplazar (MC)	4	140
Relay	Equilibrar la demanda de energía		Alimentación defectuosa	No genera carga	7	Recalentamiento	4	Pruebas funcionales	Reemplazar (MC)	4	112
Estructura o carrocería	Alojar y proteger los sistemas funcionales	Influencia externa	Contaminación	Reduce vida útil	6	Acumulacion de suciedad	5	Inspección	Limpieza (MP)	2	60
Filtros de aceite y aire	Filtrar partículas contaminantes		Contaminación	Reduce vida útil	8	Acumulacion de suciedad	4	Inspección	Limpieza (MP)	3	96
Cableado eléctrico	Transportar energía eléctrica		Contaminación	Reduce vida útil	8	Acumulacion de suciedad	5	Inspección	Limpieza (MP)	3	120

Nota: El modelo de tabla fue tomado de la UNE-EN IEC 60812:2018 y reforzado por la ISO 14224:2016 en el criterio de selección de términos.

El valor adimensional del índice de prioridad de riesgo se usa para priorizar la mano de obra y los recursos en abordar la mitigación de los modos de falla.

Tabla 8

Resumen de índice de prioridad de riesgo (NPR)

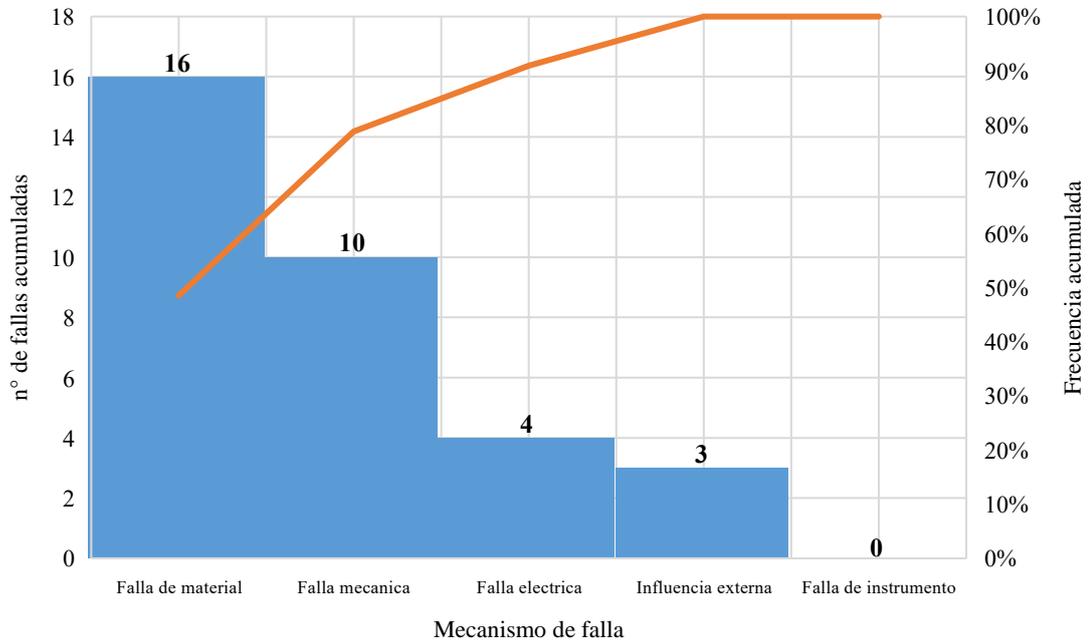
Elemento analizar	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	NPR	Riesgo
Aceite de motor	Fuga	Fricción y agarrotamiento	Mal ajuste de tapo o desgaste de junta carter	280	Medio
Acoples hidráulicos	Fuga	Mal accionamiento	Derrames en los acoplar y desacoplar	256	Medio
Enganche tripuntual	Soltura	Rajadura o agrietamiento	Pernos-tuercas flojas por vibración	216	Medio
Amortiguadores	Deformación	Pérdida de maniobrabilidad	Fricción, sobrecargas y desgaste tiempo de vida	168	Medio
Mangueras de refrigerante	Rotura	Contaminación y suciedad	Resequedad y calentamiento	280	Medio
Mangueras de combustible	Rotura	Contaminación y suciedad	Resequedad y calentamiento	360	Medio
Pedal de transmisión	Corrosión	No acciona	Contacto con agua y productos de aplicación	120	Bajo
Graseras	Desgaste	Daño de piezas internas	Acumulacion de suciedad	112	Bajo
Cable de accionamiento TDF	Rotura	No acciona	Falta de lubricación, fricción y antigüedad	144	Medio
Focos, faros e intermitentes	Fatiga	Visibilidad nula	Tiempo de puesta en servicio	112	Bajo
Llantas	Rotura	No hay marcha	Incrustación de objetos punzantes	243	Medio
Rodamientos o rodajes	Corrosión	Daño desequilibrado	Engrase e instalación inadecuada	180	Medio
Pitón	Desgaste	Pérdida de presión	Resequedad y calentamiento	189	Medio
Circuito de bocina	Cortocircuito	Claxon inactivo	Contacto polos opuestos	144	Medio
Batería	Sin energía/ voltaje	No recarga	Descarga	162	Medio
Fusibles	Cortocircuito	Resistencia quemada	Recalentamiento	140	Medio
Relay	Alimentación defectuosa	No genera carga	Recalentamiento	112	Bajo
Estructura o carrocería	Contaminación	Reduce vida útil	Acumulacion de suciedad	60	Bajo
Filtros de aceite y aire	Contaminación	Reduce vida útil	Acumulacion de suciedad	96	Bajo
Cableado eléctrico	Contaminación	Reduce vida útil	Acumulacion de suciedad	120	Bajo

Nota: Para el NPR se considera como riesgo medio: $125 \leq \text{NPR} \leq 499$ y riesgo bajo: $1 \leq \text{NPR} \leq 124$. Con esta perspectiva se jerarquizan los modos de falla.

Diagrama De Pareto.

Figura 22

Análisis de Pareto del Kubota M8540N 66649



Nota: El 80% de fallas corresponden a los mecanismos de falla por materiales y fallas mecánicas. Mecanismos son relevantes en la planificación de actividades preventivas.

Diagrama De Causa Y Efecto.

Figura 23

Diagrama causa y efecto del Kubota M8540N 66649



Nota: Se agrupan las fallas recopiladas por mecanismo según la ISO 14224:2016

5.1.3. Análisis de Criticidad

La construcción de una matriz de criticidad comprende la evaluación:

Tabla 9

Análisis de matriz de criticidad

Mecanismo	Elemento analizar	Modo de falla	Nº Fallas	NPR	Severidad	Ocurrencia
Falla mecánica	Aceite de motor	Fuga	3	280	II Marginal	B Probable
	Acoples hidráulicos	Fuga	2	256	II Marginal	C Ocasional
	Enganche tripuntual	Soltura	1	216	IV Catastrófico	E Improbable
	Amortiguadores	Deformación	2	168	II Marginal	D Remota
Falla de material	Mangueras de refrigerante	Rotura	1	280	II Marginal	D Remota
	Mangueras de combustible	Rotura	1	360	II Marginal	D Remota
	Pedal de transmisión	Corrosión	1	120	IV Catastrófico	E Improbable
	Graseras	Desgaste	1	112	II Marginal	C Ocasional
	Cable de accionamiento TDF	Rotura	1	144	III Crítico	D Remota
	Focos, faros e intermitentes	Fatiga	2	112	III Crítico	D Remota
	Llantas	Rotura	6	243	III Crítico	A Frecuente
	Rodamientos o rodajes	Corrosión	3	180	III Crítico	C Ocasional
	Pitón	Desgaste	2	189	III Crítico	B Probable
Falla eléctrica	Circuito de bocina	Cortocircuito	1	144	II Marginal	D Remota
	Batería	Sin energía/ voltaje	1	162	III Crítico	B Probable
	Fusibles	Cortocircuito	1	140	III Crítico	C Ocasional
	Relay	Alimentación defectuosa	1	112	III Crítico	E Improbable
Influencia externa	Estructura o carrocería	Contaminación	1	60	I Insignificante	E Improbable
	Filtros de aceite y aire	Contaminación	1	96	II Marginal	D Remota
	Cableado eléctrico	Contaminación	1	120	II Marginal	E Improbable

Nota: La tabla analiza la ocurrencia en la que se presentan las fallas y la severidad que producirá en la disponibilidad del sistema en conjunto, la investigación se realiza bajo la perspectiva de la UNE-EN IEC 60812:2018.

5.1.4. Matriz de Criticidad

Tabla 10

Matriz de criticidad

Probabilidad de ocurrencia	5 (A) Frecuente		Llantas (rotura)	
	4 (B) Probable	Aceite de motor (fuga)	Pitón (desgaste) Batería (sin energía/ voltaje)	
	3 (C) Ocasional	Acoples hidráulicos (fuga) Graseras (desgaste)	Rodamiento o rodajes (corrosión) Fusibles (cortocircuito)	
	2 (D) Remota	Amortiguadores (deformación) Manguera de refrigerante (rotura) Manguera de combustible (rotura) Circuito de bocina (cortocircuito) Filtros de aceite y aire (contaminación)	Cable accionamiento de TDF (rotura) Focos, faros e intermitentes (fatiga)	
	1 (E) Improbable	Carrocería (contaminación)	Cableado eléctrico (contaminación)	Relay (alimentación defectuosa) Enganche tripuntual (soltura) Pedal de transmisión (corrosión)
	I Insignificante	II Marginal	III Critico	IV Catastrófico
	Severidad			
	Leyenda de criticidad: Bajo Medio Alto Crítico			

Nota: La matriz distribuye las fallas analizadas jerarquizando su criticidad por colores, el modelo de matriz es según la UNE-EN IEC 60812:2018.

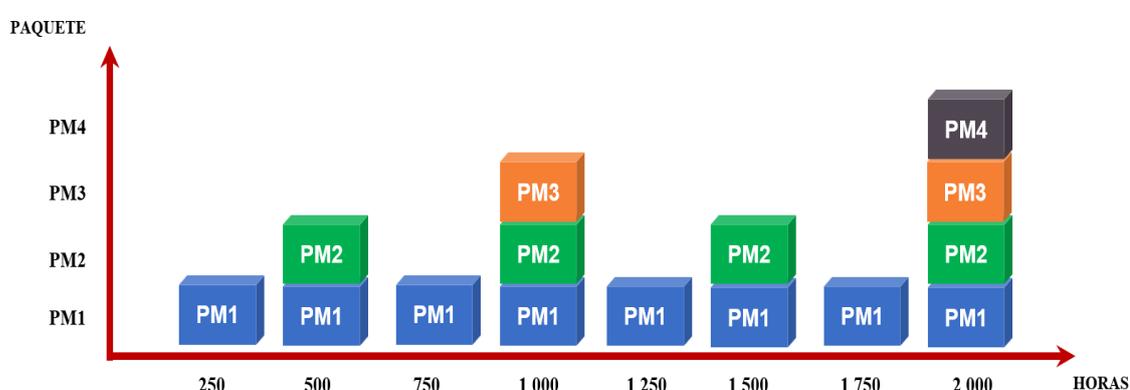
5.2. Desarrollo Mantenimiento Basado En El Análisis De Riesgo

5.2.1. Estrategia De Mantenimiento

La metodología de la investigación selecciona un mantenimiento de jerarquía idéntica, es decir, los paquetes de mantenimiento establecen las actividades, listan los materiales o repuestos a utilizar se realizan de forma complementaria de acuerdo con el punto de medida que le corresponda.

Figura 24

Estratégica de mantenimiento de jerarquía idéntica



Nota: Muestra cómo se comporta la estrategia de jerarquía idéntica en el tiempo.

El punto de medida para el mantenimiento del Kubota M8540N 66649 cada 250 horas:

Tabla 11

Distribución de los paquetes de mantenimiento

Horómetro	Paquete de mantenimiento
250	PM1
500	PM1 + PM2
750	PM1
1000	PM1 + PM2 + PM3
1250	PM1
1500	PM1 + PM2
1750	PM1
2000	PM1 + PM2 + PM3 + PM4

Nota: La investigación adopta como punto de medida 250 horas entre paquetes.

5.2.2. Paquetes De Mantenimiento

Tabla 12

Paquete de mantenimiento (PM1) cada 250 h

SISTEMA	ÍTEM	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
SISTEMA ESTRUCTURA	1	Lavado general de estructura externa
	2	Limpieza y engrase hasta el rebose de graseras o engrasadores
	3	Comprobar y ajuste de pernos-tuercas (lubricar si es necesario)
	4	Inspección de arco seguridad, asiento-cinturón, espejos y extintor vigente
SISTEMA TRANSMISIÓN, DIRECCIÓN Y FRENOS	1	Verificar estado de palanca de inversa, embrague, freno y control TDF
	2	Inspección de carrera libre del pedal de embrague (20 - 30 mm) y freno (15 - 20 mm)
	3	Comprobar estado de cubierta y TDF, enganche tripuntual y barra de remolque
	4	Revisar circuito de dirección asistida (sustituir si presenta daños o desgaste)
	5	Cerciorar convergencia correcta (2 - 8 mm)
SISTEMA HIDRÁULICO	1	Inspección de fugas de aceite hidráulico por acoples, tubos, mangueras o sellos
	2	Comprobar funcionamiento de palancas de control de la unidad hidráulica y enganches
SISTEMA NEUMÁTICO	1	Inspección visual externa de neumático (buscar cortes o perforaciones)
	2	Tomar medida de altura de cocada de los neumáticos
	3	Comprobar el lastre, contrapesas y presión en ruedas
	4	Revisar par de apriete de pernos y tuercas de ruedas.
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	1	Inspeccionar estado de manguitos, mangueras y abrazaderas de radiador
	2	Verificar nivel de refrigerante (rellenar si lo requiere)
	3	Limpieza de válvula evacuadora, parrilla y rejilla de radiador
SISTEMA ELÉCTRICO	1	Comprobar claxon, antena GPS y alarma de retroceso
	2	Verificar luces de alta y baja, foco pirata e intermitentes
	3	Revisar y limpiar cableados
	4	Limpieza y lubricación de bornes de batería
	5	Compruebe el funcionamiento del panel de instrumentos y controles
	6	Inspeccionar estado y tensión de correas de alternador y de ventilador
	7	Verificar estado de fusibles y relay (reemplazar quemados o dañados)
SISTEMA MOTOR	1	Inspección visual de motor (detectar fisuras o deformaciones)
	2	Comprobar circuito de combustible, buscar picaduras o fugas
	3	Limpieza elemento de filtro primario (sopleteo aire comprimido, lavado y secado natural)
	4	Limpieza del elemento de filtro de combustible (purgar) y verificar circuito de combustible
	5	Cambiar filtro de aceite de motor
	6	Drenar, limpiar y cambiar aceite de motor (al finalizar verificar nivel)
	7	Comprobar circuito de admisión de aire, buscar picaduras y abrazaderas apretadas

Nota: El paquete PM1 comprende las actividades que se realizaran con mayor frecuencia.

Tabla 13

Materiales para PM1 cada 250 h

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN
2	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN
3	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN
4	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG

Tabla 14*Paquete de mantenimiento (PM2) cada 500 h*

SISTEMA	ÍTEM	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
SISTEMA HIDRÁULICO	1	Sustituir filtro de aceite del sistema hidráulico (comprobar fugas por la junta de filtros)
	2	Limpiar tapón respiradero del tanque hidráulico
	3	Cambiar aceite de transmisión (al finalizar verificar nivel)
	4	Cambiar aceite de la caja del eje delantero (al finalizar haga funcionar la máquina)
	5	Revisar la correcta operación de controles dirección hidráulicos
SISTEMA ELÉCTRICO	1	Comprobar estado de batería con toma de tensión
	2	Verificar el nivel de electrolito de la batería
SISTEMA MOTOR	1	Limpiar el respiradero del cárter
	2	Cambiar filtro aire secundario
	3	Cambiar filtro combustible
	4	Comprobar estado de soportes de motor

Nota: El PM2 está conformado con actividades de sustitución de componentes y fluidos.

