



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES
UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEON**

José Carlos Eduardo Xajil Cuy

Asesorado por Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, febrero 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES
UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEON**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ CARLOS EDUARDO XAJIL CUY

ASESORADO POR INGENIERO EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEON

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 12 de octubre de 2022.



José Carlos Eduardo Xajil Cuy

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 21 de septiembre de 2023
REF.EPS.DOC.386.09.2023.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Carlos Eduardo Xajil Cuy** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201314522, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEON.** En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceno Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EDSZ/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 10 de octubre de 2023
REF.EPS.D.313.10.2023

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEÓN**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Carlos Eduardo Xajil Cuy** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

A blue ink signature is written over a circular official stamp. The stamp contains the text: "Universidad de San Carlos de Guatemala", "DIRECCIÓN", "Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS", and "Facultad de Ingeniería".

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.073.2023

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **Plan de mantenimiento preventivo para tractores utilizados en producción agrícola, en el Ingenio Pantaleón** del estudiante **José Carlos Eduardo Xajil Cuy, CUI 2377629350709, registro académico 201314522** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y enseñad a todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor – Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, noviembre de 2023
/aej

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.037.EIM.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEON**, presentado por: **José Carlos Eduardo Xajil Cuy**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102

secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.095.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN EL INGENIO PANTALEON**, presentado por: **José Carlos Eduardo Xajil Cuy**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, febrero de 2024

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Rosalinda Roxana Ricarda Cuy de Xajil y Juan José Xajil Ramírez (q. e. p. d.) por estar para mí en todo el trayecto de mi vida, por todo el amor incondicional, por sus consejos y apoyo en todos los momentos de mi vida, gracias por ser esas personas que han sido un gran ejemplo que seguir para mí y mis hermanas.

Mis hermanas

Katherin, Gabriela y Jessica por todo el apoyo y cariño incondicional en el trayecto de mi vida, les agradezco enormemente todo lo que han hecho por mí, las quiero hermanas.

Mis hijas

Lena Ariadna Xajil y Fiorella Juárez por ser mi gran inspiración cada día desde que nacieron, espero ser el ejemplo de vida que las inspire a cumplir sus metas y sueños, así como ustedes lo son para mí, las amo mis princesas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el centro de enseñanza, del cual siempre me sentiré orgulloso de pertenecer.
Facultad de ingeniería	Por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional.
INTECAP	Por ser el centro de estudios técnicos, del cual he adquirido conocimientos técnicos, que me han ayudado a desarrollarme en el área profesional.
Ingenio Pantaleon	Por haberme dado la oportunidad de realizar el proyecto de E.P.S. en el taller de maquinaria.
Personal de ingenio Pantaleon	Carlos Flores, Antony Monroy, Paolo Roldan y Karla Coronado por el gran apoyo durante el desarrollo del proyecto de E.P.S. en el taller de maquinaria, muchas gracias por todo el apoyo.
Mis amigos	Astrid Valenzuela, Brener Estrada, Ángel González y Luis Guerra por todo el apoyo incondicional durante la carrera y después de finalizarla, les agradezco enormemente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XV
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
GLOSARIO	XXI
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. GENERALIDADES	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.1.1. Año 1849	2
1.1.1.2. Año 1870	2
1.1.1.3. Año 1877	2
1.1.1.4. Año 1883	2
1.1.1.5. Año 1893	3
1.1.1.6. Año 1920	3
1.1.1.7. Año 1973	3
1.1.1.8. Año 1984	3
1.1.1.9. Año 1990	3
1.1.1.10. Año 1992	4
1.1.1.11. Año 1998	4
1.1.1.12. Año 2004	4
1.1.1.13. Año 2006	4
1.1.1.14. Año 2008	4
1.1.1.15. Año 2010	5

	1.1.1.16.	Año 2011	5
	1.1.1.17.	Año 2012	5
	1.1.1.18.	Año 2018	5
	1.1.1.19.	Año 2019	6
	1.1.1.20.	Año 2020	6
	1.1.1.21.	Año 2022	6
	1.1.1.22.	Pantaleon en la actualidad	7
1.1.2.	Misión		7
1.1.3.	Visión.....		7
1.1.4.	Valores		7
1.1.5.	Ubicación.....		8
1.1.6.	Organigrama		9
1.2.	Planteamiento del problema.....		10
1.3.	Definición de mantenimiento		11
1.3.1.	Objetivo del mantenimiento		13
	1.3.1.1.	Disponibilidad	14
	1.3.1.2.	Fiabilidad	15
	1.3.1.3.	Vida útil.....	17
	1.3.1.4.	Coste	17
1.4.	Mantenimiento preventivo		18
1.4.1.	Tipos de mantenimiento preventivo.....		19
	1.4.1.1.	Mantenimiento programado.....	19
	1.4.1.2.	Mantenimiento basado en el uso.....	19
1.4.2.	¿Cuándo programar el mantenimiento preventivo?.....		19
1.4.3.	Beneficios del mantenimiento preventivo		20
1.5.	Descripción del tractor agrícola.....		21
1.6.	Características de un tractor agrícola.....		21
1.6.1.	Constitución del tractor.....		22

1.6.1.1.	Bastidor	23
1.6.1.2.	Motor	24
1.6.1.3.	Transmisión	24
1.6.1.3.1.	Embrague	24
1.6.1.3.2.	Caja de cambios.....	24
1.6.1.3.3.	Diferencial.....	24
1.6.1.3.4.	Reducción final	25
1.6.1.3.5.	Palieres	25
1.6.1.3.6.	Ruedas	25
1.6.1.3.7.	Toma de fuerza	25
1.6.1.4.	Elevador hidráulico	25
1.6.1.5.	Enganche.....	25
1.6.1.6.	Dirección.....	26
1.6.1.7.	Frenos	26
1.6.2.	Trabajos que puede realizar	26
1.6.2.1.	Estacionarios	26
1.6.2.1.1.	Por medio de la toma de fuerza	27
1.6.2.1.2.	Por medio del equipo hidráulico	27
1.6.2.2.	De transporte	28
1.6.2.3.	De arrastre.....	29
1.6.2.4.	De empuje	30
1.6.2.5.	Combinados.....	31
1.6.2.5.1.	Arrastre y toma de fuerza	31
1.6.2.5.2.	Transporte y toma de fuerza	33
1.6.3.	Clasificación de los Tractores Agrícolas	36

1.6.3.1.	Tipos de tractor agrícola según el tipo de tracción.....	36
1.6.3.1.1.	Tractores agrícolas de tracción simple	36
1.6.3.1.2.	Tractores agrícolas de tracción asistida	36
1.6.3.1.3.	Tractores agrícolas de doble tracción.....	37
1.6.3.2.	Tipos de tractor agrícola según su sistema motriz	37
1.6.3.2.1.	Tractor agrícola general	37
1.6.3.2.2.	Tractores agrícolas articulados.....	38
1.6.3.2.3.	Tractores agrícolas de oruga.....	38
1.6.3.3.	Tipos de tractor agrícola según su potencia.....	40
1.6.3.3.1.	Tractores agrícolas de categoría 1 (potencia entre 15 y 40 HP)	40
1.6.3.3.2.	Tractores agrícolas de categoría 2 (potencia entre 40 y 120 HP)	40
1.6.3.3.3.	Tractores agrícolas de categoría 3 (potencia entre 120 y 200 HP)	40
1.6.3.3.4.	Tractores agrícolas de categoría 4 (potencia >200 HP).....	41

1.7.	Partes del tractor agrícola.....	41
1.7.1.	El motor	41
1.7.1.1.	Bloque	41
1.7.1.2.	Cilindro	42
1.7.1.3.	Pistón y aros	42
1.7.1.4.	Biela.....	42
1.7.1.5.	Cigüeñal - bancada – cojinetes.....	43
1.7.1.6.	Cárter.....	43
1.7.1.7.	Tapa de cilindros	43
1.7.1.8.	Volante	43
1.7.1.9.	Engranajes de distribución.....	44
1.7.1.10.	Árbol de levas	45
1.7.1.11.	Balancines	45
1.7.1.12.	Válvulas	45
1.7.1.13.	Bomba de aceite.....	45
1.7.1.14.	Sistema de inyección	45
1.7.1.15.	Múltiple de admisión y escape.....	46
1.7.1.16.	Turbocompresor	46
1.7.1.17.	Expansión	46
1.7.1.18.	Escape.....	47
1.7.1.19.	Motores de inyección directa	48
1.7.1.20.	Motores de inyección indirecta	48
1.7.2.	Sistemas de inyección de combustible	50
1.7.2.1.	Sistemas mecánicos.....	50
1.7.2.2.	Bomba inyectora.....	51
1.7.2.2.1.	Bomba inyectora lineal .	51
1.7.2.2.2.	Bomba inyectora rotativa.....	52
1.7.2.3.	Regulador de velocidad	53

1.7.2.4.	Sistemas con asistencia electrónica.....	54
1.7.2.4.1.	Acumulador de combustible de alta presión	54
1.7.2.4.2.	Unidad de control electrónica.....	54
1.7.3.	Mecanismos de transmisión	55
1.7.3.1.	Embrague.....	56
1.7.3.2.	Diferencial	57
1.7.3.2.1.	Bloqueo del diferencial ..	59
1.7.3.3.	Reductores de velocidad	59
1.7.3.3.1.	Reductor de velocidad en cascada.....	60
1.7.3.3.2.	Reductor de velocidad epicicloidal.....	61
1.7.4.	Tracción.....	62
1.7.4.1.	Neumáticos	63
1.7.4.2.	Contrapesos o lastres	65
1.7.4.3.	Trocha	66
1.7.5.	Formas de aprovechamiento de potencia	67
1.7.5.1.	Toma de potencia.....	67
1.7.5.2.	Enganche de tres puntos.....	69
1.7.6.	Sistema hidráulico	70
1.7.6.1.	Depósito de aceite.....	71
1.7.6.2.	Bomba hidráulica.....	72
1.7.6.3.	Válvulas distribuidoras	72
1.7.6.4.	Válvula de seguridad	72
1.7.6.5.	Cilindros hidráulicos	73

	1.7.6.5.1.	Cilindro de efecto simple	73
	1.7.6.5.2.	Cilindro de efecto doble	73
	1.7.6.6.	Elevador hidráulico de tres puntos.....	73
1.7.7.		Dirección y frenos	74
	1.7.7.1.	Dirección.....	74
	1.7.7.1.1.	Dirección mecánica	75
	1.7.7.1.2.	Dirección asistida hidráulicamente	75
	1.7.7.1.3.	Dirección hidráulica	76
	1.7.7.2.	Frenos	77
1.7.8.		Circuito de combustible	78
1.7.9.		Sistema de lubricación.....	79
	1.7.9.1.	En serie	81
	1.7.9.2.	En derivación	81
1.7.10.		Sistema de refrigeración	81
	1.7.10.1.	Refrigeración por agua	82
	1.7.10.1.1.	Radiador	82
	1.7.10.1.2.	Ventilador	83
	1.7.10.1.3.	Bomba de agua	83
	1.7.10.1.4.	Cámara de agua.....	84
	1.7.10.1.5.	Termostato	84
	1.7.10.2.	Refrigeración por aire	84
	1.7.10.2.1.	Turbina	86
	1.7.10.2.2.	Manga guía de aire.....	86
	1.7.10.2.3.	Chapas deflectoras.....	86
	1.7.10.2.4.	Aletas de enfriamiento..	86
	1.7.10.2.5.	Indicador de temperatura	87