Tabla 15*Materiales para PM2 cada 500 h*

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN
2	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN
3	MOTOR	REPUES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA	1	UN
4	TRANSMISION	MMTO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L	1	UN
5	HIDRAULICO	REPUES-06934	FILTRO HIDRAULICO HH3A0-82630 - KUBOT	2	UN
6	HIDRAULICO	MMTO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L	3	UN
7	MOTOR	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIOTRAC KUB MOD M8540	1	UN
8	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN
9	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG

Tabla 16*Paquete de mantenimiento (PM3) cada 1 000 h*

SISTEMA	ÍTEM	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
SISTEMA ESTRUCTURA	1	Inspección de posibles fisuras o rajaduras
SISTEMA TRANSMISIÓN, DIRECCIÓN Y FRENOS	1	Ajuste y apriete 1/6 de vuelta más en tornillo de pivote del eje delantero
	2	Cambio de líquido de frenos
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	1	Limpieza de tapa del radiador, reemplace si esta averiada
	2	Limpiar condensador del refrigerante
SISTEMA MOTOR	1	Sustituir elemento primario del filtro de aire
	2	Inspección de líneas de admisión
	3	Comprobar estado de válvula de cebado de combustible
	4	Inspección y limpieza de sello de tapa de combustible
	5	Inspección de silenciador y ajuste de múltiple de escape

Nota: El PM3 comprende actividades de inspección y detección de fallas, con mayor detalle y minuciosidad, ante cualquier indicio de anomalías se debe reportar de inmediato.

Tabla 17*Materiales para PM3 cada 1 000 h*

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN
2	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN
3	MOTOR	REPUES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA	1	UN
4	TRANSMISION	MMTO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L	1	UN
5	HIDRAULICO	REPUES-06934	FILTRO HIDRAULICO HH3A0-82630 - KUBOT	2	UN
6	HIDRAULICO	MMTO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L	3	UN
7	MOTOR	MATR-3350	FILTRO AIRE PRIMARIO TRAC KUB MOD M8540	1	UN
8	MOTOR	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIO TRAC KUB MOD M8540	1	UN
9	FRENOS	MATR-3719	LIQUIDO DE FRENO DOT 4	1	UN
10	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN
11	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG

Tabla 18*Paquete de mantenimiento (PM4) cada 2 000 h*

SISTEMA	ÍTEM	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	1	Cambiar refrigerante, agua limpia más anticongelante
SISTEMA MOTOR	1	Lavado de tanque de combustible
	2	Limpieza y calibración de válvulas inyectoras
	3	Desmontaje y limpieza de alternador
	4	Desmontaje y limpieza al motor de arranque

Nota: El PM4 está destinado a la preservación e inspección de componentes internos.

Tabla 19*Materiales para PM4 cada 2 000 h*

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN
2	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN
3	MOTOR	REPUES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA	1	UN
4	TRANSMISION	MMTO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L	1	UN
5	HIDRAULICO	REPUES-06934	FILTRO HIDRAULICO HH3A0-82630 - KUBOT	2	UN
6	HIDRAULICO	MMTO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L	3	UN
7	MOTOR	MATR-3350	FILTRO AIRE PRIMARIO TRAC KUB MOD M8540	1	UN
8	MOTOR	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIO TRAC KUB MOD M8540	1	UN
9	FRENOS	MATR-3719	LIQUIDO DE FRENO DOT 4	1	UN
10	REFRIGERACIÓN	MATR-00516	REFRIGERANTE COOLANT ELC X 5GL	1	UN
11	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,3	GLN
12	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG

5.3. Cálculo De Los Costos Y Presupuesto Del Mantenimiento

Tabla 20

Presupuesto por mantenimiento cada 250 h

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE	Precio USD	Importe USD
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN	13,8	69
2	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN	15,77	15,77
3	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN	4,61	2,305
4	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG	0,88	0,88
Total						35,06	87,955

Tabla 21

Presupuesto por mantenimiento cada 500 h

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE	Precio USD	Importe USD
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN	13,8	69
2	MOTOR	REPUES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA	1	UN	24,58	24,58
3	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN	15,77	15,77
4	MOTOR	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIOTRAC KUB MOD M8540	1	UN	53,74	53,74
5	TRANSMISION	MMTO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L	1	UN	87,51	87,51
6	HIDRAULICO	REPUES-06934	FILTRO HIDRAULICO HH3A0-82630 - KUBOT	2	UN	56,96	113,92
7	HIDRAULICO	MMTO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L	3	UN	72	216
8	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN	4,61	2,305
9	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG	0,88	0,88
Total						329,85	583,705

Tabla 22*Presupuesto por mantenimiento cada 1 000 h*

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE	Precio USD	Importe USD
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN	13,8	69
2	MOTOR	REPUES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA	1	UN	24,58	24,58
3	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN	15,77	15,77
4	MOTOR	MATR-3350	FILTRO AIRE PRIMARIO TRAC KUB MOD M8540	1	UN	80,6	80,6
5	MOTOR	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIOTRAC KUB MOD M8540	1	UN	53,74	53,74
6	TRANSMISION	MMTO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L	1	UN	87,51	87,51
7	FRENOS	MATR-3719	LIQUIDO DE FRENO DOT 4	1	UN	1,84	1,84
8	HIDRAULICO	REPUES-06934	FILTRO HIDRAULICO HH3A0-82630 - KUBOT	2	UN	56,96	113,92
9	HIDRAULICO	MMTO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L	3	UN	72	216
10	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN	4,61	2,305
11	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG	0,88	0,88
Total						412,29	666,145

Tabla 23*Presupuesto por mantenimiento cada 2 000 h*

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE	Precio USD	Importe USD
1	MOTOR	LUB-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC	5	GLN	13,8	69
2	MOTOR	REPUES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA	1	UN	24,58	24,58
3	MOTOR	REPUES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA	1	UN	15,77	15,77
4	MOTOR	MATR-3350	FILTRO AIRE PRIMARIO TRAC KUB MOD M8540	1	UN	80,6	80,6
5	MOTOR	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIOTRAC KUB MOD M8540	1	UN	53,74	53,74
6	TRANSMISION	MMTO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L	1	UN	87,51	87,51
7	FRENOS	MATR-3719	LIQUIDO DE FRENO DOT 4	1	UN	1,84	1,84

Ítem	Sistema	Código SAP	Material	Cantidad	UNE	Precio USD	Importe USD
8	HIDRAULICO	REPUES-06934	FILTRO HIDRAULICO HH3A0-82630 - KUBOT	2	UN	56,96	113,92
9	HIDRAULICO	MMTO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L	3	UN	72	216
10	REFRIGERACIÓN	MATR-00516	REFRIGERANTE COOLANT ELC X 5GL	1	UN	96,14	96,14
11	LIMPIEZA	COM-GAS096	GASOLINA	0,5	GLN	4,61	2,305
12	LIMPIEZA	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL	1	KG	0,88	0,88
Total						508,43	762,285

Tabla 24

Presupuesto total por mantenimiento

	PM1	PM1	PM1	PM1	PM1	PM1	PM1	PM1	PM1	TOTAL
Controlador (horas)	250	500	750	1 000	1 250	1 500	1 750	2 000		
Dólares (USD)	87,955	583,705	87,955	666,145	87,955	583,705	87,955	762,285		2 947,660
Nuevos Soles (S/.)	329,850	2 188,913	329,850	2 498,061	329,850	2 188,913	329,850	2 858,588		11 053,730

Nota: La tabla muestra el comportamiento de los costos en componentes, piezas e insumos por cada paquete de mantenimiento. En una planificación de 2 000 horas, con un costo total de 2 947,660 USD o 11 053,730 Nuevos Soles.

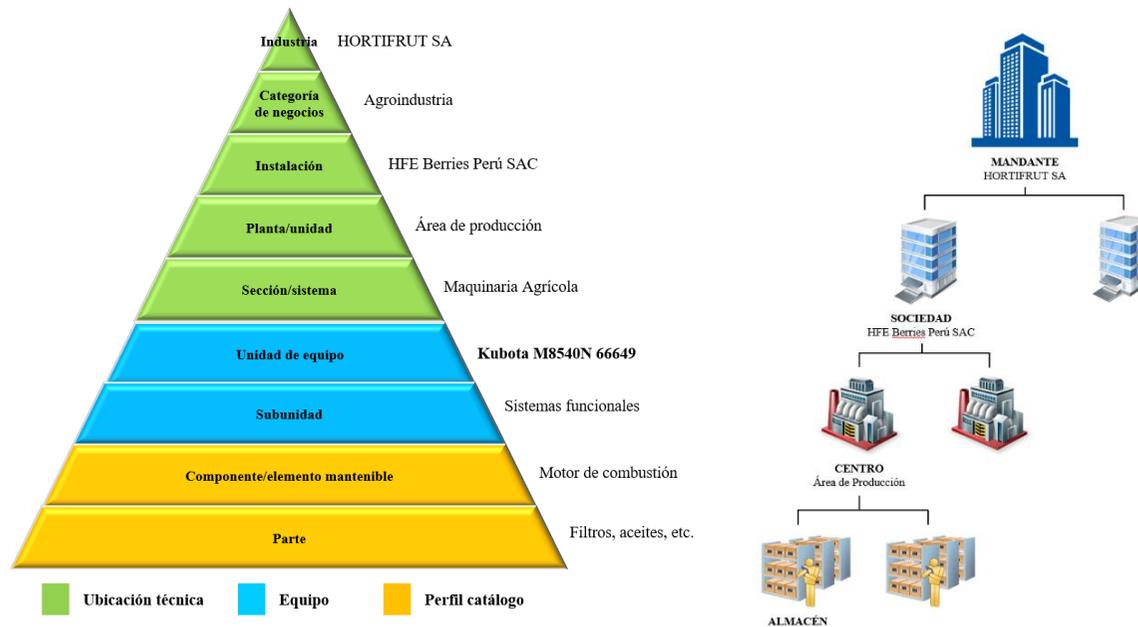
5.4. Integración Del Programa De Mantenimiento Al SAP PM

5.4.1. Organización de la empresa en SAP PM

La clasificación de la taxonomía propuesta por la normativa ISO 14224: 2016 permite jerarquizar la estructura de la empresa ubicando el objeto de estudio de modo piramidal y la estructura organizativa de la empresa a nivel logístico de SAP en su módulo PM permite reconocer cómo está creada en el software.

Figura 25

Organización de la empresa en SAP PM



Nota: Se muestra la taxonomía de la empresa según ISO 14224: 2016 frente a como se encuentra constituida y registrada en SAP PM.

5.4.2. Datos maestros PM

Durante el desarrollo de la investigación se mantuvo confidencialidad de información y datos organizacionales de la empresa en el software, por lo que se muestran lo más general.

Tabla 25

Datos maestros de la empresa

Ubicación técnica	HFBP-PB03-MMTO-MAQAGRI-MAQMEDI	MAQUINARIA MEDIANA		
Centro de planificación	PB03	HFE Campos Los Olmos		
Puesto de trabajo	SUPERMAQ	SUPERVISOR DE MAQUINARIA AGRQ. HFE OLMOS		
	MANTTO1	MECANICO TALLER MANTENIMIENTO HFE OLMOS		
Equipo	3000430	TRACTOR AGRICOLA KUBOTA N° 9	M8540N	66649
Punto de medida	HOROMETRO KU84HP	HOROMETRO TRACTOR KU84HP		
Controladores	Z_PM_HORAS			
Lista de materiales	Materiales asignados en cada paquete			

Nota: Los códigos mostrados pertenecen a la empresa y son proporcionado por SAP PM.

Tabla 26

Transacciones SAP

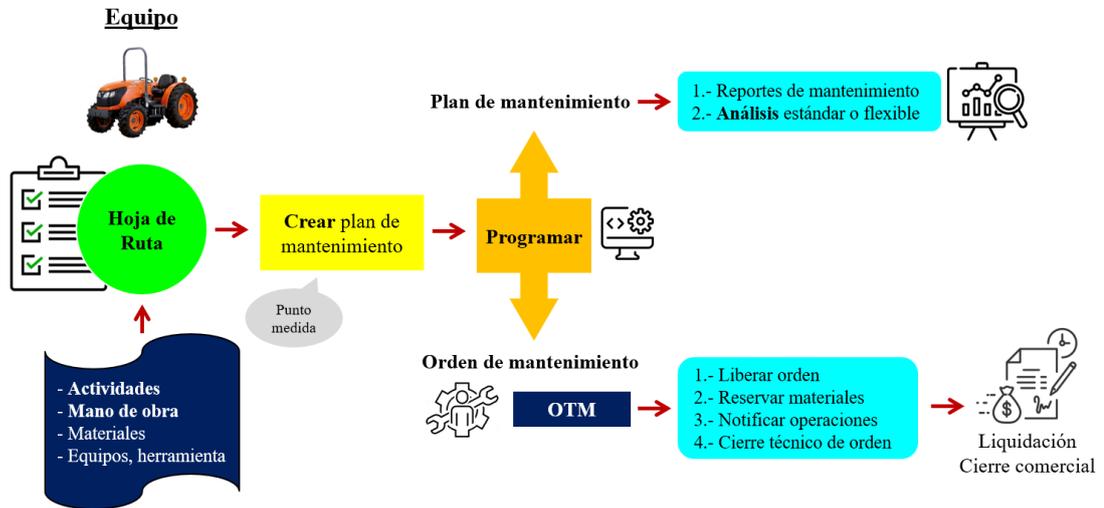
Cod. SAP	Denominación
IL03	Ubicación técnica
IE03	Equipo
IB03	lista material para equipo
IR03	Puesto de trabajo
IK07	Punto de medida y controladores
IP12	Estrategia de mantenimiento
IA03	Hoja de Ruta de Equipo
IP03	Plan mantenimiento
IW33	Visualizar Orden de mantenimiento
IW41	Notificación de orden
IK13	Documento de medida

Nota: Los comandos o transacciones son propias del módulo PM y son de uso particular.

5.4.3. Programa de mantenimiento en SAP PM

Figura 26

Flujograma de SAP PM

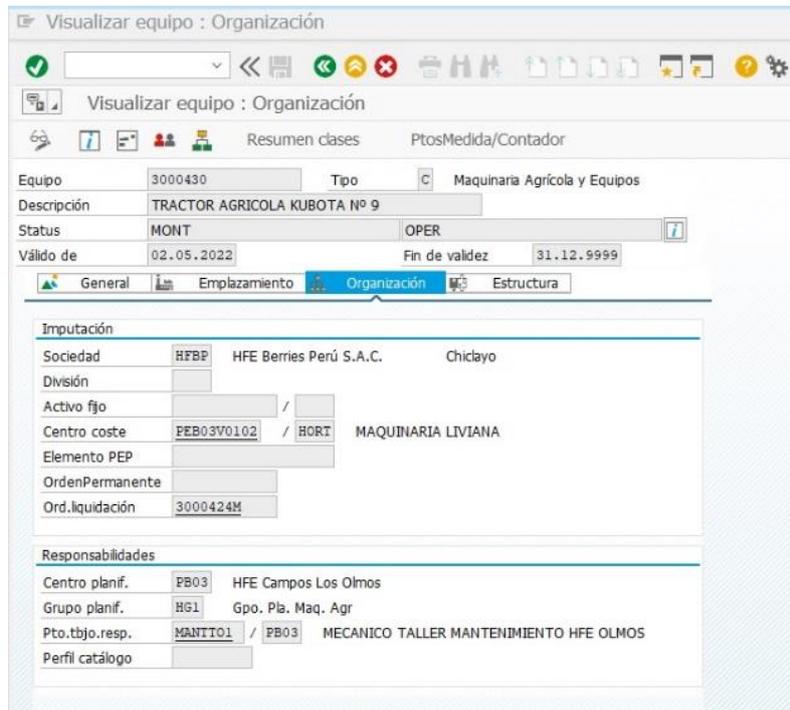


Nota: Se visualiza el proceso para asignar un plan de mantenimiento a un equipo.