1.7.11.	Sistema de purificación del aire.....	87
1.7.11.1.	En baño de aceite	88
1.7.11.2.	De cartucho seco	89
1.7.12.	Sistema eléctrico	89
1.7.12.1.	Alternador.....	90
1.7.12.2.	Batería.....	90
1.7.12.3.	Dispositivos de regulación de carga	90
2.	GENERAR AHORRO EN EL MANTENIMIENTO MEDIANTE PLANIFICACIÓN	93
2.1.	Ahorro de mano de obra mediante planificación	94
2.1.1.	Cálculo de costos de horas perdidas anualmente...	96
2.1.2.	Cálculo de ahorro en mano de obra mediante planificación anualmente	98
2.2.	Ahorro en gestión de inventarios.....	99
2.2.1.	Modelo de cantidad económica a ordenar.....	101
2.2.2.	Costo de ordenar o de preparación para cada orden (S)	106
2.2.3.	Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año (H)	108
2.2.4.	Cálculo de costo total de inventario anual	109
2.2.4.1.	Cálculo de costo total de inventario anual sin el método EOQ	109
2.2.4.2.	Cálculo de número óptimo de unidades a ordenar (Q*)	110
2.2.4.3.	Cálculo de número esperado de órdenes colocadas durante el año (N)	111
2.2.4.4.	Cálculo de costo total de inventario anual con el método EOQ	111

2.2.4.5.	Cálculo de ahorro mediante el método EOQ.....	113
2.2.4.6.	Ahorro porcentual con el método EOQ.....	114
3.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	115
3.1.	¿Qué es un plan de mantenimiento preventivo?	115
3.2.	¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento preventivo?	116
3.2.1.	Pasos para elaborar el plan de mantenimiento preventivo.....	117
3.2.2.	Ciclo de Mantenimiento	118
3.2.2.1.	Inspección de la máquina	118
3.2.2.2.	Análisis de los resultados de las inspecciones.....	119
3.2.2.3.	Proceso de comunicación con los demás departamentos	119
3.2.2.4.	Establecer objetivos para el mantenimiento	119
3.2.2.5.	Efectuar el mantenimiento preventivo	119
3.2.3.	La organización del personal.....	120
3.2.3.1.	El supervisor	120
3.2.3.2.	El personal técnico (mecánico).....	120
3.2.4.	Planificación y control de documentos.....	121
3.3.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	121
3.3.1.	Cómo realizar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad	124
3.3.1.1.	Paso 1: seleccionar un análisis RCM de activos.....	124

3.3.1.2.	Paso 2: describir las funciones del sistema para el activo seleccionado ...	124
3.3.1.3.	Paso 3: definir los modos de fallo.....	125
3.3.1.4.	Paso 4: evaluar las consecuencias del fallo	125
3.3.1.5.	Paso 5: determinar una estrategia de mantenimiento para cada modo de fallo.....	127
3.3.1.6.	Paso 6: aplicar la estrategia y realizar revisiones periódicas.....	127
3.4.	Análisis de criticidad.....	128
3.4.1.	Modelo de criticidad de factores ponderados basados en el concepto de riesgo.....	129
3.4.2.	Criterios fundamentales para el análisis de criticidad	131
3.4.2.1.	Seguridad	131
3.4.2.2.	Ambiente	131
3.4.2.3.	Impacto operacional	132
3.4.2.4.	Costos	132
3.4.2.5.	Flexibilidad operacional	132
3.4.2.6.	Frecuencia de falla	132
3.4.3.	Tabla de factores ponderados de la criticidad	133
3.4.4.	Matriz de criticidad	135
3.5.	Matriz de criticidad de los componentes de los sistemas de los tractores en ingenio Pantaleon	136
3.6.	Análisis de modo y efecto de falla.....	148
3.6.1.	¿Que se logra al implementar AMEF?	150
3.6.2.	Los tres tipos más comunes de AMEF.....	150
3.6.2.1.	AMEF de Sistema (S-AMEF).....	151

	3.6.2.2.	AMEF de Diseño/producto (D-AMEF)	152
	3.6.2.3.	AMEF de proceso (P-AMEF)	152
	3.6.3.	Aplicaciones de AMEF.....	153
	3.6.4.	Pasos para hacer un AMEF	153
3.7.		Análisis de modo y efecto de falla a componentes críticos de los tractores de ingenio Pantaleon	158
	3.7.1.	Análisis de modo y efecto de falla de baterías en tractores de ingenio Pantaleon	159
	3.7.2.	Análisis de modo y efecto de falla para los alternadores de los tractores de ingenio Pantaleon.....	164
3.8.		Formato para análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla	172
3.9.		Inventario de tractores del ingenio Pantaleon.....	177
	3.9.1.	Especificaciones técnicas de tractores agrícolas de ingenio Pantaleon según su serie	179
	3.9.2.	Inventario de repuestos a reemplazar en cada mantenimiento de los tractores utilizados en producción agrícola de ingenio Pantaleon	196
3.10.		Periodos de mantenimiento para los tractores de ingenio Pantaleon	202
	3.10.1.	Servicios que se realizan cada 10 horas	203
	3.10.2.	Servicios que se realizan cada 50 horas	204
	3.10.3.	Servicios que se realizan cada 200 - 300 horas ...	205
	3.10.4.	Servicios que se realizan cada 500 o 600 horas ..	206
	3.10.5.	Servicios que se realizan cada 1500 horas	207

4.	INDUCCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL INGENIO PANTALEON	221
4.1.	Importancia de realizar actividades de mantenimiento con planificación.....	221
4.1.1.	Síntomas de una planificación ineficaz	222
4.1.2.	Proceso de planificación del mantenimiento	225
4.1.3.	Las ventajas de una correcta planificación del mantenimiento	225
4.1.4.	Mejorar la planificación del mantenimiento.....	226
4.2.	Importancia de una orden de trabajo.....	227
4.2.1.	Checklist de mantenimiento preventivo	228
4.2.2.	Beneficios de un checklist de mantenimiento preventivo.....	228
4.2.2.1.	Las tareas y los resultados están estandarizados	228
4.2.2.2.	El trabajo es más eficiente y la mano de obra se maximiza	229
4.2.2.3.	La resolución de problemas y la elaboración de informes son más fáciles	229
4.2.3.	Órdenes de trabajo tipo checklist para tractores de ingenio Pantaleon.....	230
4.3.	Capacitación en el plan de mantenimiento preventivo al personal técnico encargado del mantenimiento de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon	235
	CONCLUSIONES.....	239
	RECOMENDACIONES	241

REFERENCIAS	243
APÉNDICES	247
ANEXOS	263

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Geolocalizacion de ingenio Pantaleon	8
Figura 2.	Organigrama de taller de maquinaria de ingenio Pantaleon	9
Figura 3.	Componentes del tractor.....	23
Figura 4.	Tractor accionando una bomba de riego	27
Figura 5.	Tractor accionando un elevador de grano	28
Figura 6.	Tractor tirando de un remolque.....	29
Figura 7.	Tractor tirando de un arado	30
Figura 8.	Tractor con pala.....	31
Figura 9.	Tractor tirando y accionando un remolque.....	35
Figura 10.	Tipos de tractores agrícolas.....	39
Figura 11.	Partes del motor	44
Figura 12.	Inyección directa.....	49
Figura 13.	Inyección indirecta	50
Figura 14.	Dispositivos de bombeo y cremallera	52
Figura 15.	Despiece de una bomba inyectora rotativa.....	53
Figura 16.	Esquema de la transmisión del tractor.....	56
Figura 17.	Piñón-corona y diferencial	59
Figura 18.	Reductor de velocidad en cascada.....	61
Figura 19.	Reductor de velocidad epicicloidal.....	62
Figura 20.	Ángulos de los tacos.....	65
Figura 21.	Contrapesos en tractores.....	66
Figura 22.	Manguito de la toma de potencia, categoría 540 rpm	68
Figura 23.	Esquema de una barra de tiro	69
Figura 24.	Enganche de tres puntos y dimensiones según sus categorías ..	70
Figura 25.	Esquema de un circuito hidráulico	71

Figura 26.	Esquema del enganche de tres puntos	74
Figura 27.	Tipos de accionamiento de dirección	76
Figura 28.	Circuito de combustible	79
Figura 29.	Circuito de lubricación	80
Figura 30.	Circuito de refrigeración por agua	83
Figura 31.	Circuito de refrigeración por aire	85
Figura 32.	Filtro de aire en baño de aceite	88
Figura 33.	Filtro de aire de cartucho seco	89
Figura 34.	Diagrama de sistema de arranque y carga.....	91
Figura 35.	Recibo de encargado del mantenimiento de tractores	97
Figura 36.	Efecto de la reducción de inventarios sobre la rentabilidad.....	100
Figura 37.	Costo total como función de la cantidad a ordenar	103
Figura 38.	Tipos de costos para mantener inventarios.....	108
Figura 39.	Costo total como función de la cantidad a ordenar	112
Figura 40.	Breve historia del método AMEF.....	149
Figura 41.	Los 3 tipos más comunes de AMEF	151
Figura 42.	Aplicaciones de AMEF	153
Figura 43.	Clasificación de severidad.....	155
Figura 44.	Clasificación de ocurrencia.....	156
Figura 45.	Clasificación de detección	157
Figura 46.	Factores de criticidad con ponderación y estado de criticidad ...	173
Figura 47.	Hoja de Microsoft Excel en donde ingresa los datos del equipo	174
Figura 48.	Hoja de Microsoft Excel donde se guardan los datos.....	175
Figura 49.	Descripción de criterios del análisis de modo y efecto de falla...	176
Figura 50.	Hoja de Microsoft Excel donde ingresan los datos para AMEF..	177
Figura 51.	Periodo de servicios para tractor serie 6105J John Deere	209
Figura 52.	Periodo de servicios para tractor serie 6140M John Deere.....	210
Figura 53.	Periodo de servicios para tractor serie 6155J John Deere	211
Figura 54.	Periodo de servicios para tractor serie 6170M John Deere.....	212

Figura 55.	Periodo de servicios para tractor serie 6425 John Deere	213
Figura 56.	Periodo de servicios para tractor serie 7210R John Deere.....	214
Figura 57.	Periodo de servicios para tractor serie 7230R John Deere.....	215
Figura 58.	Periodo de servicios para tractor serie 7425 John Deere	216
Figura 59.	Periodo de servicios para tractor serie 7830 John Deere	217
Figura 60.	Periodo de servicios para tractor serie 8245R John Deere.....	218
Figura 61.	Periodo de servicios serie 8345R John Deere	219
Figura 62.	Síntomas de una mala planificación de mantenimiento	223
Figura 63.	Mantenimiento reactivo versus un mantenimiento planificado...	224
Figura 64.	Checklist de servicio diario para tractores	231
Figura 65.	Checklist de servicio semanal para tractores	232
Figura 66.	Checklist para servicios de 250, 500 y 1500 horas	233
Figura 67.	Checklist de servicio de 3000 horas para tractores 7230R.....	234

TABLAS

Tabla 1.	Mantenimiento típico en entorno reactivo versus proactivo	95
Tabla 2.	Costos de horas perdidas en entorno reactivo y proactivo	98
Tabla 3.	Ahorro en mano de obra mediante planificación.....	99
Tabla 4.	Costos que se invierten para solicitar pedidos de repuestos	107
Tabla 5.	Tabla de factores ponderados de la criticidad	134
Tabla 6.	Rango de valores de criticidad y el estado de criticidad	135
Tabla 7.	Matriz de criticidad.....	136
Tabla 8.	Criticidad de los componentes del sistema de motor.....	137
Tabla 9.	Criticidad de los componentes del sistema de combustible.....	138
Tabla 10.	Criticidad de los componentes de la alimentación de aire	139
Tabla 11.	Criticidad de los componentes del sistema de enfriamiento	140
Tabla 12.	Criticidad componentes del sistema de lubricación	141
Tabla 13.	Criticidad de los componentes del sistema eléctrico	142