El Kubota M8540N 66649 en SAP PM, transacción IE03 (visualización equipo).

Figura 27

Visualización de equipo



Nota: Visualización de la organización del equipo en SAP PM.

Durante la creación del equipo en SAP PM, se le asignan una hoja de ruta donde se describen las actividades, responsables, herramienta, materiales e insumos que se utilizaran en la intervención, se muestra en la transacción IA03 (Visualizar HRuta p.equipo).

Figura 28

Visualización de HRuta

Visualizar HRuta p. equipo: resumen operaciones

Visualizar HRuta p. equipo: resumen operaciones

Equipo 3000430 TRACTOR AGRICOLA KUBOTA Nº 9
GrHRuta 1119 TRACTOR AGRICOLA KUBOTA Nº 9 ConGrPlan 3

PaqManPr Compte. REO MAF PaqServ CarIns

Resumen general operación

Op.	SOP	PstoTbjo	Ce.	Descripción operación	T. Trabajo	Un.	Nº	Dur.	Un.	C %	DistTrbInt	Fac	ClAct	Chv.mod.	Conjunto	HS	GS	CS	G.	L.	E	Ctd.pedido	U...	Precio neto	Mon.	por	PzE	Cl.coste	Grupo art.	G...	Proveedor	OrgC
0010	MANTTO1	FB03	PM1	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE MOTOR	0.5	H	1	0.5	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0020	MANTTO1	FB03	PM1	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO MOTOR	0.5	H	1	0.5	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0030	MANTTO1	FB03	PM1	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	0.5	H	1	0.5	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0040	MANTTO1	FB03	PM1	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE TRANSMISION	0.5	H	1	0.5	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0050	MANTTO1	FB03	PM1	MTTO PREV. LIMPIEZA COMPONENTES	0.5	H	1	0.5	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0060	MANTTO1	FB03	PM1	MTTO PREV. LIMPIEZA FILTRO AIRE	0.5	H	1	0.5	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0070	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE MOTOR	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0080	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE TRANSMISION	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0090	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO MOTOR	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0100	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0110	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. LIMPIEZA COMPONENTES	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0120	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. LIMPIEZA FILTRO AIRE	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0130	MANTTO1	FB03	PM2	MTTO PREV. LIMPIEZA SIS.ELECTRICO	0.6	H	1	0.6	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0140	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE MOTOR	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0150	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE TRANSMISION	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0160	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE HIDRAULICO	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0170	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO ACEITE MOTO	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0180	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0190	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO HIDRAULICO	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0200	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ELEM.T.COMBUS	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0210	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO AIRE PRIM.	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0220	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO AIRE SEC.	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0230	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. SIS.FRENOS	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				
0240	MANTTO1	FB03	PM3	MTTO PREV. LIMPIEZA SIS.ELECTRICO	0.7	H	1	0.7	H	1	100	1	MOMAN			0							1	0.000	0.00	PEN	0	0				

Entrada 1 / 36

Nota: Hoja de ruta de actividades por paquetes asignadas al equipo estimando el tiempo de ejecución y puestos de trabajo.

Un plan de mantenimiento inicia definiendo los puntos de medida en las que se planifican los paquetes de mantenimiento y su tipo de estrategia. En la investigación establecí el punto de medida por horas (cada 250) y la estrategia de jerarquía idéntica añadida, transacción IP12 (visualización paquetes de mantenimiento). Todas las labores de mantenimiento consideradas para el programa se deben agrupar en paquetes que son asignados a una estrategia de mantenimiento con ciclos de ejecución definidos por su punto de medida (horas). En la estrategia están descritas tantos paquetes y hojas de ruta como el mantenimiento sea necesario.

Figura 29

Estrategia y frecuencia del mantenimiento

The figure consists of two screenshots from a software application. The left screenshot shows a table titled 'Visualizar paquetes de mantenimiento' with the following data:

H...	Dur.ciclo	Un...	Texto ciclo mantenim...	T...	J...	T...	Offset	T...	Pr...	Pr...
1	250 HRA	Cada 250 Horas	25	1	25				0	0
2	500 HRA	Cada 500 Horas	50	2	50				0	0
3	1000 HRA	Cada 1000 Horas	10	3	10				0	0
4	2000 HRA	Cada 2000 Horas	20	4	20				0	0

The right screenshot shows a table titled 'Visual.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento' with the following data:

Op.	SOp	Descripción operación	250	500	1000	2000	Frecuencia
0010	PM1	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE MOTOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0020	PM1	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO MOTOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0030	PM1	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0040	PM1	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE TRANSMISION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0050	PM1	MTTO PREV. LIMPIEZA COMPONENTES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0060	PM1	MTTO PREV. LIMPIEZA FILTRO AIRE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0070	PM2	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0080	PM2	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE TRANSMISION	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0090	PM2	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0100	PM2	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0110	PM2	MTTO PREV. LIMPIEZA COMPONENTES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0120	PM2	MTTO PREV. LIMPIEZA FILTRO AIRE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0130	PM2	MTTO PREV. LIMPIEZA SIS.ELECTRICO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0140	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE MOTOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0150	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE TRANSMISION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0160	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ACEITE HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0170	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO ACEITE MOTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0180	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0190	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0200	PM3	MTTO PREV. CAMBIO ELEM.T.COMBUS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
0210	PM3	MTTO PREV. CAMBIO FILTRO AIRE PRIM.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nota: Hoja de ruta asignada al equipo por punto de medida o frecuencia de (cada 250 horas) y de jerarquía de ciclo idéntica.

La planificación del plan de mantenimiento se considera desde la puesta en operación del activo, a partir del cual el SAP PM calcula las fechas de cumplimiento, reprogramación o vencimiento según el punto de medida establecido (cada 250 hrs), es decir el software está diseñado para por sí mismo planificar el cronograma de mantenimientos, pero sin liberarlas. Se da seguimiento en la transacción IP03 (visualizar plan de mantenimiento preventivo).

La supervisión del cumplimiento del programa consiste en actualizar las órdenes de trabajo por mantenimiento que aún no han sido liberadas. Esto se realiza porque el plan por sí mismo no libera la orden sin antes haber cumplido la anterior, esto permite controlar distintos programas al mismo tiempo. Este flujo de trabajo adopta un Job de frecuencia de tiempo promedio en el cumplimiento. Transacción IP30 (Supervisión de plazos de planes de mantenimiento).

Figura 30

Planificación y supervisión del plan de mantenimiento

The figure consists of two side-by-side screenshots from the SAP PM interface. The left screenshot is titled 'Visualizar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia PMMAQAGR-424'. It shows a maintenance plan for a Kubota tractor (HOROMETRO TRACTOR KU73HP) with a counter of 342. A table lists maintenance cycles: 250 HRA (Cada 250 Horas), 500 HRA (Cada 500 Horas), and 1000 HRA (Cada 1000 Horas). Below this, there is a 'Datos de planificación' section with fields for center, order, priority, and division. The right screenshot is titled 'Supervisión de plazos de planes de mantenimiento (batch-input IP10)'. It shows configuration options for batch input, including 'Intervalo para objetos de llama', 'Incl. reprogramación', and 'Inicio inmediato para todos'. There are also sections for 'Control de log' and 'Grabar transacciones erróneas'.

Nota: Visualización del plan de mantenimiento (PMMAQAGR-424) propuesto, cargado y asignado al equipo seleccionado.

5.4.4. Ordenes de mantenimiento por paquetes en SAP PM

Figura 31

Modelo de OTM paquete PM1

The screenshot displays the SAP PM 'Crear Orden de Mantenimiento Preventivo' (Create Preventive Maintenance Order) interface, divided into three main sections:

- Header (Cabecera central):** Shows order details including Order ID (OM03 800000000001), Plant (PM1), and Equipment (ABIE DMBV). It includes fields for responsible person, dates, and priority.
- Summary (Resumen operaciones):** A table listing maintenance activities with columns for operation type, dates, and duration.

Op.	Sop	PtoTrab	Ce...	Cb...	CTexto	E.	Txt.br.operación	T...	Trabajo real	Un	C...	Dur.	Un	CvCá	ClAct	Destinatario	Puesto descarga	F...	Co...	Me...	Ubi.céc
0010	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SISTEMA ESTRUCTURA				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0020	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SIS. TRANSMISIÓN, DIRECCIÓN, FRENSOS				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0030	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SISTEMA HIDRÁULICO				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0040	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SISTEMA NEUMÁTICO				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0050	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0060	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SISTEMA ELÉCTRICO				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0070	MAINT01	PB03	PM01		(PM1) - SISTEMA MOTOR				0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0080	MAINT01	PB03	PM01						0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
0090	MAINT01	PB03	PM01						0.000	H			H	Calcular dur...	MCMS			1			
- Summary of Components (Resumen de componentes):** A table listing materials and their quantities assigned to the order.

Dat.gra.	Compras	Lista	Grif.	Comp.	Rec.	Catál.	Pa...	Componente	Descripción	T...	Ord.neces.	UN	T...	S...	Alm.	Ca.	Op.	Lote	Tpo.aprovision.	Pa...	Destinatario	Puesto descarga	Ubi.céc
0010	1278-00002							ACEITE 15W45 MOBIL DELVAC			5	QLN	L	1040	PB03	0010			Reserva para orden	0000			
0020	REYES-00935							FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA			1	LN	L	1040	PB03	0010			Reserva para orden	0000			
0030	COM-0A5096							GASOLIN 95			0.500	QLN	L	1040	PB03	0010			Reserva para orden	0000			
0040	HAIR-00251							TRAPO INDUSTRIAL			1	KG	L	1040	PB03	0010			Reserva para orden	0000			

Nota: Visualización de la orden de trabajo por mantenimiento PM1 con sus: actividades, mano de obra, materiales e insumos asignados.

Figura 32

Modelo de OTM paquete PM2

Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Cabecera central

Orden: OM03 400000000001 (PM2) - PLAN MANTENIMIENTO
 Est.sist.: ABIE DMBV PROC

Responsable
 Gpo.plan.: HG1 / PB03 Gpo. Pla. Maq. Agr
 Rs.pto.tr.: SUPERMAQ / PB03 SUPERVISOR DE ...
 Responsable: []

Fechas
 Inic.extr.: 30.05.2024 Prioridad: 2-alto
 Fin extr.: 30.05.2024 Revisión: []

Objeto de referencia
 Ubic.téc.: HFBP-PB03-MTO-MA... MAQUINARIA MEDIANA
 Equipo: 3000424 TRACTOR AGRICOLA KUBOTA N° 9
 Conjunto: []

Primera operación
 Operación: (PM2) - PLAN MANTENIMIENTO Clv.cál.: Calcular duración
 PtoTrab/Ce: MANTT01 / PB03 ClvCtrl: PM01 Cl.activ.: M0MAN MAF
 TrabInvert: [] H Cantidad: [] Dur.oper.: [] H [] Comp. []
 Nº pers.: []

Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Resumen de operaciones

General	Pr.	Ext.	Fechas	Dat.real.	Ampliación	Fact.ejec.	Catá.
Op.	SOP	PtoTrab	Ce...	Cl...	OTeEs	E. Tst.Inv.operación	T...
0090	MANTT01	PB03	PM01		(PM1) - PLAN MANTENIMIENTO		0.000
0100	MANTT01	PB03	PM01		(PM2) - SISTEMA HIDRAULICO		0.000
0110	MANTT01	PB03	PM01		(PM2) - SISTEMA ELECTRICO		0.000
0120	MANTT01	PB03	PM01		(PM2) - SISTEMA MOTOR		0.000
0130	MANTT01	PB03	PM01				0.000
0140	MANTT01	PB03	PM01				0.000
0150	MANTT01	PB03	PM01				0.000

Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Resumen de componentes

Dat.gral.	Componente	Descripción	T...	Ctd.neces.	UM	T. S.	Alm.	Ce.	Op.	Lote	Tpo.provision.	Po...	Destratario	Puesto descarga	Ubc.d...
0010	L2B-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC		5	GLN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0020	REFPES-04935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA		1	UN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0030	REFPES-04952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 81020B KUBOTA		1	UN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0040	MTC-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L		1	UN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0050	REFPES-04934	FILTRO HIDRAULICO HXDA0-02630 - KUBOTA		2	UN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0060	MTC-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L		3	UN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0070	HATR-3351	FILTRO ABRE SECUNDARIO TRAC KUB M00 M5S		1	UN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0080	COM-08016	GASOIL 95		0.500	GLN L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			
0090	HATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL		1	KG L	1040	PB03	0090			Reserva para orden	0000			

Nota: Visualización de la orden de trabajo por mantenimiento PM2 con sus: actividades, mano de obra, materiales e insumos asignados.

Figura 33

Modelo de OTM paquete PM3

The image shows a software interface for creating a preventive maintenance order (PM3). It is divided into two main sections:

- Left Section: 'Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Cabecera central'**
 - Order ID: OM03 00000000001 (PM3) - PLAN MANTENIMIENTO
 - System: ABIE DMIV
 - Process: PROOC
 - Responsible: [Field]
 - Group: HG1 / PB03 (Gpo. Pla. Maq. Agr)
 - Supervisor: SUPERMAQ / PB03 (SUPERVISOR DE ...)
 - Start Date: 30.05.2024, Priority: 2-alto
 - End Date: 30.05.2024
 - Equipment: HFBP-PB03-MMT0-MA... (MAQUINARIA MEDIANA)
 - Tractor: 3000424 (TRACTOR AGRICOLA KUBOTA Nº 9)
 - Operation: (PM3) - PLAN MANTENIMIENTO
 - Activity: MOMAN
- Right Section: 'Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Resumen operaciones'**
 - Table of activities with columns: Op., SOP, PtoTrbo, Ext., Fechas, Dat.real, E., Tat.lrv.operación, Ampliación, Fact.ejec., Catil., Trabajo real, Trabajo, Un., C., Dur., Un, ClvC, ClAct, Destinatario, Puesto descarga, F..., Co..., Me..., Ubc.tic.
 - Table of components with columns: Dat.gral., Compras, Po..., Componente, Descripción, T..., Ctd.neces., UM, T., S., Alm., Ce., Op., Lote, Tpo.aprov., Po..., Destinatario, Puesto descarga, Ubc.destil.

Nota: Visualización de la orden de trabajo por mantenimiento PM3 con sus: actividades, mano de obra, materiales e insumos asignados.