Tabla 14.	Criticidad de los componentes del sistema de transmisión	143
Tabla 15.	Criticidad de los componentes del sistema hidráulico	144
Tabla 16.	Criticidad de los componentes del sistema de frenos.....	145
Tabla 17.	Criticidad de los componentes del sistema de dirección	146
Tabla 18.	Criticidad de los componentes de cada sistema	147
Tabla 19.	Modo de falla, efecto de falla y severidad en las baterías	159
Tabla 20.	Posible causa de falla y ocurrencia en las baterías.....	160
Tabla 21.	Control y detección en las baterías	162
Tabla 22.	Modo de falla, NPR y nivel de riesgo en las baterías	162
Tabla 23.	NPR después de las acciones recomendadas en las baterías...	163
Tabla 24.	Modo de falla, efecto de falla y severidad en los alternadores ...	165
Tabla 25.	Posible causa de falla y ocurrencia en los alternadores.....	167
Tabla 26.	Descripción de control y detección en los alternadores.....	168
Tabla 27.	Modo de falla, NPR y nivel de riesgo en los alternadores	170
Tabla 28.	NPR después de las acciones recomendadas en alternadores .	170
Tabla 29.	Clasificación de los tractores utilizados en ingenio Pantaleon ...	178
Tabla 30.	Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6105J.....	179
Tabla 31.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6140M	181
Tabla 32.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6155J	182
Tabla 33.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6170M	184
Tabla 34.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6425	186
Tabla 35.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7210R.....	187
Tabla 36.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7230R.....	188
Tabla 37.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7425	189
Tabla 38.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7830	190
Tabla 39.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 8245R.....	192
Tabla 40.	Especificaciones técnicas del tractor agrícola 8345R.....	194
Tabla 41.	Inventario de elementos a reemplazar en cada mantenimiento	196
Tabla 42.	Plan de capacitación para el personal técnico	237

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
AMP	Amperio
Amp-hr	Amperio hora
CCA	Amperios de arranque en frío
&	<i>Andpersand</i> , conjunción (y)
HP	Caballo de fuerza
cm	Centímetro
cc	Centímetro cubico
Corp.	Corporación
\$	Dólar
gal	Galón
gpm	Galón por minuto
°	Grados
°C	Grados centígrados
Kg	Kilogramo
Kgf	Kilogramo fuerza
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Km	Kilometro
Km/h	Kilometro por hora
kW	Kilowatt
Lb	Libra
Lbf	Libra fuerza
Lb ft	Libra pie

Libras/pul²	Libras por pulgada cuadrada
L	Litro
L/min	Litros por minuto
m	Metro
mg	Miligramo
mm	Milímetro
mph	Milla por hora
Nm	Newton metro
ppm	Partes por millón
ft	Pie
sq ft	Pie cuadrado
%	Por ciento
in	Pulgada
cu in	Pulgada cubica
Q	Quetzal (moneda)
rpm	Revolución por minuto
V	Voltio

GLOSARIO

ACMEF	Análisis crítico de modo y efecto de falla.
AMEF	Análisis de modo y efecto de falla.
Amortización	Reducción del valor de un activo o un pasivo con el paso del tiempo.
Arado	Apero de labranza utilizado en la agricultura para abrir surcos en la tierra y remover el suelo antes de sembrar.
Bar	Unidad de medida de presión equivale a 100.000 Pa (pascal).
CBM	Mantenimiento basado en condición.
<i>Checklist</i>	Formato generado para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática.
Cosecha	Proceso agrícola que consiste en recoger los productos vegetales comestibles, que pueden ser frutos, semillas u hortalizas de los campos, en la época del año en que están maduros.

Criticidad	Acto de designar el grado de importancia de cada máquina presente en un sistema productivo.
EOQ	Cantidad económica a ordenar.
Fertilización	Aportar los nutrientes que la planta necesita para que sea plenamente productiva en cantidad y en calidad.
FTA	Análisis de árbol de fallas.
Gestión	Conjunto de acciones, o diligencias que permiten la realización de cualquier actividad o deseo.
HAZOPS	Análisis de peligros y operabilidad.
Intervención	Acciones periódicas de cambios y reparaciones requeridas para preservar la función de un equipo, activo o instalación.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
<i>Know How</i>	Conjunto de conocimientos técnicos y administrativos que son indispensables para conducir un proceso comercial.
Labranza	Operación de la agricultura que consiste en trazar surcos medianamente profundos en el suelo con una herramienta de mano o con un arado.

Lucro	Provecho, beneficio económico, utilidad, ingreso, ganancia o plusvalía obtenidas para el controlador de la producción o distribución de determinado producto o servicio.
Método	Forma organizada y sistemática de poder alcanzar un determinado objetivo.
Metodología	Marco teórico y sistemático que se usa para la resolución de un problema a lo largo de la investigación.
Multímetro	Es una herramienta de prueba usada para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios).
PM	Mantenimiento preventivo.
Presión	Fuerza por unidad de superficie ejercida por un gas (normalmente aire) dentro de un sistema cerrado.
Presupuesto	Plan de las operaciones y recursos de una empresa, que se formula para lograr en un cierto periodo los objetivos propuestos y se expresa en términos monetarios.
Producción agrícola	Es el resultado de la explotación de la tierra para obtener bienes, principalmente, alimentos como cereales y diversos tipos de vegetales.

PTO	Toma de fuerza.
RBI	Inspección basada en riesgo.
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
Riego	Consiste en aportar agua al sustrato, para que las plantas (hortalizas, pastos, hierbas y ornamentales) puedan crecer y/o desarrollarse.
RTF	Mantenimiento al fallo.
TDF	Toma de fuerza.
Zafra	Temporada de cosecha de la caña y producción de azúcar, que se desarrolla de noviembre a mayo.

RESUMEN

La finalidad de este proyecto es diseñar y proponer al taller de maquinaria de ingenio Pantaleon, un plan de mantenimiento preventivo para los tractores utilizados en el proceso agrícola de la caña de azúcar, este plan de mantenimiento preventivo mitigará las fallas, paros en la operación y disminuirá intervenciones no planificadas debido al deterioro o mal funcionamiento de algún sistema o componente de los tractores.

Para la realización de este plan de mantenimiento preventivo se iniciará con un reconocimiento del funcionamiento de los sistemas mecánicos y eléctricos que conforman a los tractores, así como de un análisis de criticidad de los sistemas mecánicos y eléctricos, para así determinar los componentes críticos y tener un panorama de las condiciones de fallas en los tractores, luego se procederá a realizar un análisis de modo y efecto de falla a los componentes críticos de los tractores para así establecer acciones de mejora para los modos de falla de los componentes críticos, tales acciones de mejora se añadirán al plan de mantenimiento preventivo y se ejecutaran en los periodos servicios de mantenimiento de los tractores según correspondan.

Se procederá a crear órdenes de trabajo tipo lista de chequeo para llevar el control de las tareas que conforman el plan de mantenimiento preventivo de los tractores, conforme a los periodos de servicio de mantenimiento según correspondan, y en la fase final se realizarán las inducciones pertinentes al personal técnico encargado de mantenimiento para que logren comprender el uso de los formatos de las órdenes de trabajo propuestas y así con esto se pueda llevar registro las intervenciones proactivas en los tractores de ingenio Pantaleon.

OBJETIVOS

General

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los tractores utilizados en producción agrícola, en ingenio Pantaleon, que mitigue las fallas espontaneas, que disminuya las intervenciones de mantenimiento no planificadas y aumente la disponibilidad, así como la confiabilidad de los tractores.

Específicos

1. Demostrar el impacto que se tiene al ejecutar el plan de mantenimiento preventivo para los tractores para así lograr ahorro en mantenimiento mediante la planificación.
2. Determinar los componentes críticos de los tractores para establecer tareas de mantenimiento proactivas que disminuyan su frecuencia de falla, los cuales se ejecutaran en los periodos de servicios de mantenimiento planificados.
3. Capacitar al personal técnico en el plan de mantenimiento preventivo de los tractores, así como en el uso de las órdenes de trabajo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los tractores, mitigar las fallas en los componentes críticos de los tractores y realizar mantenimientos proactivos y planificados.

INTRODUCCIÓN

El ingenio Pantaleon es una organización agroindustrial privada dedicada al procesamiento responsable de caña de azúcar para la producción de azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica, su planta industrial, así como su taller de maquinaria agrícola se ubican en Km. 86.5, Carretera al Pacífico, Siquinalá, Escuintla, Guatemala. El proyecto “plan de mantenimiento preventivo para tractores utilizados en producción agrícola, en el ingenio Pantaleon”, es un plan de mantenimiento preventivo propuesto al taller de maquinaria agrícola del ingenio Pantaleon, el cual tiene a cargo el mantenimiento de los tractores que se utilizan en la producción agrícola del ingenio Pantaleon.

En los procesos agrícolas de la actualidad una de las maquinas más potentes y versátiles es el tractor debido a que ofrece muchas facilidades en arado de campo, tratamiento de cultivos, fertilización y optimiza los sistemas de riego. Por ende, empresas con procesos en el sector agrícola no pueden prescindir de contar con una maquinaria que transformo el trabajo manual a un trabajo industrial, el cual trajo beneficios como: incrementar la productividad, facilitar el trabajo a los agricultores y facilitar el movimiento por los terrenos. Por lo que tomando en cuenta lo anterior, el Ingenio Pantaleon al tener un proceso agrícola de caña de azúcar requiere que los tractores utilizados en su proceso agrícola tengan una alta disponibilidad y confiabilidad para no contar con paros no planificados en la secuencia de su proceso productivo que conlleven a impactos negativos económicos y de tiempos.

Por lo tanto, el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon responsable del mantenimiento de los tractores, requiere de un plan de mantenimiento preventivo

para los tractores utilizados en el proceso agrícola que ayude a mitigar las fallas espontaneas, disminuir intervenciones no planificadas y aumentar su disponibilidad y confiabilidad para que estos cumplan con las exigencias que su correcto funcionamiento demanda.

Para elaborar el plan de mantenimiento preventivo de los tractores utilizados en producción agrícola de ingenio Pantaleon, se empleará un análisis de criticidad a los sistemas que conforman a los tractores, esto con el fin de determinar los componentes críticos de los tractores para posteriormente emplear un análisis de modo y efecto de falla a estos componentes críticos y así determinar acciones de mejora que mitiguen la frecuencia de falla de cada modo de falla de los componentes críticos. Para determinar los periodos de servicios de mantenimientos de los tractores se consultará manuales de fabricante y manuales especializados en el mantenimiento de tractores, con el fin de establecer tareas de mantenimiento proactivas que aumenten la disponibilidad y confiabilidad de los tractores de ingenio Pantaleon.

Los beneficios que se tienen al ejecutar el plan de mantenimiento preventivo de los tractores son: el ahorro de mano de obra debido a que el personal técnico tendrá tareas proactivas que ejecutar y no se perderá tiempo de la jornada laboral ejecutando solo tareas de mantenimiento reactivas, ahorro por medio de gestión de inventarios debido a que al tener planificado los mantenimientos se conoce la demanda de repuestos a utilizar y esto disminuye las solicitudes de compra de repuestos de manera emergente, la disponibilidad y confiabilidad de los componentes críticos de los tractores aumentara debido a que se determinaran acciones de mejora para cada modo de falla que los componentes puedan poseer, los cuales se añadirán al plan de mantenimiento preventivo para que sean ejecutadas y así se mitigue la frecuencia de fallas en los componentes críticos.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la empresa

Ingenio Pantaleon es una organización agroindustrial privada dedicada al procesamiento responsable de caña de azúcar para la producción de azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica.

Con su equipo de más de 17,900 colaboradores en México, Guatemala, Nicaragua, Brasil y Estados Unidos, contribuye a alcanzar una producción anual de 1.204 millones de toneladas de azúcar y productos derivados.

Ingenio Pantaleon es líder de la región centroamericana en la producción de azúcar y se posiciona entre los diez más importantes de Latinoamérica. Sus productos participan en mercados locales e internacionales, con más de 40 destinos de exportación, en donde abastecen a industrias alimenticias y refinerías.

1.1.1. Historia

Ingenio Pantaleon inicia operaciones a mediados del Siglo XIX en la Costa Sur de Guatemala. A lo largo de su trayectoria de más de 173 años, ha sido reconocido a nivel internacional por los altos estándares en la cadena de valor de sus productos.

1.1.1.1. Año 1849

Pantaleon nace el 8 de agosto de 1849, bajo la visión emprendedora de Manuel Maria Herrera al comprar la finca Pantaleon y San Gregorio, entre Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.

1.1.1.2. Año 1870

Manuel Maria Herrera convierte la hacienda de 79 caballerías de tierra plana y 28 caballerías de tierra baldía en la finca Pantaleon, construyendo en parte del terreno el Ingenio Pantaleon.

1.1.1.3. Año 1877

Manuel María Herrera constituye Herrera & Compañía con sus dos hijos mayores: Francisco Herrera Moreno y Carlos Herrera Luna. En 1880, Pantaleon producía 40,000 arrobas de azúcar.

1.1.1.4. Año 1883

Luego de la muerte de su padre, Carlos Herrera Luna se hace cargo de la empresa e inicia la expansión de la capacidad del ingenio, convirtiéndolo en el mayor productor de azúcar de Guatemala. Carlos Herrera Luna incorporó avanzadas técnicas en agricultura que observó en otros países, de donde trajo maquinaria e implementos agrícolas.

1.1.1.5. Año 1893

Se empieza a construir la estación de ferrocarril de Ingenio Pantaleon que conducía al Puerto San José, Guatemala, para hacer eficiente el transporte de la azúcar al puerto y favorecer su exportación.

1.1.1.6. Año 1920

Carlos Herrera Dorión continúa la visión de su padre, Carlos Herrera Luna, y fomenta las exportaciones de azúcar a mercados internacionales.

1.1.1.7. Año 1973

Julio Herrera es nombrado Gerente General y la empresa cambia de nombre para transformarse en Pantaleon, S.A. En la zafra 1974/75 se logra sobrepasar la producción de un millón de quintales de azúcar.

1.1.1.8. Año 1984

Pantaleon asume la administración y control de operación de Ingenio Concepción en Guatemala, agrandando así sus operaciones azucareras.

1.1.1.9. Año 1990

Continuando con la visión empresarial de transformar recursos responsablemente, Ingenio Pantaleon comienza la cogeneración de energía eléctrica a base del bagazo de caña, aportando a la generación de energía sostenible en Guatemala.

1.1.1.10. Año 1992

Se crea Fundación Pantaleon, por parte de miembros de la familia buscando promover el desarrollo social y económico de las comunidades aledañas a las operaciones.

1.1.1.11. Año 1998

Se adquiere Ingenio Monte Rosa, localizado en el occidente de Nicaragua, el cual se ha convertido en el segundo productor más importante de Nicaragua.

1.1.1.12. Año 2004

Aprovechando los recursos de la caña, se construye una destilería en Ingenio Pantaleon para producir etanol y otros productos relacionados de la melaza.

1.1.1.13. Año 2006

En alianza con los Grupos UNIALCO de Brasil y Manuelita de Colombia, se adquiere Ingenio Vale Do Paraná en Brasil, alcanzando una mayor expansión territorial, abriendo nuevas oportunidades.

1.1.1.14. Año 2008

Se inicia con la administración de Ingenio en Honduras.

1.1.1.15. Año 2010

Desde sus inicios, Pantaleon ha mantenido un firme compromiso por el éxito de las personas relacionadas con las operaciones de la organización. Por ello, desde 1868 se crea un centro educativo dentro de las instalaciones. Actualmente, Pantaleon cuenta con cuatro Centros Educativos, dos en Guatemala y dos en Nicaragua, en donde todos los alumnos están becados por la organización. En el 2010, se construye un nuevo centro educativo en Siquinalá, Guatemala, creando un espacio que fomenta una educación integral.

1.1.1.16. Año 2011

Con la visión de convertirse en una de las diez organizaciones más importantes del mundo en la industria azucarera, se incrementa la participación en la sociedad de Vale do Paraná, se aumenta la capacidad de la destilería de Bio Etanol en Guatemala y se adquiere el Ingenio Pánuco en Veracruz, México.

1.1.1.17. Año 2012

Como Grupo, se alcanza una producción de 1 millón de toneladas de azúcar.

1.1.1.18. Año 2018

Inicia producción de azúcar en Brasil.

1.1.1.19. Año 2019

Bajo la visión estratégica de fortalecer la posición de Pantaleon, se toma la decisión de vender las acciones de Ingenio en Honduras.

Como grupo, se concluye la zafra histórica #170.

Inicia operaciones Pantaleon *Commodities Corp.* en Estados Unidos.

1.1.1.20. Año 2020

Se consolida las operaciones en Guatemala.

Se inicia la administración de Ingenio El Mante en Tamaulipas, México.

1.1.1.21. Año 2022

Tras una zafra histórica, Ingenio Panuco se posiciona como el productor de azúcar número uno en México.

Nuestras operaciones en México aumentan su producción substancialmente debido a la mejora de rendimiento luego de la adquisición y ampliación de Ingenio El Mante y el incremento de la capacidad de molienda de Ingenio Panuco.

Bajo la visión estratégica de fortalecer la posición de Pantaleon, se toma la decisión de vender las acciones de Ingenio Vale do Paraná en Brasil.

1.1.1.22. Pantaleon en la actualidad

Con más de 173 años de operación, Pantaleon continúa como un negocio familiar y se ha convertido en uno de los conglomerados más respetados de América Latina.

1.1.2. Misión

“Nuestro propósito es promover el desarrollo, transformando recursos responsablemente.” (Pantaleon, s.f.,)

1.1.3. Visión

“En el año 2030, seremos una de las 10 organizaciones más importantes del mundo en la industria azucarera y productos relacionados.” (Pantaleon, s.f.)

1.1.4. Valores

Desde nuestros inicios en 1849 hasta la fecha, hemos fomentado una cultura basada en valores, principios éticos, confianza y respeto a la dignidad humana.

- Integridad y honestidad
 - Mejora y cambio permanente con visión a largo plazo
 - Respeto por las personas relacionadas y compromiso por su éxito.
- (Pantaleon, s.f.)

1.1.5. Ubicación

La planta de procesamiento de azúcar y el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon se ubican en Km. 86.5, Carretera al Pacífico, Siquinalá, Escuintla, Guatemala.

Figura 1.

Geolocalizacion de ingenio Pantaleon



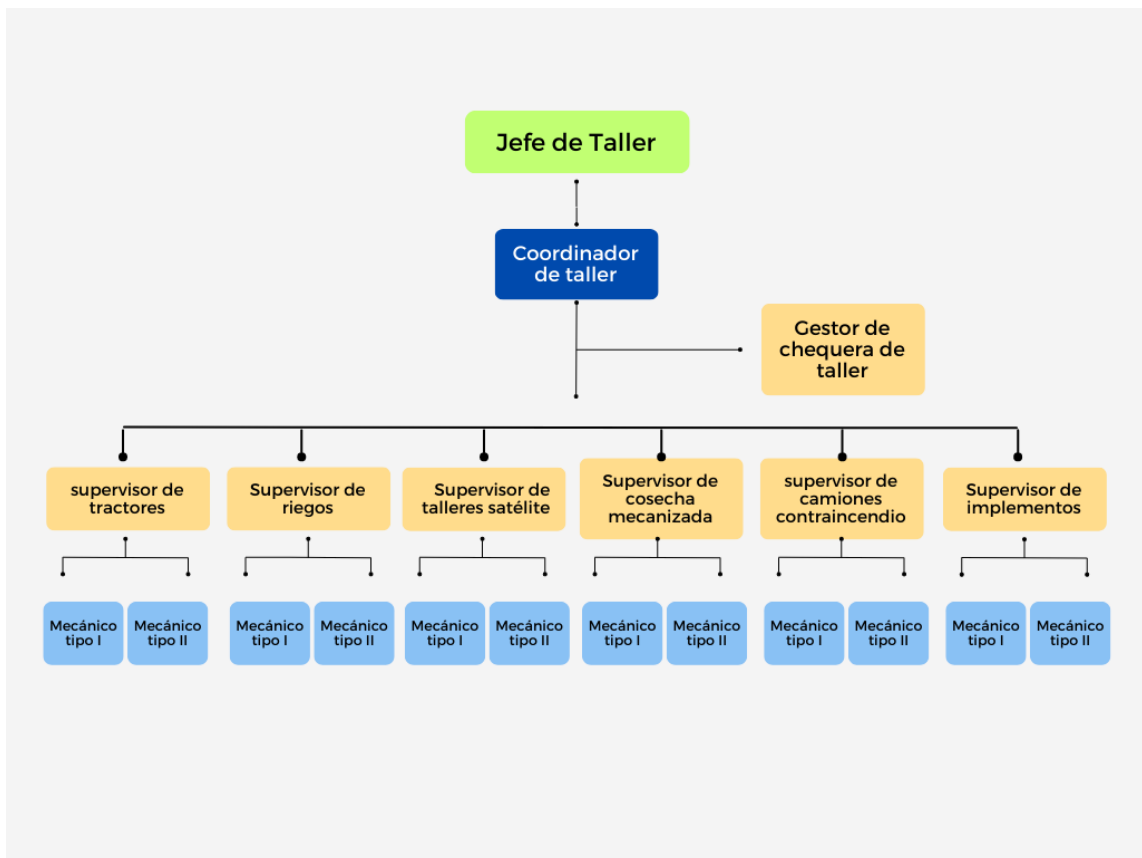
Nota. La figura muestra la ubicación geográfica de ingenio Pantaleon. Obtenido de Google maps. (<https://www.google.com/maps/@14.332324,-90.9928894,2890m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4.>), consultado el 20 de marzo de 2023. De dominio público.

1.1.6. Organigrama

El siguiente organigrama muestra la estructura administrativa en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon.

Figura 2.

Organigrama de taller de maquinaria de ingenio Pantaleon



Nota. Organigrama del taller de maquinaria de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Canva.

1.2. Planteamiento del problema

El taller de maquinaria de producción agrícola de ingenio Pantaleon tiene a cargo que la maquinaria utilizada en producción agrícola cumpla con las exigencias de los procesos de preparación de suelos, fertilización, riego y cosecha de la caña de azúcar, la gran parte de estos procesos son facilitados por tractores, en la preparación de suelo los tractores ayudan al arado del suelo, en el proceso de fertilización los tractores facilitan transportar tanques que contienen los fertilizantes que se utilizan en la siembra de la caña de azúcar, en el proceso de riego se montan aspersores en los tractores para que con estos se pueda realizar el riego de agua a la siembra de la caña de azúcar, en la cosecha de la caña de azúcar se montan remolques a los tractores para que faciliten la recolección de la caña de azúcar ya cortada.