Figura 34

Modelo de OTM paquete PM4

Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Cabecera central

Orden: OM03 000000000001 (PM4) - PLAN MANTENIMIENTO
 Est.sist.: ABIE DMTV PROC

Responsable
 Gpo.plan.: HG1 / PB03 Gpo. Pla. Maq. Agr.
 Rs.pto.tr.: SUPERMAQ / PB03 SUPERVISOR DE ...
 Responsable: []

Fechas
 Inic.extr.: 30.05.2024 Prioridad: 2-alto
 Fin extr.: 30.05.2024 Revisión: []

Objeto de referencia
 Ubic.téc.: HFBP-PB03-MMT0-MA... MAQUINARIA MEDIANA
 Equipo: 3000424 TRACTOR AGRICOLA KUBOTA Nº 9
 Conjunto: []

Primera operación
 Operación: (PM4) - PLAN MANTENIMIENTO Cív.cál.: Calcular duración
 PtoTrab/Ce: MANTIO1 / PB03 CívCtrl: PM01 Cl.activ.: MCOMAN MAF
 TrabInvert: [] H Cantidad: [] Dur.oper.: [] H Comp.:

Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Resumen operaciones

Op.	SOp	Pr.	Ext.	Fechas	Dat.real.	Ampliación	Fact.ejec.	Catál.	Trabajo real	Un	C...	Dur.	Un	CvCl	ClAct	Destinatario	Puesto descarga	F...	Co...	He...	Ubc.téc...	
0090	MANTIO1	PB03	PM01			(PM1) - PLAN MANTENIMIENTO			0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				
0100	MANTIO1	PB03	PM01			(PM2) - PLAN MANTENIMIENTO			0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				
0110	MANTIO1	PB03	PM01			(PM3) - PLAN MANTENIMIENTO			0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				
0120	MANTIO1	PB03	PM01			(PM4) - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				
0130	MANTIO1	PB03	PM01			(PM4) - SISTEMA MOTOR			0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				
0140	MANTIO1	PB03	PM01						0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				
0140	MANTIO1	PB03	PM01						0.000	H			H	Calcular dur...	MCOMAN			1				

Crear Orden de Mantenimiento Preventivo : Resumen de componentes

Dat.gral.	Compras	Componente	Descripción	T...	Ord.neces.	UN	T.	S.	Alm.	Ca.	Op.	Lote	Tpo.aprovicion.	Po...	Destinatario	Puesto descarga	Ubc.dest...
0010	LITR-00002	ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC			3	GLN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0020	REFRES-06935	FILTRO ACEITE W 9501 - 81010 B - KUBOTA			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0030	REFRES-06952	FILTRO COMBUSTIBLE W9501 810208 KUBOTA			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0040	MTCO-013	ACEITE CAT SAE 80W-90 X BALDE 19L			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0050	REFRES-06934	FILTRO HIDRAULICO H040-02630 - KUBOTA			2	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0060	MTCO-005	ACEITE MOBILFLUID 424 X BALDE X 19L			3	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0070	MATR-3350	FILTRO AIRE PRIMARIO TRAC KUB MOD M8540			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0080	MATR-3351	FILTRO AIRE SECUNDARIO TRAC KUB MOD M8540			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0090	MATR-3719	LIQUIDO DE FRENO DOT 4			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0100	MATR-00516	REFRIGERANTE COOLANT ELC X 5GL			1	LN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0110	COM-04094	GASOIL 95			0.500	GLN L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		
0120	MATR-00251	TRAPO INDUSTRIAL			1	KG L						1040 2903 0090	Resena para orden		0000		

Nota: Visualización de la orden de trabajo por mantenimiento PM4 con sus: actividades, mano de obra, materiales e insumos asignados.

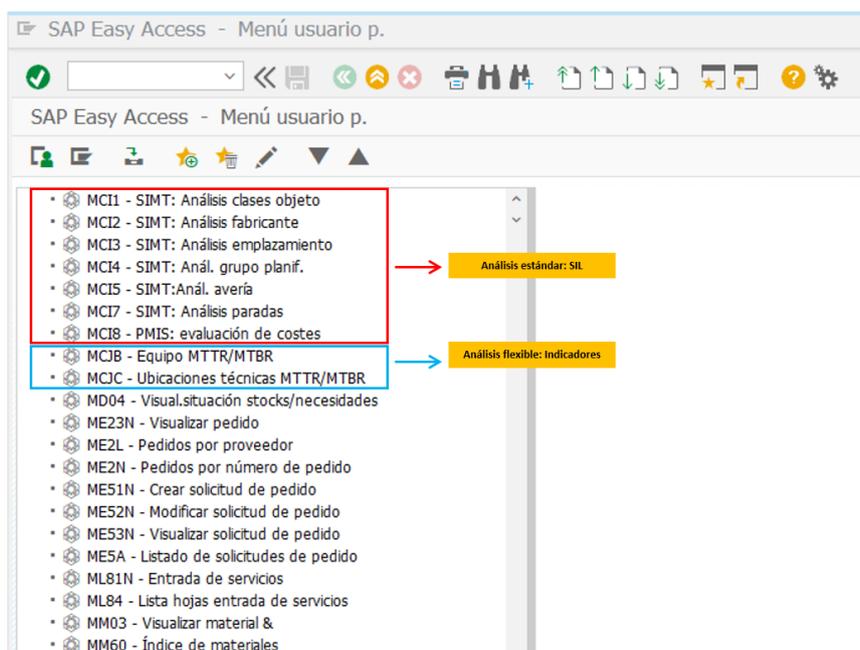
Análisis Estándar: Sistema De Información Logístico (SIL). Este tipo de análisis de gestión está compuesto por una serie de reportes predefinidos que por su amplia gama de selecciones, filtros y variantes de visualización se transforma en una amplia herramienta para soportar la gestión de mantenimiento.

Análisis Flexible: Reporte De Indicadores. Este tipo de análisis se aplica solo en paradas durante la operación (MC), registrando la hora de parada en el aviso por avería. En el análisis de indicadores es importante la documentación de puesta en servicio o puesta en operación cuando se crea el equipo (data maestra). Los indicadores aplican para equipos y ubicación técnica, son: MTTR y MTBF.

En mi proyecto de investigación el análisis estándar: SIL y el análisis flexible, reporte de indicadores, no se podría mostrar debido a que la propuesta del programa de mantenimiento no cuenta un historial de su aplicación, motivo por el cual el software SAP PM realiza el cálculo de sistema de información.

Figura 35

Análisis sistema de información



Nota: Transacciones para la supervisión y análisis del plan de mantenimiento.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se utilizó el análisis de criticidad total por riesgo a la población de nueve tractores Kubota M8540N para determinar el activo crítico, identificando al tractor N° 09 de la serie 66254 con un CTR en su sistema mecánico de 72 (criticidad muy alta), sistema eléctrico de 24 (criticidad alta) y sistema neumático de 72 (criticidad muy alta); posicionándose en una matriz como activo con muy alta criticidad con frecuencia de 3 y consecuencia de 56.

Se determinó los KPI's de desempeño: MTBF 16,9 hrs/falla, MTTF 18,67 hrs/falla y MTTR 1,77 hrs/falla y el KPI de gestión: disponibilidad de 45,3 %, muy debajo de los valores recomendados. El AMEF jerarquiza: 16 fallas de material, 10 fallas mecánicas, 4 fallas eléctricas y 3 fallas por influencia externa, con sus índices de prioridad de riesgo (NPR) de: 59 % a riesgo medio y 41 % a un riesgo bajo. Construyendo una matriz de criticidad con severidad: insignificante 5 %, marginal 45 %, crítico 40 % y catastrófico 10 %. Y ocurrencia: frecuente 5%, probable 15 %, ocasional 20 %, remota 35 % e improbable 25 %. La investigación plantea que la propuesta sea controlada desde el software SAP en su módulo PM, que asegura un mejor registro y planificación de las actividades.

Con los resultados obtenidos en el análisis de criticidad se elabora la propuesta de mantenimiento, con estrategia de jerarquía idéntica. Las tareas de mantenimiento se agrupan en 4 paquetes (PM1, PM2, PM3 y PM4), estimando materiales e insumos para su ejecución.

Se concluye con el costo de mantenimiento por paquetes: PM1 – 87,955 USD, PM2 – 583,705 USD, PM3 – 666,145 USD y PM4 – 762,285 USD. Conformando un total de 2 947,66 USD para un mantenimiento de 2 000 h. Imputado al equipo 3000430 en el SAP PM como PMMAQAGR-424 (PLAN MTTO MAQAGR KUBOTA N°9) con hoja de ruta 1119 grupo 3 y estrategia de mantenimiento EMHROL (EST.MNTTO. EN HORAS-OLMOS).

6.2. Recomendaciones

Se sugiere iniciar con la implementación del método de 5S (clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina) para mejorar la productividad y calidad en la gestión de mantenimiento del área de planificación y maquinaria, contribuyendo con la mejora continua.

Se recomienda a los futuros tesisistas investigar y proponer proyectos profundizando en las distintas metodologías de mantenimiento sea en el campo mecánico o eléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J., Torres, R., y Magaña, J. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Redalyc*, 25(1), 15-26. doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>
- Arvey, C. (2019) *Gestión de mantenimiento preventivo en el modulo de mantenimiento SAP R/3, para el equipo móvil de la cantera nobsa en la planta de cementos Holcim* [Tesis de titulación, Universidad Santo Tomas]. <http://hdl.handle.net/11634/21061>
- Asociación Española de Normalización 15341 (2020). *Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento*. Normalización Española, Editorial AENOR, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-en-15341-2020-a1-2023-n0071017>
- Asociación Española de Normalización 16646 (2015). *Mantenimiento en la gestión de los activos físicos*. Normalización Española, Editorial AENOR, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0055155>
- Asociación Española de Normalización y Comisión Electrotécnica Internacional 60812 (2018). *Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC)*. Normalización Española, Editorial AENOR, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060715>
- Astudillo, R., y Criollo, S. (2022) *Análisis del modo y efecto de fallo (AMEF) para la empresa TEDASA S.A* [Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23477>

- Briones, Y., (2023) *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 980L en la empresa MUR-WY S.A.C. - Proyecto Cerro Corona* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10958>
- Condori, M., y Hurtado, A. (2020) *Aplicación de la metodología AMEF para disminuir los costos de mantenimiento en una planta de bloques de concreto en el año 2019* [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/25521>
- Fernández, E. (2018) *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance* y [Tesis de maestría, Universidad de Oviedo]. <http://hdl.handle.net/10651/47868>
- Gándara, F. (2014). Herramientas de calidad y el trabajo en equipo para disminuir la reprobación escolar. *Redalyc*, 48(1), 17-24. doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94432996003>
- Hortifrut. (2020). *Berries con personalidad única*. <https://www.hortifrut.com/es/>
- Linder, A. (2017) *El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Emtrafesa SAC* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/9488>
- Lema, S. (2019). Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), 64-75. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/64-75>
- Matas, A. (2018) *Desarrollo y puesta en marcha del mantenimiento preventivo, mediante SAP PM, en una empresa de distribución de productos farmacéuticos* [Tesis de titulación, Universidad de Sevilla]. <https://es.scribd.com/document/410789238/PFC-5863-MATAS-pdf>

- Martínez, G. (2023) *Sistema de gestión basado en la metodología del RCM para mejorar la disponibilidad de los equipos mecánicos de la línea de producción de barras de construcción N°1 de SIDERPERU, provincia del Santa, departamento de Ancash* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/11445>
- Mendoza, E. (2022) *Implementación de SAP PM para la gestión de mantenimiento del sistema de transmisión eléctrica CONENHUA* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18634>
- Organización Internacional de Normalización ISO 14224 (2016). *Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural – Recolección e intercambio de data de confiabilidad y mantenimiento para equipos*. Estándar Internacional, Editorial AENOR, <https://www.iso.org/standard/64076.html>
- Perez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Universidad Santo Tomás.
- Rivera, S. (2022) *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los generadores del Hotel & Casino Win Meier – Chiclayo* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10812>
- Riascos, R., y Giraldo, M. (2018) *Mantenimiento mayor y parada de planta soportada en el módulo PM de SAP* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18738>
- Rojas, A. (2019) *Implementación de indicadores de mantenimiento a través de herramientas BI para una empresa de gestión del ciclo integral del agua* [Tesis de maestría, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/100231/TFM-1565-ROJAS%20SANCHEZ.pdf?sequence=1>

- Ulloa, E. (2022) *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la gestión de activos, mediante la utilización de la norma une en 16646:2015 para la maquinaria de la fábrica FORTECALZA NEW GENERATION ubicada en la ciudad de Ambato* [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/35216>
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas*, 19(1), 25-37, doi:
<http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v19i1.1219>

ANEXOS

ANEXO I. Matriz del proyecto de investigación

ANEXO II. Flujograma del análisis de modos y efectos de falla

ANEXO III. Clasificación de mantenimiento EN 13306: 2017

ANEXO IV. Taxonomía de los equipos ISO 14224:2016

ANEXO V. Mecanismos de falla ISO 14224:2016

ANEXO VI. Causas de falla ISO 14224:2016

ANEXO VII. Método de detección ISO 14224:2016

ANEXO VIII. Actividad de mantenimiento ISO 14224:2016

ANEXO IX. Transacciones de SAP PM

ANEXO X. Estrategias de mantenimiento

ANEXO XI. Flujograma de programación de mantenimiento

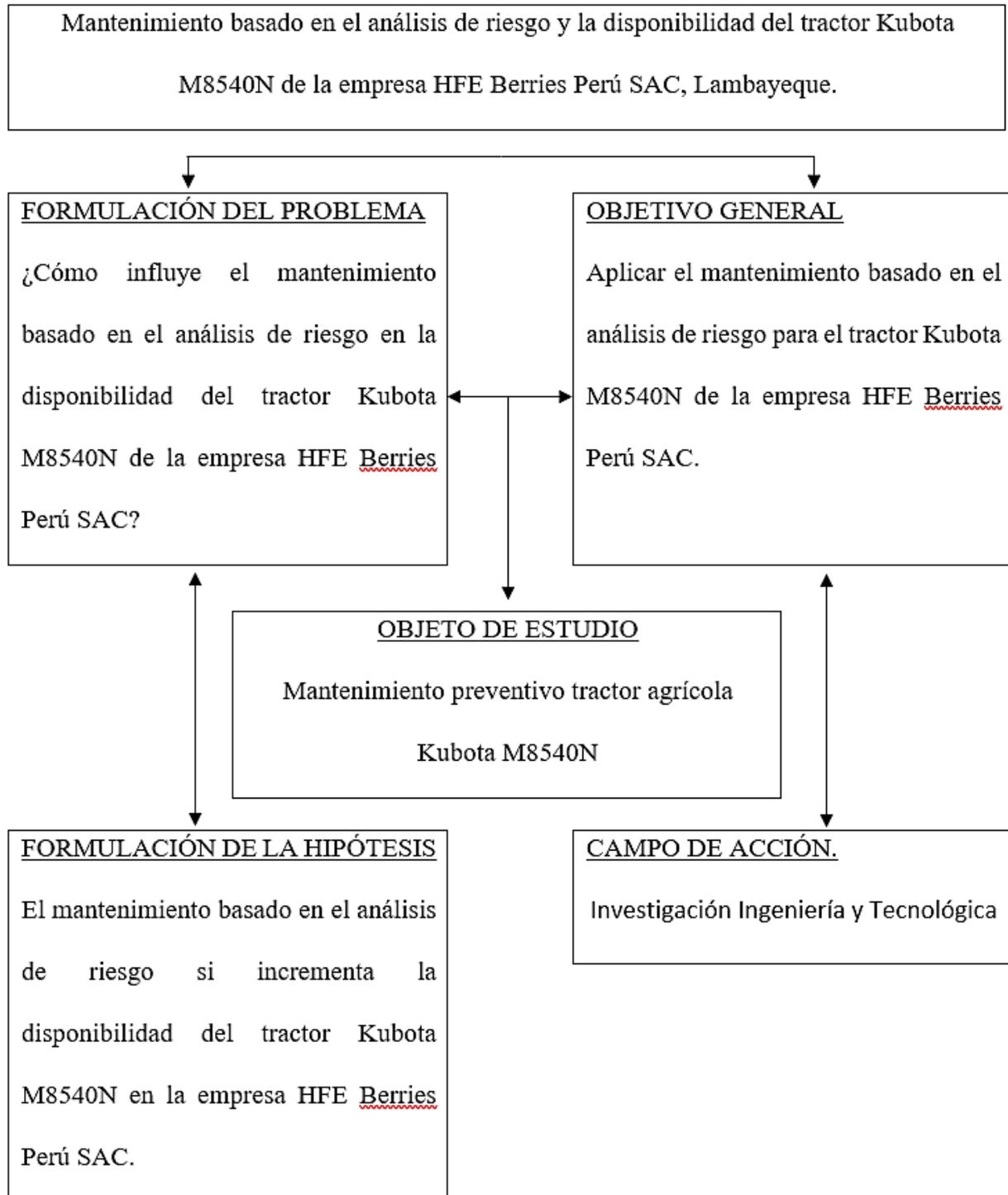
ANEXO XII. Formato Check List de inspección del tractor agrícola