Al ser los tractores maquinaria muy clave en los procesos de producción agrícola el taller de maquinaria requiere de un plan de mantenimiento preventivo que mejore la disponibilidad de los tractores en los procesos productivos agrícolas, para así evitar paros en el proceso productivo, prolongar la vida útil de la maquinaria, documentar el historial de intervenciones en la maquinaria, mitigar las fallas en los dispositivos de la maquinaria y tener menor cantidad de reparaciones no planificadas.

Actualmente el taller de maquinaria agrícola no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para los 150 tractores que se usan para la producción agrícola, lo cual provoca que no se tenga planificada revisiones periódicas en los sistemas que conforman a los tractores para así detectar averías que pueden ser previstas antes de que la maquinaria entre en funcionamiento y esto conlleva a que surjan paros inesperados de la maquinaria y asimismo surjan más intervenciones no planificadas.

1.3. Definición de mantenimiento

El mantenimiento definido por Mantenimiento.win, (s.f.):

Es el procedimiento por el cual se trata un bien determinado de manera que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias externas no lo afecten. Hay muchos campos en los que se puede aplicar el término, ya sea para bienes físicos o virtuales. El mantenimiento suele ser realizado por especialistas en la materia.

El mantenimiento es especialmente importante en los bienes necesarios para la producción de bienes y servicios. De este modo, todos aquellos elementos que se requieren como parte de un proceso de producción económico se probarán regularmente para llegar a una conclusión sobre su mantenimiento. Así, por ejemplo, la maquinaria necesaria en una fábrica y de la que depende la producción, seguramente contará con personal para asegurar su correcto funcionamiento diario, realizando el mantenimiento necesario para que esta circunstancia se produzca de forma regular.

Se puede hacer una distinción entre los diferentes tipos de mantenimiento con el fin de dar una idea general de las posibilidades que pueden existir. Así, se puede referirnos a un mantenimiento vinculado a la

conservación, es decir, a un conjunto de actividades encaminadas a revertir el deterioro causado por el uso; al mantenimiento preventivo, que trata de prevenir problemas y deficiencias en el futuro; al mantenimiento correctivo, cuando se realizan tareas que tienden a reparar defectos y problemas que se producen en el bien considerado; y, por último, al mantenimiento vinculado a la actualización de alguna característica del equipo (este tipo de procedimiento es típico de los distintos tipos de software).

En áreas críticas donde los equipos deben estar siempre operativos, existen protocolos y un alto grado de sofisticación en las tareas de mantenimiento. Esto sucede principalmente porque cualquier fracaso puede resultar en pérdidas económicas significativas, por lo que es preferible asumir los costos del personal dedicado especialmente a esa tarea. Para ayudar a cumplir estos objetivos, también puede haber software especializado disponible para ayudar a los técnicos a realizar sus tareas de conservación. A este nivel de criticidad, el procedimiento suele seguir unas pautas claras y precisas que suelen mejorarse con el tiempo para evitar dejar las circunstancias al azar. (párr. 1-26)

1.3.1. Objetivo del mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades que intentan compensar la degradación causada por el tiempo y el uso en equipos e instalaciones. Los departamentos de mantenimiento, teniendo en cuenta esta definición, intentan asegurar cuatro objetivos básicos: disponibilidad, fiabilidad, vida útil y coste.

El objetivo fundamental del mantenimiento no es, contrariamente a lo que se cree y practica en muchos departamentos de mantenimiento, reparar urgentemente las averías que se producen. El departamento de mantenimiento de una industria tiene como objetivos que deben fijar y dirigir su trabajo:

- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos de acuerdo con el período de amortización de la planta.
- Lograr todo esto dentro de un presupuesto determinado, generalmente el presupuesto de mantenimiento óptimo para esa instalación.

1.3.1.1. Disponibilidad

La disponibilidad de una instalación se define como la proporción de tiempo que la instalación ha sido capaz de producir, independientemente de si ha producido o no finalmente por razones que van más allá de su estado técnico.

El objetivo de mantenimiento más importante es garantizar que la instalación pueda producir un cierto número mínimo de horas al año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es lograr la mayor disponibilidad posible (100 %) ya que esto puede llegar a ser muy caro, no rentable. Por lo tanto, en general, basta con alcanzar el objetivo de disponibilidad a un coste determinado.

La disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo e interpretación. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad jugará un papel fundamental a la hora de juzgar si el departamento de mantenimiento de alguna instalación industrial está llevando a cabo su trabajo correctamente o si es necesario introducir algún tipo de mejora.

Los principales factores para tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- Número total de horas de producción.
- Número de horas de indisponibilidad total para producir, que puede deberse a diferentes tipos de acciones de mantenimiento:
 - Intervenciones de mantenimiento programadas que requieren el cierre de la planta.
 - Intervenciones de mantenimiento correctivo programadas que requieren el cierre de la planta o la reducción de la carga.

- Intervenciones de mantenimiento correctivo no programadas que detienen la producción de forma inesperada y, por lo tanto, tienen un impacto en la planificación de la producción de energía ya completada.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, el número de horas que la planta está lista para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que le impide trabajar a plena carga.
- En cuanto a los valores aceptables de disponibilidad, muchos tipos de instalaciones industriales alcanzan objetivos de disponibilidad superiores al 92 % de forma sostenida (puede obtenerse un año o varios, pero no de forma continua). Se trata de un objetivo bastante ambicioso, siempre que se calcule según la fórmula propuesta por el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos 762/2006. Las instalaciones industriales tienden a buscar objetivos entre el 92 % y el 50 %, en los casos menos exigentes en los que la capacidad de producción es muy superior a la que el mercado es capaz de absorber.

Es importante señalar que el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos desarrolló la norma específica detallada en el párrafo anterior que se refiere a la disponibilidad en una instalación, tratando de evitar interpretaciones parciales que pudieran beneficiar a una parte en beneficio de otra (contratistas y propietarios).

1.3.1.2. Fiabilidad

La fiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir con su plan de producción planificado. En una instalación industrial, normalmente se refiere al cumplimiento de la producción planificada, y

generalmente comprometida con los clientes internos o externos. El incumplimiento de este programa de carga puede dar lugar a sanciones económicas, de ahí la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación.

Hay dos factores que deben tenerse en cuenta al calcular este indicador:

- Horas de producción anuales, como se detalla en el apartado anterior.
- Horas anuales de parada o reducción de carga debido exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Como se puede observar, para el cálculo de este objetivo no se tienen en cuenta ni las horas dedicadas a mantenimiento preventivo programado que impliquen parada de planta ni las dedicadas a mantenimiento correctivo programado. Para un cálculo correcto y coherente de este factor, siempre se debe definir la distinción entre mantenimiento correctivo programado y no programado. Así, en muchas instalaciones industriales es común considerar que un fallo detectado pero cuya reparación puede posponerse por 48 horas o más se considera mantenimiento correctivo programado, y por lo tanto no se computa para calcular la fiabilidad. Una intervención que implique la parada inmediata de la planta o una parada en menos de 48 horas se considera mantenimiento correctivo no programado, por lo que su duración se tiene en cuenta a la hora de calcular la fiabilidad.

El objetivo de mantenimiento es asegurar que este parámetro esté siempre por encima de un valor establecido en el diseño técnico-económico de la planta, y su valor suele ser muy alto (igual o superior al 99,0 %). Una instalación bien gestionada no debería tener problemas para alcanzar este valor.

1.3.1.3. Vida útil

El tercer objetivo importante de mantenimiento es garantizar una larga vida útil de la instalación. En otras palabras, las plantas industriales deben estar en un estado de degradación según lo previsto, de modo que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento queden fuera de sus objetivos durante un largo período de tiempo, normalmente en consonancia con el período de amortización de la planta. La vida útil de una instalación industrial típica suele estar comprendida entre 20 y 30 años, durante los cuales los objetivos de rendimiento y mantenimiento de la planta deben estar siempre dentro de los valores preestablecidos.

Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, bajo presupuesto, falta de recursos y personal y basado en reparaciones provisionales, provoca la rápida degradación de cualquier instalación industrial. Es característico de las plantas mal gestionadas, ya que a pesar de que ha transcurrido poco tiempo desde su puesta en marcha inicial, el aspecto visual no se corresponde con su juventud (en términos de vida útil).

1.3.1.4. Coste

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden alcanzarse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe alcanzar los objetivos fijados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. Como se ha mencionado en el apartado anterior, este presupuesto debe calcularse con el máximo cuidado, ya que un presupuesto inferior al que requiere la instalación empeora irremediabilmente los resultados de producción

y reduce la vida útil de la instalación; por otro lado, un presupuesto superior al que requiere la instalación empeora los resultados de la cuenta de explotación.

1.4. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo definido por Tractian, (2022):

Es una herramienta muy usada en el día a día del mantenimiento de activos y existe para alargar la vida útil de los mismos, evitando su depreciación o el deterioro por averías. Algunas de las acciones consideradas clásicas dentro del mantenimiento preventivo son:

- Limpieza
- Lubricación
- Reparaciones necesarias
- Sustitución de piezas

Es importante resaltar que las acciones preventivas pueden variar en dependencia de las necesidades específicas de cada activo. Siendo así, resulta esencial elaborar un plan preventivo teniendo en cuenta tales variaciones para lograr la mayor efectividad posible. (pp. 5-7)

1.4.1. Tipos de mantenimiento preventivo

Hay varios tipos de mantenimiento preventivo, que exigen además distintos tipos de tecnologías y niveles de experiencia del profesional que los ejecuta. Sin embargo, los más comunes son:

- Mantenimiento programado
- Mantenimiento basado en uso

1.4.1.1. Mantenimiento programado

El mantenimiento preventivo según plazo o calendario se lleva a cabo en el momento programado, que se basa en un intervalo de tiempo. La tarea de mantenimiento se efectúa cuando se acerca la fecha prevista y se han creado las órdenes de trabajo correspondientes.

1.4.1.2. Mantenimiento basado en el uso

El mantenimiento preventivo según uso depende de la utilización real de un activo. En este tipo de mantenimiento, para determinar la fecha de una tarea de mantenimiento o inspección futura, se tiene en cuenta el uso medio diario de un activo o la exposición a factores ambientales.

1.4.2. ¿Cuándo programar el mantenimiento preventivo?

En el caso del programado, es necesario determinar la frecuencia con la cual el equipo deberá ser revisado y limpiado.

Ejemplo: cambiar el aceite del carro cada tres meses o cambiar el filtro del aire acondicionado/ calefacción cada seis meses.

En el mantenimiento basado en el uso, es importante determinar cuáles son los equipos que necesitan ser revisados con mayor frecuencia.

Ejemplo: cambiar el aceite del carro cada 3,000 km, independientemente de que haya recorrido esa distancia en un mes o en tres.

Por lo general, el mantenimiento basado en el uso es el mejor de los métodos. Claro que, si el activo funciona de forma constante, es recomendable optar por un mantenimiento programado. Algunas veces, las condiciones de operación del activo cambian, y en este caso, es imprescindible modificar los planes preventivos en función de las nuevas condiciones y así evitar la ocurrencia de fallas.