ANEXO XIII. Formato control de maquinaria en sus labores agrícolas

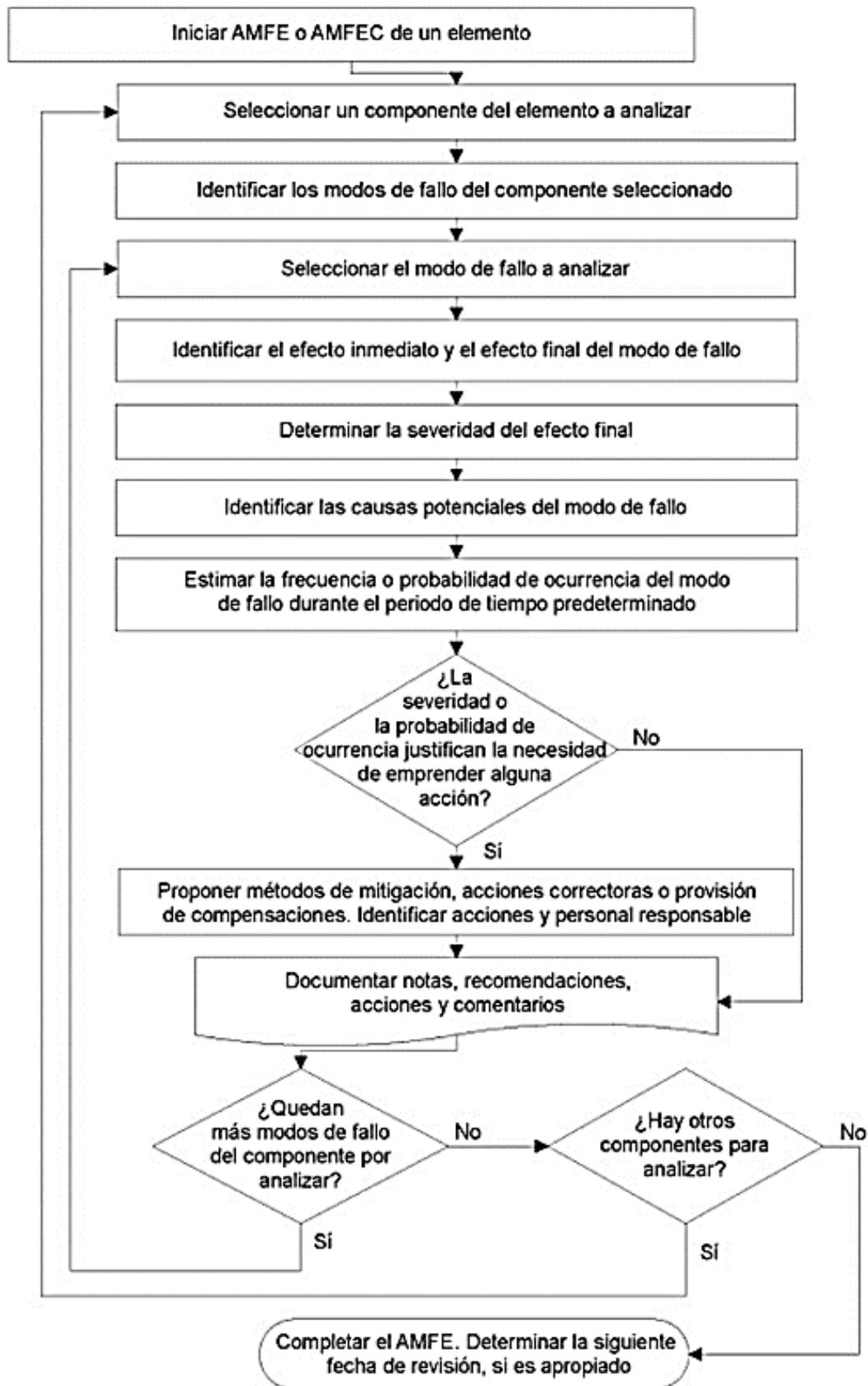
ANEXO XIV. Especificaciones técnicas del Kubota M8540N

ANEXO XV. Evidencia de los mantenimientos preventivos

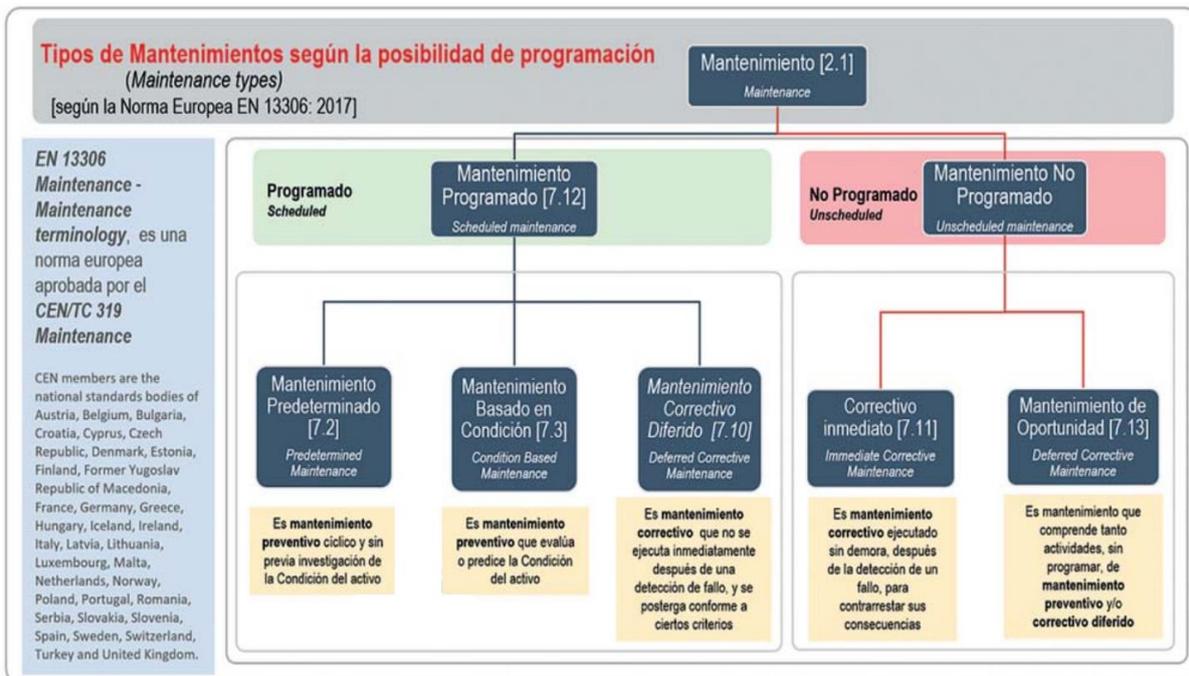
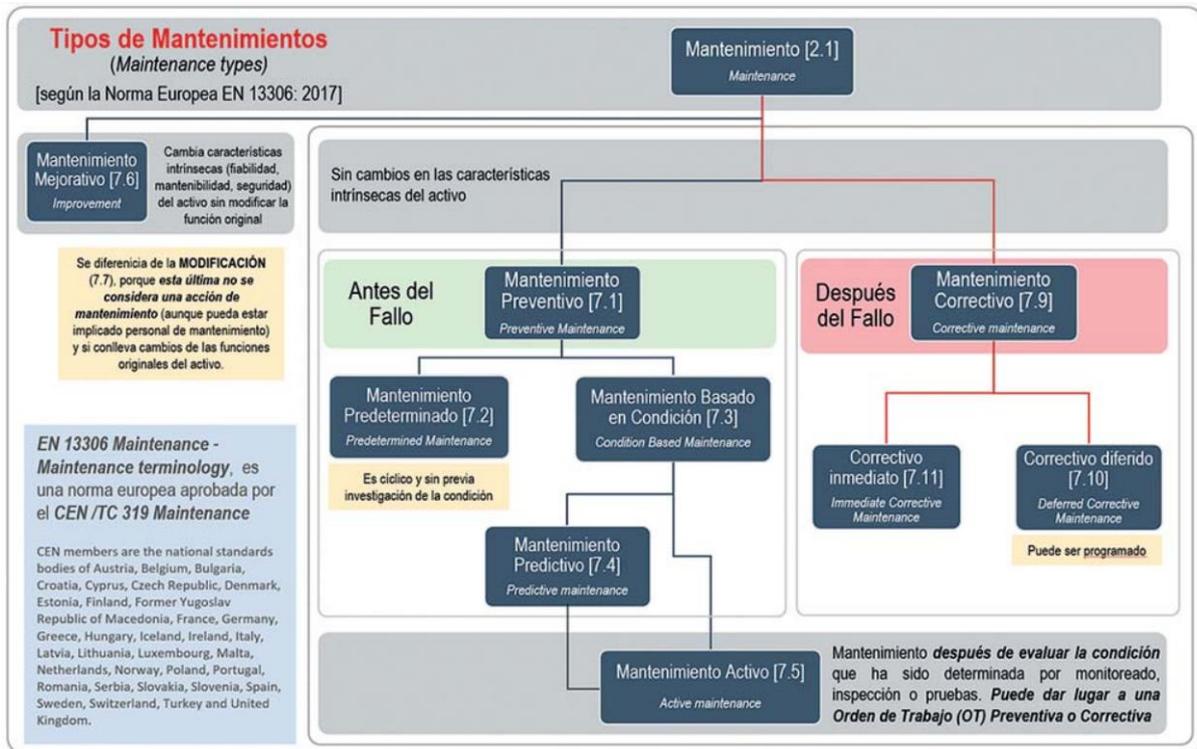
ANEXO I. Matriz del proyecto de investigación



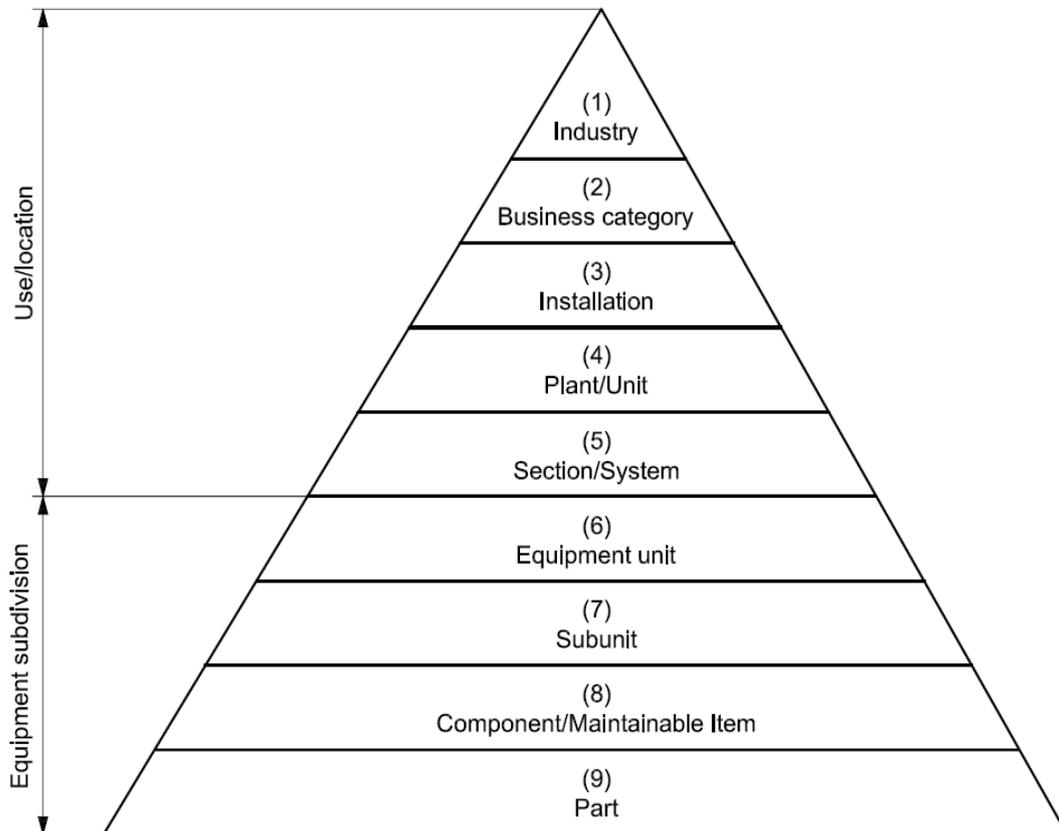
ANEXO II. Flujograma del análisis de modos y efectos de falla



ANEXO III. Clasificación de mantenimiento EN 13306: 2017



ANEXO IV. Taxonomía de los equipos ISO 14224:2016



Categoría principal	Taxonómico	Nivel	Jerarquía de taxonomía
Datos de uso/ubicación	1	Industria	Tipo de industria principal
	2	Categoría de negocios	Tipo de negocio o flujo de procesamiento
	3	Categoría de instalación	Tipo de instalación
	4	Categoría de planta/unidad	Tipo de planta/unidad
	5	Sección/ Sistema	Sección principal/sistema de la planta
Subdivisión de equipos	6	Clase/unidad de equipo	Clase de unidades de equipo similares. Cada clase de equipo contiene unidades de equipo comparables
	7	Subunidad	Un subsistema necesario para que la unidad de equipo funcione
	8	Componente/Artículo mantenible (MI)	El grupo de partes de la unidad de equipo que son comúnmente mantenidas (reparado/restaurado) en su totalidad
	9	Parte	Un solo equipo

ANEXO V. Mecanismos de falla ISO 14224:2016

Mecanismo de falla		Subdivisión del mecanismo falla		Descripción del mecanismo de falla
Código	Notación	Código	Notación	
1	Falla Mecánica	1.0	General	Una falla relacionada con algún defecto mecánico, pero donde no se conocen más detalles.
		1.1	Fugas	Fugas externas e internas, ya sean líquidos o gases: Si el modo de falla a nivel de unidad de equipo se codifica como "fuga", un mecanismo de falla más orientado causalmente debe utilizarse siempre que sea posible.
		1.2	Vibración	Vibración anormal: si el modo de falla en el equipo nivel es "vibración", que es un más orientado causalmente mecanismo de falla, la causa de la falla (causa raíz) debe registrarse siempre que sea posible.
		1.3	Liquidación	Fallo causado por una holgura o alineación defectuosa
		1.4	Deformación	Distorsión, flexión, pandeo, abolladura, fluencia, contracción, ampollas, reptantes, etc.
		1.5	Soltura	Desconexión, elementos sueltos
		1.6	Pegado	Pegado, agarrotamiento, atascamiento debido a razones distintas a la deformación o fallas de juego/alineación
2	Falla de Materiales	2.0	General	Una falla relacionada con un defecto material pero no se conocen más detalles
		2.1	Cavitación	Relevante para equipos como bombas y válvulas
		2.2	Corrosión	Todo tipo de corrosión, tanto húmeda (electroquímica) como seca (química)
		2.3	Erosión	Desgaste por erosión
		2.4	Desgaste	Desgaste abrasivo y adhesivo, rayado, excoiación, rozamiento, rozamiento
		2.5	Rotura	Fractura, brecha, fisura
		2.6	Fatiga	Si la causa de la rotura puede atribuirse a la fatiga, debería usar este código.
		2.7	Sobre calentamiento	Daños materiales por sobrecalentamiento/quemado
2.8	Explosión	Objeto reventado, volado, explotado, implosionado, etc.		
3	Fallo del instrumento	3.0	General	Falla relacionada con la instrumentación, pero no se conocen detalles
		3.1	Fallo de control	Regulación nula o defectuosa

		3.2	Sin señal/indicación/alarma	Sin señal/indicación/alarma cuando se esperaba
		3.3	Señal/indicación/alarma defectuosa	La señal/indicación/alarma es incorrecta en relación con el proceso real. Puede ser espuria, intermitente, oscilante, arbitraria
		3.4	Fuera de ajuste	Error de calibración, desviación de parámetros
		3.5	Error de software	Control/supervisión/funcionamiento defectuoso o inexistente debido a un error de software
		3.6	Fallo de causa común/modo común	Varios elementos del instrumento fallaron simultáneamente
4	Falla eléctrica	4.0	Generalidades	Fallas relacionadas con el suministro y transmisión de energía eléctrica, pero de las que no se conocen más detalles
		4.1	Cortocircuito	Cortocircuito
		4.2	Circuito abierto	Desconexión, interrupción, hilo/cable roto
		4.3	Sin energía/voltaje	Fuente de alimentación eléctrica faltante o insuficiente
		4.4	Alimentación/tensión defectuosa	Alimentación eléctrica defectuosa, sobretensión
		4.5	Fallo de tierra/aislamiento	Defecto a tierra, baja resistencia eléctrica
5	Influencia externa	5.0	Generalidades	Falla causada por algunos eventos externos o sustancias fuera del límite, pero no se conocen más detalles
		5.1	Bloqueo/taponado	Flujo restringido/bloqueado debido a incrustaciones, contaminación, formación de hielo, garantía de flujo (hidratos), etc.
		5.2	Contaminación	Fluido/gas/superficie contaminados, aceite lubricante contaminado, cabezal del detector de gas contaminado
		5.3	Diversas influencias externas	Objetos extraños, impactos, influencia ambiental de sistemas vecinos
6	Varios	6.0	Generalidades	Mecanismo de falla que no cae en una de las categorías enumeradas anteriormente
		6.1	No se encontró la causa	Fallo investigado, pero causa no revelada o demasiado incierta
		6.2	Causas combinadas	Varias causas: Si hay una causa predominante, se debe codificar.
		6.3	Otros	Sin código aplicable: use texto libre
		6.4	Desconocido	No hay información disponible

ANEXO VI. Causas de falla ISO 14224:2016

Código	Notación	Subdivisión de código	Subdivisión de la causa del fallo	Descripción de la causa de la falla
1	Causas relacionadas con el diseño	1.0	Generales	Diseño o configuración inadecuados del equipo (forma, tamaño, tecnología, configuración, operabilidad, mantenibilidad, etc.), pero no se conocen más detalles
		1.1	Capacidad inadecuada	Dimensionamiento/capacidad inadecuados
		1.2	Material inadecuado	Selección inadecuada de materiales
2	Causas relacionadas con la fabricación/instalación	2.0	Generales	Falla relacionada con la fabricación o instalación, pero no se conocen más detalles
		2.1	Fallo de fabricación	Falla de fabricación o procesamiento
		2.2	Fallo de instalación	Fallo de instalación o montaje (montaje después del mantenimiento no incluido)
3	Falla relacionada con la operación/mantenimiento	3.0	Generalidades	Falla relacionada con la operación/uso o mantenimiento del equipo, pero no se conocen más detalles
		3.1	Servicio fuera de diseño	Condiciones de servicio fuera de diseño o no previstas, funcionamiento del compresor fuera de la envolvente, presión por encima de la especificación, etc.
		3.2	Error de funcionamiento	Error humano: error, mal uso, negligencia, descuidos, etc. durante la operación (por ejemplo, debido a la fatiga humana)
		3.3	Error de mantenimiento	Error humano: error, mal uso, negligencia, descuidos, etc. durante el mantenimiento (por ejemplo, debido a la fatiga humana)
		3.4	Desgaste esperado	Falla causada por el uso y desgaste que resulta de la operación normal de la unidad del equipo
4	Fallo relacionado con la gestión	4.0	Generalidades	Fallo relacionado con problemas de gestión, pero no se conocen más detalles
		4.1	Error de documentación	Error humano: falla relacionada con los procedimientos, especificaciones, dibujos, informes, etc. (por ejemplo, debido a la fatiga humana)
		4.2	Error de gestión	Fallo relacionado con la planificación, organización, aseguramiento de la calidad, etc.
5	Varios	5.0	Varios - general	Causas que no entran en ninguna de las categorías enumeradas anteriormente
		5.1	No se encontró la causa	Se investigó la falla, pero no se encontró una causa específica
		5.2	Causa común	Causa/modo común
		5.3	Causas combinadas	Varias causas están actuando simultáneamente. Si una causa es predominante, esta causa debe ser resaltada
		5.4	Otra unidad/fallo en cascada	Fallo causado por el fallo de otra unidad de equipo, subunidad o elemento mantenible (fallo en cascada)
		5.5	Otros	Ninguno de los códigos anteriores aplica. Especificar la causa como texto libre
		5.6	Desconocido	No hay información disponible relacionada con la causa de la falla

ANEXO VII. Método de detección ISO 14224:2016

Número	Notación	Descripción	Actividad
1	Mantenimiento periódico	Falla descubierta durante el servicio preventivo, reemplazo o revisión de un artículo al ejecutar el programa de mantenimiento preventivo	Actividades programadas
2	Pruebas funcionales	Fallo descubierto al activar una función prevista y comparar la respuesta con un estándar predefinido. Este es un método típico para detectar fallas ocultas.	
3	Inspección	Falla descubierta durante la inspección planificada, inspección visual, prueba no destructiva	
4	Monitoreo periódico de la condición	Fallos revelados durante una condición planificada y programada monitoreo de un modo de falla predefinido, ya sea manual o automáticamente, termografía, medición de vibraciones, aceite análisis, muestreo	
5	Prueba de presión	Fallo observado durante la prueba de presión	
6	Monitoreo continuo de condiciones	Fallas reveladas durante un monitoreo continuo de la condición de un modo de falla predefinido	Monitoreo continuo
7	Interferencia de producción	Fallo descubierto por alteración de la producción, reducción, etc.	
8	Observación casual	Observación casual durante controles de rutina o casuales del operador, principalmente por los sentidos (ruido, olor, humo, fugas, apariencia, etc.)	Ocurrencias casuales
9	Mantenimiento correctivo	Falla observada durante el mantenimiento correctivo	
10	Bajo demanda	Fallo descubierto durante un intento bajo demanda de activar una unidad de equipo (por ejemplo, la válvula de seguridad no se cierra con la señal de ESD, no puede arrancar una turbina de gas bajo demanda, etc.)	
11	Otros	Otro método de observación y/o combinación de varios métodos	Otros

ANEXO VIII. Actividad de mantenimiento ISO 14224:2016

Número	Actividad	Descripción	Ejemplos	Usar
1	Reemplazar	Reemplazo del artículo por uno nuevo o reacondicionado del mismo tipo y marca	Sustitución de un rodamiento desgastado	C, P
2	Reparar	Acción de mantenimiento manual realizada para restaurar un elemento a su apariencia o estado original	Reempacar, soldar, enchufar, reconectar, rehacer, etc.	C
3	Modificar	Reemplazar, renovar o cambiar el artículo, o una parte del mismo, con un artículo/parte de un tipo, marca, material o diseño diferente	Instale un filtro con un diámetro de malla más pequeño, reemplace una bomba de aceite de lubricación con otro tipo, reconfiguración, etc.	C, P
4	Ajustar	Llevar cualquier condición fuera de tolerancia a tolerancia	Alinear, configurar y restablecer, calibrar, equilibrar	C, P
5	Repararse	Actividad menor de reparación/servicio para devolver un artículo a una apariencia aceptable, interna y externa	Pulir, limpiar, esmerilar, pintar, recubrir, lubricar, cambiar el aceite, etc.	C, P
6	Controlar	Se investiga la causa de la falla, pero no se realiza ninguna acción de mantenimiento o se aplaza la acción. Capaz de recuperar la función mediante acciones simples, reinicio o reinicio.	Reiniciar, restablecer, sin acción de mantenimiento, etc. Particularmente relevante para fallas funcionales, detectores de fuego y gas, equipos submarinos	C
7	Servicio	Tareas de servicio periódicas: normalmente no hay desmontaje del artículo.	Limpieza, reposición de consumibles, ajustes y calibraciones	P
8	Prueba	Prueba periódica de función o rendimiento.	Prueba de funcionamiento del detector de gas, prueba de precisión del medidor de flujo	P
9	Inspección	Inspección/comprobación periódica: un escrutinio cuidadoso de un artículo llevado a cabo con o sin desmontaje, normalmente mediante el uso de los sentidos	Todo tipo de control general. Incluye mantenimiento menor como parte de la tarea de inspección.	P
10	Overhaul	Grandes reparaciones	Inspección/revisión integral con desmontaje extenso y reemplazo de elementos según lo especificado o requerido	C, P
11	Combinación	Varias de las actividades anteriores están incluidas.	Si una actividad domina, esta alternativamente puede ser registrada	C, P
12	Otros	Actividad de mantenimiento distinta a la especificada anteriormente	Actividades de protección	C, P

ANEXO IX. Transacciones de SAP PM

Datos maestros de mantenimiento

SAP PM Mantenimiento de Planta	
DM 1. Puestos de Trabajo	
Tx	Descripción Transacción SAP
IR01	Crear
IR02	Modificar
IR03	Visualizar
CR05	Tratamiento de Lista - Visualizar
CR06	Asignación puesto trabajo a centro coste
DM 2. Ubicación Técnica	
Tx	Descripción Transacción SAP
IL01	Crear
IL02	Modificar
IL03	Visualizar
IL04	Tratamiento de lista - Crear
IL05	Tratamiento de lista - Modificar
IH06	Tratamiento de lista - Visualizar
IL11	Crear ubicación técnica de referencia
IH01	Representación estructura
IL07	Visualizar varios niveles
DM 3. Equipos	
Tx	Descripción Transacción SAP
IE01	Crear
IE02	Modificar
IE03	Visualizar
IE10	Tratamiento de lista - Crear
IE05	Tratamiento de lista - Modificar
IH08	Tratamiento de lista - Visualizar
IE07	Visualizar varios niveles
IH03	Representación estructura
DM 4. Clases y Características	
Tx	Descripción Transacción SAP
CL02	Creación / Modificación / Visualización de Clases
CT04	Creación / Modificación / Visualización de Características
DM 5. Puntos de medida y Contadores	
Tx	Descripción Transacción SAP
IK01	Crear punto de medida
IK02	Modificar punto de medida
IK03	Visualizar punto de medida
IK07	Visualizar puntos de medida
IK08	Modificar puntos de medida
IK11	Crear documento de medida
IK12	Modificar documento de medición
IK13	Visualizar documento de medición
IK22	Entrada de colectiva documento medición
IK18	Modificar documento de medición
IK17	Visualizar documento de medición
DM 6. Lista de Materiales	
Tx	Descripción Transacción SAP
IB01	Crear lista material para equipos
IB02	Modificar lista material para equipo
IB03	Visualizar lista material para equipo
IB11	Crear lista material ubicación técnica
IB12	Modificar lista material ubicación
IB13	Visualizar lista material ubicación técnica
CS01	Crear lista de material para material
CS02	Modificar lista de material para material
CS03	Visualizar lista de material para material
IH05	Representación estructura
CS15	Utilización de material
DM 7. Catálogo	
Tx	Descripción Transacción SAP
QS41	Tratar catálogo
QS42	Visualizar catálogo

Gestión de avisos de mantenimiento

SAP PM Mantenimiento de Planta	
DM 1. Creación de orden desde aviso	
Tx	Descripción Transacción SAP
IW21	Crear aviso
IW22	Modificar aviso
IW23	Visualizar aviso
IW28	Tratamiento de Lista - Modificar
IW29	Tratamiento de lista - Visualizar
IW30	Visualizar varios niveles
IW68	Lista posiciones - Modificar
IW69	Lista posiciones - Visualizar
IW66	Modificar medidas
IW67	Visualizar medidas
IW64	Modificar actividades
IW65	Visualizar actividades
QS41	Catálogos

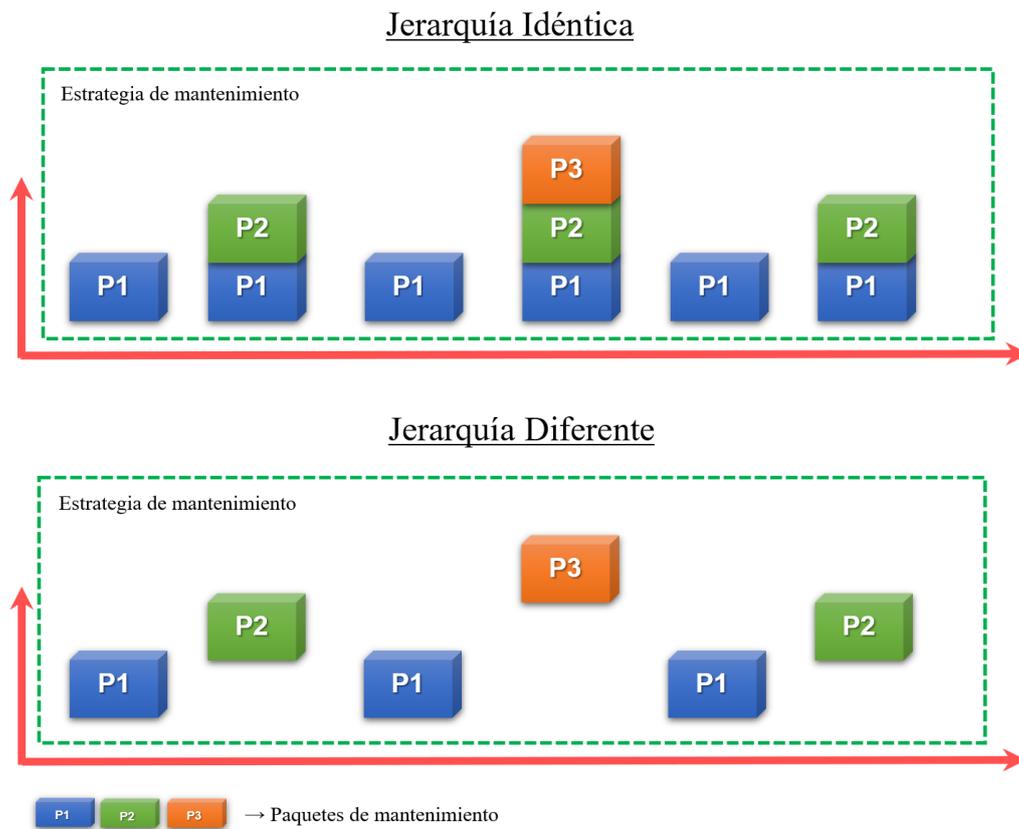
Gestión de órdenes de Mantenimiento

SAP PM Mantenimiento de Planta	
DM 1. Creación de orden de mantenimiento	
Tx	Descripción Transacción SAP
IW31	Crear Orden
IW32	Modificar Orden
IW33	Visualizar Orden
IW3D	Imprimir Orden
IW38	Lista Órdenes - Modificar
IW39	Lista Órdenes - Visualizar
IW37N	Lista Operaciones - Modificar
IW49N	Lista Operaciones - Visualizar
IW41	Entrar notificación de órdenes - MT
IW42	Notificación global
IW43	Visualizar notificación órdenes - MT
IW44	Notificación colectiva órdenes - MT
IW48	Notificar mediante lista - operaciones
IW47	Lista de notificaciones
IW45	Anular notificación de órdenes - MT