1.4.3. Beneficios del mantenimiento preventivo

Los principales beneficios del mantenimiento preventivo se reducen a la confiabilidad. Si se mantiene el activo en un buen estado de conservación, es menos probable que este se rompa, y, por lo tanto, tendrá mayor tiempo de vida útil. De esta forma, también disminuirán o desaparecerán por completo las paradas en la línea de producción, permitiendo ahorros significativos. Otros beneficios del mantenimiento preventivo son:

- Prolongación de la vida útil de los activos.
- Aumento de la seguridad y disminución del riesgo de lesiones.
- Planificación optimizada del mantenimiento y mejor asignación de recursos.

- Reparaciones correctivas más baratas.
- Mayor margen de lucro debido a la disminución del tiempo de parada.

1.5. Descripción del tractor agrícola

El tractor definido por Maquinas Pesadas, (2015):

Es un vehículo autopropulsado, para lo cual está dotado con un motor de combustión interna, que está especialmente diseñado para:

- desplazarse sobre el suelo agrícola o forestal.
- empujar, tirar, remolcar y accionar máquinas agrícolas o forestales.

Otras características generales son:

- es capaz de suministrar un gran esfuerzo de tracción (capacidad de tirar de grandes fuerzas en relación con su peso).
- es capaz de desplazarse aun donde la adherencia no es buena.
- tiene por diseño una velocidad máxima de desplazamiento de 40 km/h. (pp. 2-4)

1.6. Características de un tractor agrícola

A continuación, se detallarán las características: constitución del tractor, trabajos que puede realizar y clasificación de los tractores.

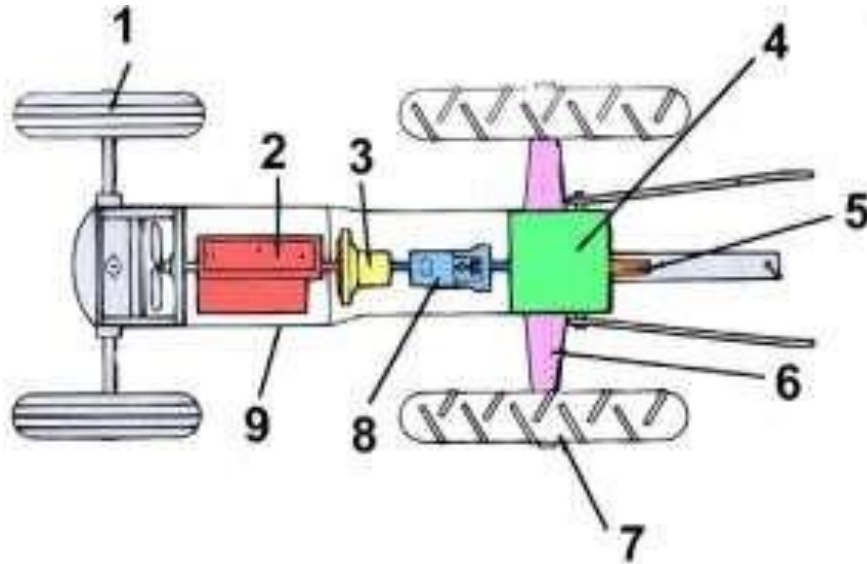
1.6.1. Constitución del tractor

Aunque existe bastante diversidad en el diseño de tractores, en uno convencional se pueden distinguir una serie de partes fundamentales, como se puede ver en la figura 3.

- Ruedas directrices
- Motor
- Embrague
- Diferencial
- Toma de fuerza
- Palier y reducción final
- Ruedas motrices
- Caja de cambios y grupo reductor
- Bastidor

Figura 3.

Componentes del tractor



Nota: Componentes del tractor. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariapesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

1.6.1.1. Bastidor

Es un armazón metálico, muy consistente, sobre el cual se sujetan los mecanismos fundamentales del tractor.

1.6.1.2. Motor

Conjunto de órganos y sistemas destinados a transformar la energía calorífica, liberada en la combustión del gas-oil, en energía mecánica, produciendo el giro del cigüeñal (eje del motor).

1.6.1.3. Transmisión

Es el conjunto de elementos que transportan la energía generada por el motor hasta las ruedas y los dispositivos específicos para accionar otras máquinas agrícolas (toma de fuerza, polea, ...). La transmisión está a su vez compuesta de:

1.6.1.3.1. Embrague

Es el dispositivo por el que se puede transmitir o interrumpir el movimiento de giro del motor al resto de la transmisión (caja de cambios y diferencial).

1.6.1.3.2. Caja de cambios

Es el conjunto de ejes y engranajes mediante los cuales se consigue adecuar la velocidad de avance y el esfuerzo de tracción del tractor a las necesidades de cada máquina, apero, o situación.

1.6.1.3.3. Diferencial

Es el conjunto de engranajes que permiten que las dos ruedas motrices del tractor tengan diferentes velocidades de giro para que éste pueda tomar las curvas con facilidad.

1.6.1.3.4. Reducción final

Es el mecanismo encargado de reducir, después de la caja de cambios, la velocidad de giro de las ruedas y aumentar el esfuerzo de tracción.

1.6.1.3.5. Palieres

Son los ejes encargados de transmitir el movimiento desde el diferencial hasta las ruedas, pasando por la reducción final. Cada palier está dividido en dos semi-palieres.

1.6.1.3.6. Ruedas

Son los elementos que, apoyándose en el suelo, soportan el peso del tractor y le permiten desplazarse sobre el mismo.

1.6.1.3.7. Toma de fuerza

Es el eje que, accionado por el motor, se encarga de dar movimiento a determinado tipo de máquinas acopladas al tractor.

1.6.1.4. Elevador hidráulico

Es el elemento que permite elevar, suspendiéndolos en el aire, o descender, posándolos en el suelo, los aperos acoplados al tractor.

1.6.1.5. Enganche

Es mecanismo que permite acoplar máquinas o aperos al tractor.

1.6.1.6. Dirección

Es el conjunto de piezas destinado a dirigir al tractor hacia el lugar elegido por el tractorista. Actúa sobre las ruedas delanteras, llamadas por esto directrices.

1.6.1.7. Frenos

Son los dispositivos encargados de disminuir la velocidad del tractor e incluso de detenerlo totalmente.

1.6.2. Trabajos que puede realizar

El tractor es una máquina de múltiples aplicaciones en la agricultura y selvicultura actuales. Los trabajos que puede realizar un tractor se pueden clasificar en: estacionarios, de transporte, de arrastre, de empuje y combinados.

1.6.2.1. Estacionarios

Aunque los tractores son conocidos principalmente por su capacidad para desplazarse y realizar diversas labores agrícolas en el campo, también pueden llevar a cabo varias funciones cuando están estacionarios. Algunos de los trabajos estacionarios comunes incluyen: por medio de la toma de fuerza y por medio del equipo hidráulico.

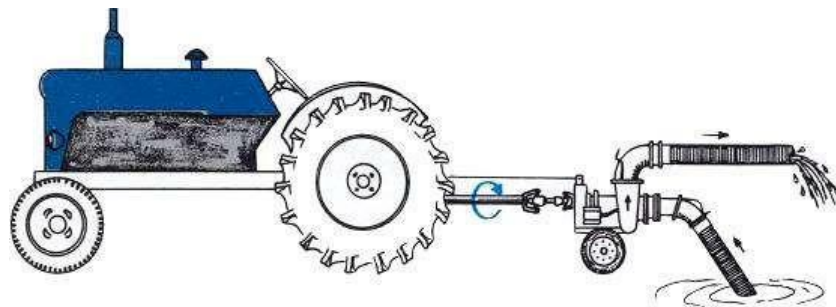
1.6.2.1.1. Por medio de la toma de fuerza

Un tractor estacionario puede alimentar y accionar otras máquinas estacionarias, como bombas de agua, generadores eléctricos, trituradoras, entre otros. Esto es útil en entornos agrícolas, industriales o de construcción.

Por ejemplo: accionar una bomba de riego, como se puede ver en la figura 4.

Figura 4.

Tractor accionando una bomba de riego



Nota: Tractor accionando una bomba de riego. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

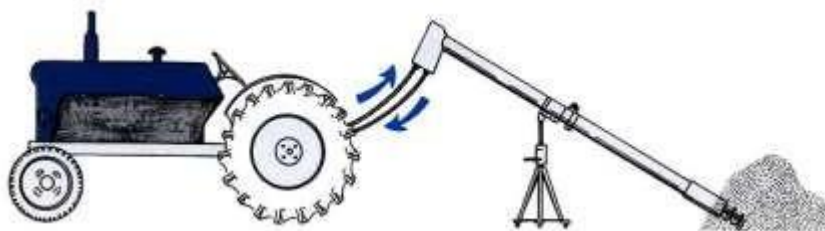
1.6.2.1.2. Por medio del equipo hidráulico

Los tractores modernos suelen estar equipados con sistemas hidráulicos que pueden utilizarse para suministrar energía a implementos hidráulicos estacionarios, como prensas, elevadores u otros dispositivos que requieran fuerza hidráulica.

Por ejemplo: accionar un elevador de grano, como se puede ver en la figura 5.

Figura 5.

Tractor accionando un elevador de grano



Nota: Tractor accionando un elevador de grano. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariapesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

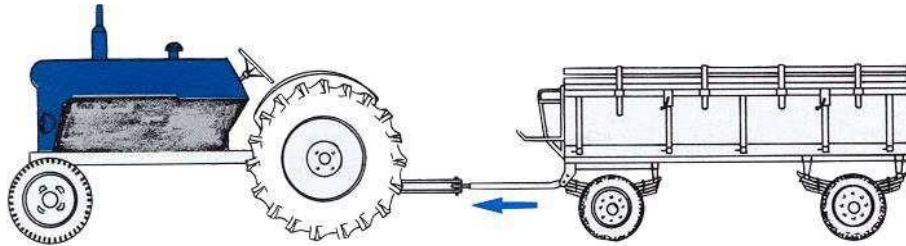
1.6.2.2. De transporte

Los tractores son comúnmente utilizados para transportar diversos tipos de carga, y sus trabajos de transporte pueden abarcar una variedad de aplicaciones en diferentes industrias.

Por ejemplo: tirar de un remolque, como se puede ver en la figura 6.

Figura 6.

Tractor tirando de un remolque



Nota: Tractor tirando de un remolque. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

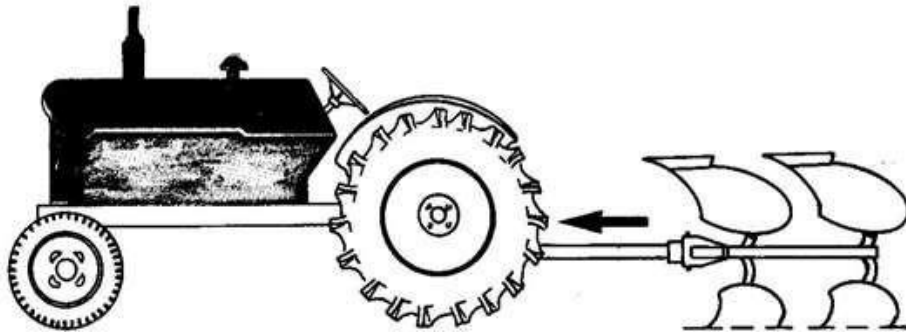
1.6.2.3. De arrastre

El arrastre es una función común de los tractores, y se refiere a la capacidad de tirar o remolcar cargas utilizando un enganche en la parte trasera del tractor.

Por ejemplo: tirar de un arado, como se puede ver en la figura 7.

Figura 7.

Tractor tirando de un arado



Nota: Tractor tirando de un arado. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

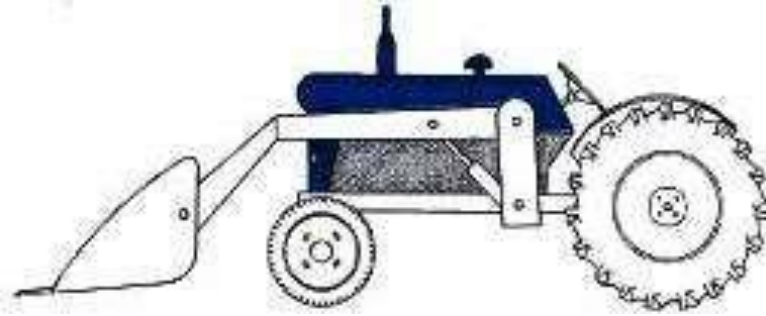
1.6.2.4. De empuje

El empuje es otra función importante de los tractores, y se refiere a la capacidad de ejercer fuerza hacia adelante para mover, empujar o tirar de objetos o implementos.

Por ejemplo: trabajar con una pala cargadora, como se puede ver en la figura 8.

Figura 8.

Tractor con pala



Nota: Tractor con pala. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

1.6.2.5. Combinados

Los tractores son máquinas versátiles que pueden realizar una variedad de trabajos combinados, aprovechando la capacidad de arrastre y empuje, así como el uso de implementos especializados.

1.6.2.5.1. Arrastre y toma de fuerza

Los tractores pueden realizar una amplia variedad de trabajos combinando las funciones de arrastre y toma de fuerza.

- Labranza y siembra: un tractor puede utilizar la toma de fuerza para alimentar una sembradora mientras arrastra implementos de labranza, como arados o cultivadores, preparando el suelo y sembrando cultivos simultáneamente.

- Fertilización y labranza: al conectar un esparcidor de fertilizante a la toma de fuerza, el tractor puede fertilizar el campo mientras realiza labranza con implementos de arrastre.
- Cosecha y transporte: durante la cosecha, el tractor puede utilizar la toma de fuerza para accionar una cosechadora mientras arrastra un remolque para transportar los cultivos cosechados a lugares de almacenamiento.
- Corte y empaçado de forraje: al conectar una segadora a la toma de fuerza, el tractor puede cortar el forraje mientras arrastra una empacadora para compactar y embalar el material cortado.
- Riego y transporte: un tractor puede utilizar la toma de fuerza para alimentar una bomba de agua y, al mismo tiempo, arrastrar un remolque que transporte tuberías de riego o equipos asociados.
- Movimiento de materiales y trituración: con la toma de fuerza, el tractor puede accionar una trituradora mientras arrastra un remolque para transportar materiales triturados o desechos.
- Labranza y plantación: utilizando implementos de labranza conectados al tractor, se puede preparar el suelo mientras se utiliza la toma de fuerza para accionar un mecanismo de plantación, combinando la preparación del suelo con la siembra.
- Manejo de residuos y transporte: un tractor puede utilizar la toma de fuerza para operar un sistema de compactación de residuos mientras arrastra un remolque para transportar los desechos compactados a un área de eliminación.

- Operaciones forestales: al conectar un cabrestante a la toma de fuerza, el tractor puede arrastrar troncos después de la tala, mientras que implementos de labranza pueden preparar el suelo forestal para futuras plantaciones.
- Pastoreo y mantenimiento: en la agricultura ganadera, el tractor puede usar la toma de fuerza para accionar implementos de mantenimiento del pasto mientras arrastra vallas móviles para gestionar el pastoreo.

1.6.2.5.2. Transporte y toma de fuerza

Los tractores pueden realizar trabajos combinados de transporte y toma de fuerza al mismo tiempo, lo que permite una mayor eficiencia y versatilidad en diversas aplicaciones.

- Transporte de productos agrícolas y accionamiento de equipos: un tractor puede transportar productos agrícolas, como fardos de heno o cosechas, mientras alimenta la toma de fuerza para accionar equipos como una máquina empacadora o una trituradora de forraje.
- Transporte de materiales de construcción y accionamiento de herramientas: en el sector de la construcción, un tractor puede transportar materiales como ladrillos o madera mientras utiliza la toma de fuerza para alimentar herramientas eléctricas en el lugar de trabajo.
- Transporte de residuos y operación de compactadoras: durante las operaciones de gestión de residuos, un tractor puede transportar contenedores de residuos mientras utiliza la toma de fuerza para operar una compactadora de residuos en el mismo vehículo.

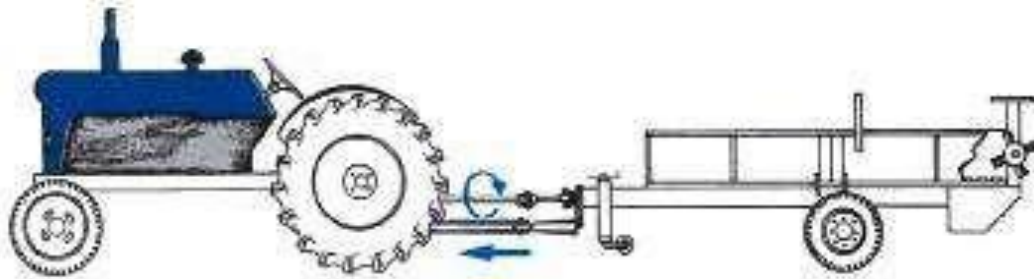
- Transporte de equipos agrícolas y accionamiento de implementos: un tractor puede transportar implementos agrícolas, como arados o sembradoras, mientras utiliza la toma de fuerza para accionar el implemento cuando llega al lugar deseado.
- Transporte de materiales de granja y accionamiento de equipos estacionarios: en una granja, un tractor puede transportar insumos agrícolas o materiales mientras utiliza la toma de fuerza para alimentar equipos estacionarios como bombas de agua o generadores eléctricos.
- Transporte de materiales en operaciones forestales y accionamiento de equipos: en operaciones forestales, un tractor puede transportar troncos de madera mientras utiliza la toma de fuerza para accionar equipos estacionarios, como sierras o procesadoras de troncos.
- Transporte de materiales en operaciones de paisajismo y accionamiento de herramientas: durante trabajos de paisajismo, un tractor puede transportar materiales como tierra o rocas mientras utiliza la toma de fuerza para accionar herramientas como una niveladora o una trituradora de piedras.
- Transporte de equipos pesados y accionamiento de herramientas: en operaciones de construcción, un tractor puede transportar equipos pesados como excavadoras o cargadoras mientras utiliza la toma de fuerza para accionar herramientas auxiliares en el lugar de trabajo. Por ejemplo, remolque accionado, como se puede ver en la figura 9.
- Transporte de materiales en entornos industriales y accionamiento de equipos: en entornos industriales, un tractor puede transportar materiales

entre áreas mientras utiliza la toma de fuerza para alimentar equipos estacionarios, como compresores o generadores.

- Transporte de productos a granel y accionamiento de equipos: un tractor puede transportar productos a granel, como granos o materiales a granel, mientras utiliza la toma de fuerza para operar equipos de carga o descarga.

Figura 9.

Tractor tirando y accionando un remolque



Nota: Tractor tirando y accionando un remolque. Obtenido de Máquinas Pesadas (s.f.). *El tractor. Tipo y componentes.* (<https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

Todas estas posibilidades se resumen en 4 grandes acciones que constituyen las aplicaciones básicas del tractor:

- Remolcar.
- Arrastrar.
- Empujar.
- Transmitir movimiento.

1.6.3. Clasificación de los Tractores Agrícolas

Los tractores agrícolas se pueden clasificar según Universidad Agrícola, (s.f.): el tipo de tracción, su sistema motriz y su potencia. (párr. 2)

1.6.3.1. Tipos de tractor agrícola según el tipo de tracción

Los tractores agrícolas pueden clasificarse según el tipo de tracción que utilizan. La tracción se refiere al sistema de transmisión que impulsa las ruedas del tractor.

1.6.3.1.1. Tractores agrícolas de tracción simple

Son aquellos tractores que poseen tracción únicamente en las ruedas traseras, dejando la dirección para las ruedas delanteras, como se puede ver en la figura10.

1.6.3.1.2. Tractores agrícolas de tracción asistida

Se trata de aquellos tractores que poseen tracción en ambos ejes (delantero y trasero) y dejan la función directriz para el eje delantero. En este caso las ruedas delanteras son de menor tamaño que las traseras, como se puede ver en la figura10.

1.6.3.1.3. Tractores agrícolas de doble tracción

La doble tracción significa que cuenta con tracción en las ruedas delanteras y traseras. La diferencia con los tractores agrícolas de tracción asistida es que, en este caso, las ruedas delanteras y traseras poseen el mismo diámetro, como se puede ver en la figura 10.

De esta manera se logra un rendimiento superior con un importante ahorro en combustible, además de lograr una mayor potencia y menores riesgos de que las ruedas patinen.

En definitiva, cuanto más grandes son las dimensiones del terreno a trabajar, más factible resulta la adquisición de un tractor de doble tracción.

1.6.3.2. Tipos de tractor agrícola según su sistema motriz

Los tractores agrícolas pueden clasificarse según su sistema motriz, que se refiere a cómo la energía se transmite desde el motor a las ruedas o el sistema de orugas.

1.6.3.2.1. Tractor agrícola general

Se trata del típico tipo de tractor que se nos viene a la mente con ruedas delanteras de menor tamaño y ruedas traseras más grandes. Se emplean sobre todo en tareas de arrastre de remolques y herramientas específicas para labrar y sembrar los terrenos.

1.6.3.2.2. Tractores agrícolas articulados

Los tractores articulados poseen 4 ruedas de igual tamaño y disponen de un tren motriz articulado que mejora la capacidad de maniobrar a la hora de desempeñar tareas en el campo.

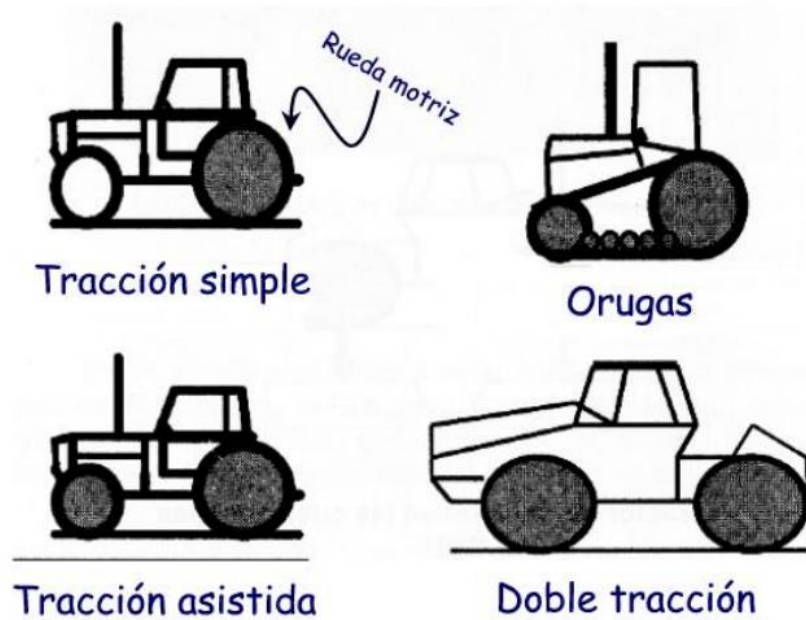
Su elevada potencia les permite recorrer mayores distancias a una velocidad superior, lo cual compensa su menor capacidad de tracción en terrenos irregulares y complicados, para los que los tractores de oruga resultan de mayor utilidad.