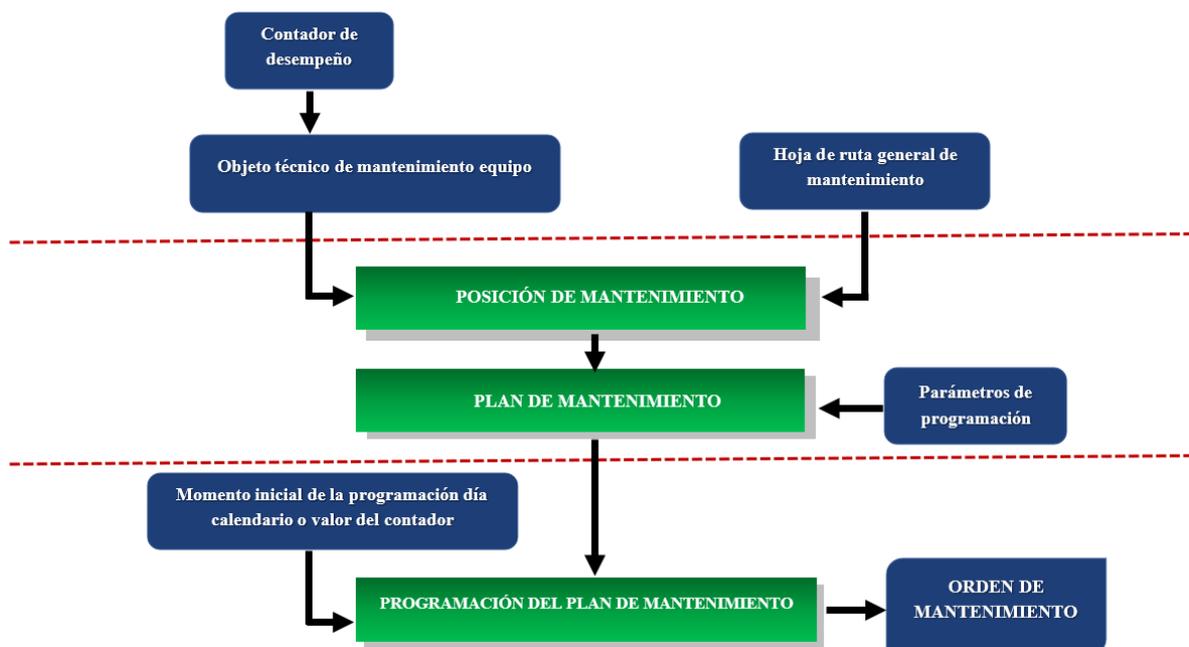
Mantenimiento preventivo o planificado

SAP S/4 HANA PM Mantenimiento de Planta	
DM 1. Estrategias de Mantenimiento	
Tx	Descripción Transacción SAP
IP11	Actualizar estrategia de mantenimiento
IP12	Visualizar estrategia de mantenimiento
IP13	Visualizar la secuencia de paquetes
IP14	Referencia de utilización de la estrategia
DM 2. Hojas de Ruta	
Tx	Descripción Transacción SAP
IA11	Crear Hoja de Ruta de Ubicación Técnica
IA12	Modificar Hoja de Ruta de Ubicación Técnica
IA13	Visualizar Hoja de Ruta de Ubicación Técnica
IA01	Crear Hoja de Ruta de Equipo
IA02	Modificar Hoja de Ruta de Equipo
IA03	Visualizar Hoja de Ruta de Equipo
IA05	Crear Hoja de Ruta de Instrucción
IA06	Modificar Hoja de Ruta de Instrucción
IA07	Visualizar Hoja de Ruta de Instrucción
IA08	Tratamiento de lista - Modificar Hoja de Ruta
IA09	Tratamiento de lista - Visualizar Hoja de Ruta
IA10	Visualizar varios niveles de Hoja de Ruta
DM 3. Plan de Mantenimiento	
Tx	Descripción Transacción SAP
IP41	Crear Plan Ciclo Individual
IP42	Crear Plan Estrategia
IP43	Crear Plan Múltiple
IP02	Modificar Plan mantenimiento
IP03	Visualizar Plan mantenimiento
IP15	Lista de Planes - Modificar
IP16	Lista de Planes - Visualizar
IP04	Crear Posición de mantenimiento
IP05	Modificar Posición de mantenimiento
IP06	Visualizar Posición de mantenimiento
IP17	Lista de Posiciones de mantenimiento - Modificar
IP18	Lista de Posiciones de mantenimiento - Visualizar
DM 4. Documentos de Medición	
Tx	Descripción Transacción SAP
IK11	Crear documento de medida
IK12	Modificar documento de medida
IK13	Visualizar documento de medida
IK22	Entrada colectiva documento medición
IK18	Modificar documentos de medición
IK17	Visualizar documentos de medición
DM 5. Programación de Planes de Mantenimiento	
Tx	Descripción Transacción SAP
IP10	Planificación fechas planes mantenimiento prevent
IP30	Supervisión plazos
IP31	Cálculo costes plan mantenimiento
IP19	Resumen gráfico programación
IP24	Lista Resumen de programación (detalle de tomas

ANEXO X. Estrategias de mantenimiento



ANEXO XI. Flujoograma de programación de mantenimiento



ANEXO XII. Formato Check List de inspección del tractor agrícola

	FORMATO CHECK LIST DE INSPECCIÓN DE TRACTOR AGRÍCOLA	Código: MA-FO-009 Versión: 001 Vigencia: 25/02/2020 Página: 1 de 1
---	---	---

EQUIPO				
MODELO				
SERIE				
HOROMETRO	ENTRADA		SALIDA	

EFECTUADO EL SERVICIO:	CORRECTIVO	PREVENTIVO
------------------------	------------	------------

NIVELES DE FLUIDOS (MÍNIMO (MIN) MAXIMO (MAX))			
ACEITE DE MOTOR			
ACEITE HIDRAULICO			
REFRIGERANTE			

LUCES: BIEN (✓) MAL (X)		IZQ	DER	CANT.	
LUCES ALTA Y BAJA					
FOCO PIRATA					
INTERMITENTES					
OTROS					
SISTEMA DE VENTILACIÓN	OK	RE	MAL	FA	CANT.
FAJA DE VENTILADOR					
VENTILADOR					
RADIADOR					
DEPOSITO DE AGUA					
SISTEMA HIDRÁULICO	OK	RE	MAL	FA	CANT.
ENFRIADOR DE ACEITE					
CILINDROS HIDRÁULICOS					
MANGUERAS HIDRÁULICAS					
ACOPLES RÁPIDOS					
ADAPTADORES HIDRÁULICOS					
OTROS					
SISTEMA DE ENGANCHE	OK	RE	MAL	FA	CANT.
BARRA DE TIRO					
PIN DE ENGANCHE					
TRES PUNTOS					
CINTURON DE SEGURIDAD					
ESTADO DE ASIENTO					
PORTICO					
APERO PROTECTOR DE TDF					
TAPA PROTECTOR DE EJE PTO (TDF)					
ESTADO GENERAL DE PINTURA					
CHASIS Y ESTRUCTURA					
ESPEJO					
OTROS					

RESPONSABLE DE INSPECCIÓN		
OPERADOR		
LUGAR		
FECHA		
TURNO	DIA	NOCHE

PRESENCIA DE FUGAS	NO	SI	CANT.
ACEITE DE MOTOR			
ACEITE HIDRÁULICO			
REFRIGERANTE			

CABLEADOS Y FUSIBLES	OK	RE	MAL	FA	CANT.
CABLEADO					
FUSIBLES					
TABLERO					
OTROS					
SISTEMA DE ARRANQUE	OK	RE	MAL	FA	CANT.
BATERIA					
ALTERNADOR					
ARRANCADOR					
MICAS - FAROS	OK	RE	MAL	FA	CANT.
MICA DERECHA					
MICA IZQUIERDA					
INTERMITENTES DERECHOS					
INTERMITENTES IZQUIERDOS					
OTROS SISTEMAS DE EQUIPO	OK	RE	MAL	FA	CANT.
LASTRADO					
PESAS DELANTERAS					
EXTINGUIDOR					
PUNTOS DE ENGRASE					
ESTADO DE NEUMÁTICOS	OK	RE	MAL	FA	CANT.
LLANTAS DELANTERAS					
LLANTAS POSTERIORES					

LEYENDA	OK	CORRECTO	MAL	MALO
CANT. CANTIDAD	RE	REGULAR	FA	FALTANTE

VALIDACIONES

- 1.- Supervisor de maquinaria, al firmar el presente Check List de inspección de TRACTOR AGRICOLA, valida que cada uno de los ítems consagrados en el formulario es fiel a la realidad, teniendo en presente documento tras su firma la calidad de declaración jurada del estado de maquinaria entregada a su custodia por el Operador Saliente. De encontrar observaciones al funcionamiento de la maquina o el estado de la maquina entregada por el Supervisor de Maquinaria, se deberá proceder con el retiro del equipo de la operación, para su correspondiente mantenimiento, bajo la responsabilidad civil y penal que la comisión a esta obligación pueda generar.
- 2.- El Operador Saliente, con su firma de check list valida y hace suyos cada uno de los ítems reparados por el Supervisor de Maquinaria, teniendo al presente documento tras su firma tras la calidad de declaración jurada del estado de la maquinaria que hace entrega el Supervisor de Maquinaria.
- 3.-El operador Entrante, tiene la obligación de hacer nota en la sección de observaciones cada disconformidad que pueda encontrar comprobando la información declarada por el Supervisor de Maquinaria y el Operador Saliente en el Check List. De no consignar dicha observación y proceder con la firma y retiro del equipo (tractor agrícola), valida y hace suyos cada uno de los ítems reparados por el Supervisor de Maquinaria, teniendo el presente documento tras su firma de calidad de declaración jurada del estado de la maquinaria que hace entrega el Supervisor de Maquinaria.

OBSERVACIONES:

JEFE DE MAQUINARIA

NOMBRE:
DNI:

OPERADOR SALIENTE

NOMBRE:
DNI:

OPERADOR ENTRANTE

NOMBRE:
DNI:

NOTA: Con su firma el presente documento es muestra de verificación de la maquinaria de la empresa. LO CUAL ES EXTRACTAMENTE OLIGATORIO REALIZAR EL CHECK LIST, caso contrario se suspenderá de su labor.

ANEXO XIII. Formato control de maquinaria en sus labores agrícolas

	FORMATO	Código: MA-FO-011 Versión: 001 Vigencia: 01/02/2024 Página: 1 de 1
	CONTROL DE MAQUINARIA	

FECHA: _____ TURNO: _____
 NOMBRE OPERADOR: _____
 MAQUINA: _____
 IMPLEMENTO: _____

CONTROL DIARIO					
HORA		HOROMETRO		COMBUSTIBLE	
INICIO	FIN	INICIO	TERMINO	PETROLEO (GL)	ACEITE (GL)

DETALLE								
LABOR	SECTOR	HOROMETRO INICIO	HOROMETRO FIN	IMPLEMENTO	AVANCE	UND. AVANCE (ha, ml, m3, etc)	NOMBRE ENCARGADO	FIRMA ENCARGADO

NOMENCLATURA		
SECTOR	TR: TRACTOR	APLANADO DE CALLES DESPUES DE PLANTADO
O1E1	AZ: AZUFRADORA	APLICACION EN DRENCH
O1E2	CR : CARRETA	APLICACION FITOSANITARIA
O2E1	CV: CARRETA VERDE	CARGA/DESCARGA DE PLANTIN
O2E2	CVP: CARRETA MELAZA	CARGUIO DE EQUIPOS DE COSECHA
O3E1 (OM)	CST: CISTERNA	CARGUIO DE PLANTAS - ACARREOS
O3E1 (OS)	DB: DESBROZADORA	CARGUIO DE RESIDUOS VEGETALES
O3E2 (OM)	LA: LAMPON	CARGUIO EN VIVERO
O3E2 (OS)	LE: LETRINA	CARGUIO VARIOS - MAQUINARIA
VIVERO HFE	ML: MOLINO ROJO	COLADO DE ARENA
VIVERO SERVICIOS	NB: NEBULIZADORA	CONTROL DE MALEZA ENTRE HILERA (RANA)
CAMINOS	PD: POLIDOSER	DISTRIBUCION DE AGUA PARA MELAZA
	PO: PODADORA	DISTRIBUCION DE LETRINAS
	RA: RASTRA	ELIMINACION DE MALEZA MECANIZADA
	RO: RODILLO	INYECCION A TRAVES DE VALVULA
	RU: RUFA	LAVADO DE LETRINAS
	SU: SUBSOLADOR	MANTENIMIENTO DE LETRINAS
	TP: TROMPO	MOLIDO DE CORTEZA
	TT: TRITURADORA	PINCH MECANICO
		PODA MECANICA
		REPODA MECANICA
		CARGUIO DE PLANTAS - PREPARACION DE TERRENO
		RIEGO/NIVELACION DE CAMINOS
		TRITURADO DE BROZA

OBSERVACION:

 FIRMA OPERADOR

 RESPONSABLE

ANEXO XIV. Especificaciones técnicas del Kubota M8540N



U.S.A. : **KUBOTA TRACTOR CORPORATION**
3401 Del Amo Blvd., Torrance, CA 90503, U.S.A.
Telephone : (310)370-3370
Western Division : 1175 S. Guild Ave., Lodi, CA 95240
Telephone : (209)334-9910
Central Division : 14855 FAA Blvd., Fort Worth, TX 76155
Telephone : (817)571-0900
Northern Division : 6300 at One Kubota Way, Groveport, OH 43125
Telephone : (614)835-1100
Southeast Division : 1025 Northbrook Parkway, Suwanee, GA 30024
Telephone : (770)956-8855

Canada : **KUBOTA CANADA LTD.**
5900 14th Avenue, Markham, Ontario, L3S 4K4, Canada
Telephone : (905)294-7477

France : **KUBOTA EUROPE S.A.S.**
19-25, Rue Jules Verceyruisse, Z.I. BP88, 95101 Argenteuil Cedex, France
Telephone : (33)1-3426-3434

Italy : **KUBOTA EUROPE S.A.S. Italy Branch**
Via Grandi, 29 20068 Peschiera Borrome (MI) Italy
Telephone : (39)02-51650377

Germany : **KUBOTA (DEUTSCHLAND) GmbH**
Senefelder Str. 3-5 63110 Rodgau /Nieder-Roden, Germany
Telephone : (49)6106-873-0

U.K. : **KUBOTA (U.K.) LTD.**
Dorner Road, Thame, Oxfordshire, OX9 3UN, U.K.
Telephone : (44)1844-214500

Spain : **KUBOTA ESPAÑA S.A.**
Avenida Recoleta No.5, Poligono Industrial la Laguna, Leganes, 28914 (Madrid) Spain
Telephone : (34)91-508-6442

Australia : **KUBOTA TRACTOR AUSTRALIA PTY LTD.**
25-29 Fernas Way, Truganina, VIC 3029, Australia
Telephone : (61)-3-9394-4400

Malaysia : **SIME KUBOTA SDN. BHD.**
No.3 Jalan Sepadu 25/123 Taman Perindustrian Axis,
Seksyen 25, 40400 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan Malaysia
Telephone : (60)3-736-1388

Philippines : **KUBOTA PHILIPPINES, INC.**
155 Panay Avenue, South Triangle Homes, 1103 Quezon City, Philippines
Telephone : (63)2-9201071

Taiwan : **SHIN TAIWAN AGRICULTURAL MACHINERY CO., LTD.**
16, Fengping 2nd Rd, Taichao Shiang Kachsiung 63107, Taiwan R.O.C.
Telephone : (886)7-702-2233

Indonesia : **PT. KUBOTA MACHINERY INDONESIA**
Tower A at EightyEight@Kasablanka Lantai 16
Jalan Raya Casablanka Kav. 55, Jakarta 12870 Indonesia
Telephone : (62)-21-29568-720

Thailand : **SIAM KUBOTA CORPORATION CO., LTD.**
101/19-24 Moo 20, Navanokom Industrial Estate, Tambon Khlongnueng, Amphur Khlongnueng,
Pathumthani 12120, THAILAND
Telephone : (66)2-909-0300

Korea : **KUBOTA KOREA CO., LTD.**
106-24 Mangsan-Ri, Markyung-Up, Kimje-City, Chonrapuk-Do, KOREA
Telephone : (82)-63-544-5822

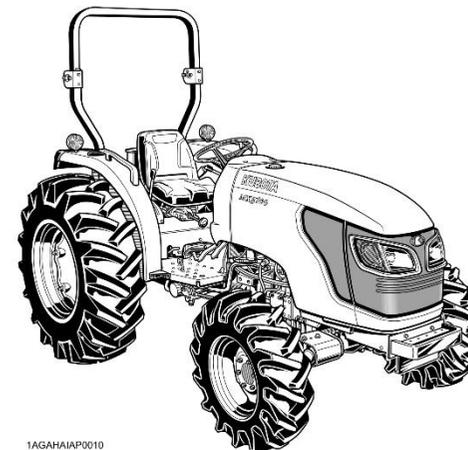
India : **KUBOTA AGRICULTURAL MACHINERY INDIA PVT. LTD.**
Regal Level 2 Altus, Olympia Tech Park, No.1 SIDCO Industrial Estate, Guindy, Chennai 600032, TN, India
Telephone : (91)-44-4299-4237

Vietnam : **KUBOTA VIETNAM CO., LTD.**
Lot B-3A2-CN, My Phuoc 3 Industrial Park, Ben Cat District, Binh Duong Province, Vietnam
Telephone : (84)-690-3577-507

KUBOTA Corporation

Spanish (Mexico, Colombia)
Código n° TC253-1971-1M
X
5
1
0
0
A
C

MANUAL DEL OPERARIO

TRACTOR
KUBOTA

1AGAHAIAP0010

LEA Y GUARDE ESTE MANUAL



ESPECIFICACIONES

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Modelo			4WD	
Motor	Modelo	V2403-M-E2A		
	Tipo	Diesel de 4 tiempos, vertical, inyección indirecta, refrigerado por agua (E-TVCS)		
	Número de cilindros	4		
	Cilindrada total	L	2,434	
	Diámetro y carrera	mm	87 x 102,4	
	Potencia neta*	kW (PS) / rpm	37,3 (51) / 2700	
	Potencia de la toma de fuerza* (observado en fábrica)	kW (PS) / rpm	32,8 (45) / 2700	
	Par máximo	N-m	166,3	
	Capacidad de la batería	12V, RC : 133 min, CCA : 582A		
	Capacidades	Depósito de combustible	L	48,0
Cárter del motor (con filtro)		L	8,0	
Refrigerante del motor		L	7,0	
Caja de la transmisión		L	44,0	
Dimensiones	Longitud total (sin enganche tripuntal)	mm	3245	
	Anchura total (ancho de vía mínimo)	mm	1770	
	Altura total (con arco de seguridad)	mm	2430	
	Distancia entre ejes	mm	1895	
	Distancia mínima al suelo	mm	385	
	Ancho de vía	Delantero	mm	1325
		Trasero	mm	1280, 1380, 1480, 1580
	Peso (con arco de seguridad)	kg	1640	
Sistema de desplazamiento	Neumático de tamaño estándar	Delantero	9,5 - 16	
		Trasero	13,6 - 28	
	Embrague	Seco de una etapa		
	Dirección	Dirección asistida hidrostática		
	Transmisión	Cambio por deslizamiento, 8 velocidades adelante y 8 en marcha atrás		
	Sistema de frenos	De disco de tipo húmedo, mecánico		
Sistema hidráulico	Radio mínimo de giro (con freno)	m	2,7	
	Sistema de control hidráulico	Control de posición		
	Capacidad de la bomba	L / min	35,8	
	Enganche tripuntal	SAE Categoría 1, 2		
	Fuerza de elevación máx.	En los puntos de elevación	kg	1300
		61 cm (24 pulg.) más allá del punto de elevación	kg	1050
Presión del sistema	MPa (kgf / cm ²)	17,7 (180)		
TDF	TDF trasera	SAE 1-3/8, 6-estrias		
	TDF / Régimen del motor	rpm	540 / 2700	

NOTA: *Estimación del fabricante La empresa se reserva el derecho a cambiar las especificaciones sin previo aviso.

VELOCIDADES DE MARCHA

(A la velocidad nominal del motor)

Modelo			MX5100
Tamaño de los neumáticos (traseros)			13,6-28
	Palanca de cambio de la gama de velocidades	Palanca de cambio principal	km/h
Adelante 	Baja 	1	1,6
		2	2,2
		3	3,6
		4	5,4
	Alta 	1	7,6
		2	10,8
		3	17,5
		4	25,9
Atrás 	Baja 	1	1,5
		2	2,1
		3	3,3
		4	4,9
	Alta 	1	7,0
		2	9,9
		3	16,1
		4	23,7

La empresa se reserva el derecho a cambiar las especificaciones sin previo aviso.

4 LIMITACIONES DE LOS APEROS Y EQUIPOS DE TRABAJO

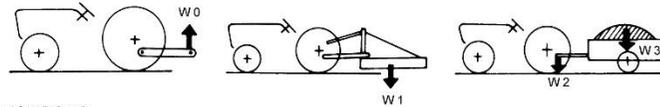
LIMITACIONES DE LOS APEROS Y EQUIPOS DE TRABAJO

El tractor ha sido aprobado a fondo por KUBOTA para el funcionamiento con instrumentos vendidos y aprobados por KUBOTA. El empleo de instrumentos vendidos o aprobados por KUBOTA no debe superar los datos específicos máximos de los catálogos de abajo, el empleo no apto de los tractores KUBOTA puede causar disfuncionamientos y fracasos del tractor. También puede causar daños y heridas al operador. [Cualquier mal funcionamiento del tractor o el empleo de instrumentos impropios no son cubiertos por la garantía]

Ancho de vía (anchura máx) con neumáticos agrícola		Capacidad de elevación máxima en el extremo de la barra de tiro W 0
Delantero	Trasero	
1325 mm	1580 mm	1300 kg

Cifras reales		
Peso W 1 y/o tamaño del apero o equipo de trabajo	Carga W 2 máx. sobre la barra de remolque	Peso de carga del remolque W 3, capacidad máxima
Como en la lista (que aparece en la página siguiente)	750 kg	3500 kg

Capacidad de elevación hidráulica máx. en el extremo de la barra de tiro W 0
 Peso del apero El peso del apero que puede cargarse sobre el extremo de la barra de tiro : W 1
 Carga máx. sobre la barra del remolque W 2
 Peso de la carga del remolque El peso máximo de carga para el remolque (sin el peso del remolque) : W 3



1AGAIAZAP121B

NOTA :

- El tamaño del apero puede variar dependiendo de las condiciones operativas del suelo.

LIMITACIONES DE LOS APEROS Y EQUIPOS DE TRABAJO 5

Nº	Equipo o apero	Observaciones	MX5100
1	Remolque	Capacidad de carga máxima	kg 3500
		Carga máxima sobre la barra de tiro	kg 750
2	Segadora	Segadora rotativa	Anchura de corte máxima mm 2130
		Cosechadora de maderas	Peso máximo kg 450
			Anchura de corte máxima mm 1830
			Peso máximo kg 500
Barra de corte	Anchura de corte máxima mm 2130		
	Peso máximo kg 500		
3	Pulvenizador	Trasera	Capacidad máxima del depósito L 500
		De tiro	Capacidad máxima del depósito L 2000
4	Rotavator	Anchura de cultivo máxima mm 1830	
5	Arado de vertedera	Tamaño máximo	16 pulg. x 2
6	Grada de discos : [De tiro]	Anchura de grada máxima mm 2130	
		Peso máximo kg 400	
7	Chisel	Anchura máxima mm 1830	
		Peso máximo kg 350	
8	Abonadora	Capacidad máxima del depósito L 300	
		Peso máximo kg 100	
9	Esparcidor estiércol	Capacidad máxima kg 2000	
10	Cultivator	Anchura máxima mm 2450	
		Número de hileras	4
		Peso máximo kg 400	
11	Hoja niveladora delantera	Anchura de corte máxima mm 1830	
		Presión de aceite máxima MPa 17,2	
		Subchasis	Necesario
12	Hoja niveladora trasera	Anchura de corte máxima mm 1830	
		Presión de aceite máxima MPa 17,2	
		Capacidad de elevación máxima kg 850	
13	Pala cargadora delantera	Presión de aceite máxima MPa 17,2	
		Subchasis	Necesario
		Anchura de corte máxima mm 1830	
14	Extendedora	Peso máximo kg 450	
		Profundidad de excavación máxima mm 2288	
15	Retroexcavadora	Peso máximo kg 450	
		Subchasis	Necesario
		Anchura máxima mm 1830	
16	Pala quitanieves	Peso máximo kg 400	

NOTA :

- El tamaño del apero puede variar dependiendo de las condiciones operativas del suelo.

LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS

LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS EN EL MOTOR

Si se presenta algún problema en el motor, consulte la tabla siguiente para determinar la causa y la medida correctiva adecuada.

Problema	Causa	Posible solución
El motor no arranca o resulta difícil de arrancar	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> Compruebe el depósito de combustible y el filtro de combustible. Cambie el filtro si es necesario.
	<ul style="list-style-type: none"> Hay aire o agua en el circuito de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> Compruebe si el tornillo y la tuerca del acoplamiento de la línea de combustible están apretados. Purgue el circuito de combustible (Consulte "Purga del circuito de combustible" en "MANTENIMIENTO CUANDO ES NECESARIO", en la sección "MANTENIMIENTO PERIÓDICO".)
	<ul style="list-style-type: none"> En invierno, la viscosidad del aceite aumenta y el motor gira más lentamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilice aceites de distintas viscosidades en función de la temperatura ambiente.
	<ul style="list-style-type: none"> La batería se descarga y el motor no gira con suficiente rapidez para arrancar. 	<ul style="list-style-type: none"> Limpie los cables y terminales de la batería. Cargue la batería. En tiempo frío, retire siempre la batería del motor, cárguela y almacénela a cubierto. Instálela en el tractor sólo cuando vaya a utilizar el tractor.
La potencia del motor es insuficiente.	<ul style="list-style-type: none"> Combustible insuficiente o sucio. El filtro de aire está obstruido. 	<ul style="list-style-type: none"> Compruebe el sistema de combustible. Limpie o sustituya el elemento.
El motor se para bruscamente.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> Ponga combustible en el depósito. Purgue el circuito de combustible si es necesario.
Los gases de escape tienen color.	Negro <ul style="list-style-type: none"> La calidad del combustible es deficiente. Hay exceso de aceite. El filtro de aire está obstruido. 	<ul style="list-style-type: none"> Cambie el combustible y el filtro de combustible. Compruebe si la cantidad de aceite es adecuada. Limpie o sustituya el elemento.
	Azul blanco <ul style="list-style-type: none"> El interior del silenciador de escape está lleno de combustible. Problemas en los inyectores. La calidad del combustible es deficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Caliente el silenciador aplicando carga al motor. Compruebe los inyectores. Cambie el combustible y el filtro de combustible.

Problema	Causa	Posible solución
El motor se sobrecalienta	<ul style="list-style-type: none"> Motor sobrecargado 	<ul style="list-style-type: none"> Cambie a una marcha más corta o reduzca la carga.
	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de refrigerante bajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Llene el circuito de refrigeración hasta el nivel correcto; compruebe el radiador y los manguitos para ver si están bien conectados o si presentan fugas.
	<ul style="list-style-type: none"> Correa del ventilador floja o defectuosa. 	<ul style="list-style-type: none"> Ajuste o sustituya la correa del ventilador.
	<ul style="list-style-type: none"> Panal del radiador o parrilla de la rejilla sucios. 	<ul style="list-style-type: none"> Elimine toda la suciedad.
	<ul style="list-style-type: none"> Corrosión en los conductos del circuito de refrigerante 	<ul style="list-style-type: none"> Lave el sistema de refrigerante.

Si tiene alguna duda, diríjase a su concesionario local de KUBOTA.

ANEXO XV. Evidencia de los mantenimientos preventivos



ACTA DE SUSTENTACION N°052-2024-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día viernes 06 de setiembre 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°196-2024-D-FIME, de fecha 26 de agosto 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ

PRESIDENTE

M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

SECRETARIO

ING. ROBINSON TAPIA ASENJO

MIEMBRO

M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA

ASESOR

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

"MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS DE RIESGO Y LA DISPONIBILIDAD DEL TRACTOR KUBOTA M8540N DE LA EMPRESA HFE BERRIES PERÚ S.A.C, LAMBAYEQUE"

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **TAVARA VEGA LUIS GUSTAVO**

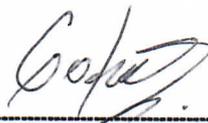
Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (17) en la escala vigesimal, mención Buena.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:00 am del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:



M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
PRESIDENTE



M.Sc. Ing. CARLOS COTRINA SAAVEDRA
SECRETARIO



ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
MIEMBRO



M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR



ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Msc. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **“Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y disponibilidad del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú SAC, Lambayeque”**

Cuyo autor es, **Tavara Vega Luis Gustavo**, identificado con documento de identidad **N° 75378229**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **10%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 11 de setiembre del 2024

.....
Msc. Jony Villalobos Cabrera

DNI: 16699530

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y la disponibilidad del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú SAC, Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	 Msc. Jony Villalobos Cabrera ASESOR	2%
2	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet		1%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%	
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%	
5	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%	
6	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1%	
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%	
8	dsp.tecnalia.com Fuente de Internet	<1%	



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Luis Gustavo Távara Vega
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y la disponib...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_2.pdf
Tamaño del archivo: 8.87M
Total páginas: 111
Total de palabras: 19,692
Total de caracteres: 108,950
Fecha de entrega: 05-ago.-2024 11:08a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2427729446

 UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA 

TESIS
para optar el título profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

TÍTULO
"Mantenimiento basado en el análisis de riesgo y la disponibilidad
del tractor Kubota M8540N de la empresa HFE Berries Perú
SAC, Lambayeque"

Autor:
Bach. Luis Gustavo Távara Vega

Asesor:
M.Sc. Jony Villalobos Cabrera

Lambayeque – Perú
2024


Msc. Jony Villalobos Cabrera
ASESOR