1.6.3.2.3. Tractores agrícolas de oruga

Los tractores de orugas se caracterizan por no tener ruedas sino eslabones rígidos rodeados por un cinturón flexible. Este tipo de tractores facilitan enormemente la actividad agrícola en terrenos pequeños con grandes pendientes, blandos e irregulares ya que su sistema motriz le aporta una mayor capacidad de tracción y un centro de gravedad bajo, como se puede ver en la figura10.

Figura 10.

Tipos de tractores agrícolas



Nota: Tipos de tractores agrícolas. Obtenido de A. Vallejos (s.f.). *El tractor agrícola.*. (<https://fddocuments.es/document/capitulo-5-el-tractor-agrcola-tractor-agrcola-el-tractor-esta-equipado-con.html?page=1>) Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

1.6.3.3. Tipos de tractor agrícola según su potencia

Los tractores agrícolas también pueden clasificarse según su potencia, medida generalmente en caballos de fuerza (HP). Esta clasificación ayuda a determinar la capacidad del tractor para realizar diversas tareas en el campo.

1.6.3.3.1. Tractores agrícolas de categoría 1 (potencia entre 15 y 40 HP)

Son aquellos tractores de menor tamaño y potencia diseñados especialmente para realizar tareas de jardinería o funciones agrícolas muy básicas.

1.6.3.3.2. Tractores agrícolas de categoría 2 (potencia entre 40 y 120 HP)

Se puede decir que es el tipo de tractor más habitual ya que poseen la potencia suficiente para arrastrar remolques y otro tipo de herramientas, que son las tareas más comunes.

1.6.3.3.3. Tractores agrícolas de categoría 3 (potencia entre 120 y 200 HP)

Los tractores agrícolas con una potencia comprendida entre 120 y 200 hp son menos utilizados que el tipo anterior y se emplean para tareas específicas en las que se requiere mayor potencia de lo normal.

1.6.3.3.4. Tractores agrícolas de categoría 4 (potencia >200 HP)

Son los menos habituales, ya que generalmente no se requiere de una potencia tan elevada. Especialmente pueden ser empleados en terrenos muy accidentados y donde se precisa de una gran capacidad de arrastre.

1.7. Partes del tractor agrícola

Según la definición de Di Prinzio, Magdalena, & Behemer, (2011): “Un tractor agrícola consta de varias partes que trabajan en conjunto para proporcionar la potencia y las funciones necesarias para llevar a cabo diversas tareas agrícolas”. (p. 10)

1.7.1. El motor

El tractor consta de un motor, que es el encargado de proveer la energía necesaria para la tracción, su autotransporte y para el movimiento de las máquinas accionadas por la toma de potencia. En los tractores modernos dicho motor es del tipo diésel. A continuación, se detallan las partes del motor.

1.7.1.1. Bloque

Es el cuerpo del motor, en general construido en fundición de hierro, donde van instalados los órganos móviles.

1.7.1.2. Cilindro

Pieza que permite el deslizamiento del pistón. En muchos motores el cilindro es intercambiable y se denomina camisa; este tubo de fundición perlítica, tratado interiormente, puede estar colocado a presión dentro del bloque (camisa seca) o bien formando parte de la cámara de agua (camisa húmeda). En los motores refrigerados por aire los cilindros están montados en forma independiente.

1.7.1.3. Pistón y aros

El pistón es una pieza construida usualmente con aleación de aluminio, que se desplaza con movimiento alternativo dentro del cilindro. Posee ranuras donde se alojan los aros, que son anillos elásticos fabricados con aceros especiales cuya función es sellar el pistón contra la pared del cilindro, evitando la fuga de compresión y el paso de aceite a la cámara de combustión. El pistón está provisto de aros de compresión y aros barredores de aceite.

1.7.1.4. Biela

Es una pieza de acero forjado que une al pistón con el cigüeñal. Permite transformar el movimiento alternativo del pistón en movimiento de rotación del cigüeñal. En la parte superior o pie de la biela tiene un buje de bronce fosforoso por donde pasa un perno denominado "perno del pistón". En la parte inferior o cabeza de biela está alojado el cojinete de biela que la une al cigüeñal.

1.7.1.5. Cigüeñal - bancada – cojinetes

En la parte inferior del bloque se ubica el cigüeñal, que es un eje acodado hecho en acero forjado con tratamientos especiales. Juntamente con la biela constituye el mecanismo biela-manivela, el que transforma el movimiento alternativo de los pistones en movimiento de rotación. Está montado sobre las bancadas en sus respectivos cojinetes.

1.7.1.6. Cáster

En la parte inferior del bloque se encuentra ubicado el cáster. Es un receptáculo que cumple la función de hermetizar y contener el aceite necesario para la lubricación del motor.

1.7.1.7. Tapa de cilindros

Es una pieza de hierro o aluminio, entera en los motores refrigerados por agua o individual en los refrigerados por aire, que cierra la parte superior del cilindro delimitando la cámara de combustión. En ella se colocan las válvulas, los balancines y los inyectores.

1.7.1.8. Volante

Pieza colocada en un extremo del cigüeñal, cuya función es uniformar el movimiento de rotación valiéndose de la inercia que adquiere al girar. Sobre el volante se coloca la corona de arranque.

1.7.1.9. Engranajes de distribución

Están ubicados generalmente en la parte delantera del motor y cumplen la función de transmitir en forma sincronizada el movimiento desde el cigüeñal al árbol de levas, a la bomba inyectora y, en algunos motores, a la bomba de aceite.

Figura 11.

Partes del motor

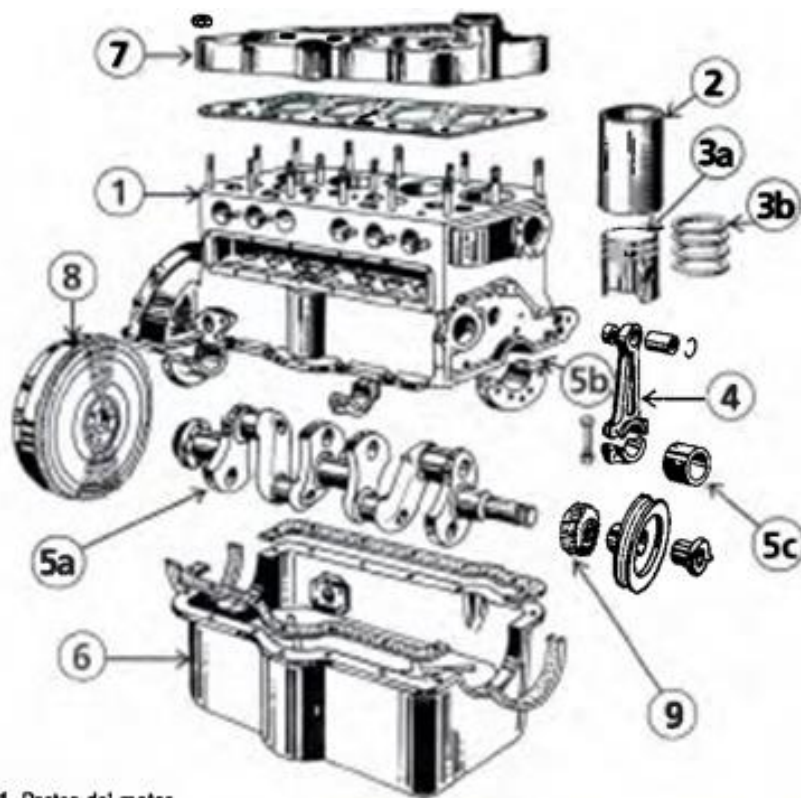


Figura 1. Partes del motor

1. bloque; 2. cilindro; 3a. pistón; 3b. aros; 4 biela; 5a. cigüeñal; 5b. bancada; 5c. cojinete; 6. cárter; 7. tapa de cilindros; 8. volante; 9. engranajes de distribución

Nota: Partes del motor. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.13). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.1.10. Árbol de levas

Se encuentra colocado dentro del bloque y es accionado por el cigüeñal. Contiene levas (excéntricos), las que al desplazar a los botadores provocan la apertura de las válvulas.

1.7.1.11. Balancines

Están ubicados en la tapa de cilindros y transmiten el movimiento de los botadores a las válvulas. Entre el botador y el balancín se encuentra la varilla de empuje.

1.7.1.12. Válvulas

Son piezas de acero forjado que cierran los orificios de admisión y escape; por lo tanto, se las denomina válvulas de admisión o escape. El cierre lo realizan sobre el asiento de válvula. Los resortes de válvulas obligan a que éstas permanezcan cerradas.

1.7.1.13. Bomba de aceite

Impulsa el aceite mediante engranajes o rotores a todas las partes móviles del motor asegurando su lubricación.

1.7.1.14. Sistema de inyección

Dosifica, distribuye e inyecta el combustible para el funcionamiento del motor. Está integrado por la bomba de alimentación, la bomba de inyección, los dispositivos de control de la inyección y los inyectores.

1.7.1.15. Múltiple de admisión y escape

Son conductos que permiten la entrada de aire y facilitan la salida de los gases de combustión de los cilindros. El diseño de los múltiples de admisión y escape deberá favorecer la circulación de los gases en su interior para mejorar el rendimiento del motor.

1.7.1.16. Turbocompresor

Con el objeto de aumentar el rendimiento de los motores, es cada vez más frecuente la incorporación de un sistema de sobrealimentación de aire o turbocompresor. Este mecanismo, accionado por los gases de escape, impulsa el aire de admisión al cilindro, mejorando el rendimiento volumétrico con un consecuente aumento de la potencia efectiva.

Esto trae como consecuencia la elevación de la temperatura del aire a valores del orden de 600 C. En este punto el cigüeñal ha dado otra media vuelta y el pistón cumplió otra carrera.

1.7.1.17. Expansión

Cuando el pistón se encuentra cercano al punto muerto superior se inyecta el combustible finamente pulverizado, que al entrar en contacto con el aire caliente se combustiona. El aumento de la temperatura y la expansión de los gases provocan un considerable incremento de la presión dentro de la cámara de combustión, lo que obliga al pistón a dirigirse hasta el punto muerto inferior. Al finalizar esta carrera, el cigüeñal habrá completado otra media vuelta y el pistón habrá realizado su tercera carrera.

1.7.1.18. Escape

En las proximidades del punto muerto inferior se abre la válvula de escape y luego el pistón se dirige al punto muerto superior, favoreciendo el barrido de los gases de combustión.

Al llegar al punto muerto superior, la válvula de escape se cierra y el cigüeñal habrá dado otra media vuelta. Luego recomienza el ciclo descrito.

Resumiendo, en cada ciclo el pistón realiza cuatro carreras y el cigüeñal cumple dos vueltas.

Por lo observado, cada válvula se abre una sola vez en todo el ciclo; ello implica que el árbol de levas debe dar una vuelta por ciclo.

Las válvulas no se abren ni se cierran en el momento exacto en que el pistón llega a los puntos muertos, sino que existen avances o retrocesos, tanto en la admisión como en el escape. El grado de desfasaje o cruce de válvulas lo determina cada fabricante, con la finalidad de optimizar el funcionamiento de su motor.

Para mejorar la funcionalidad se utilizan motores de varios cilindros, los que se numeran de adelante hacia atrás. En el caso de un motor de cuatro cilindros, cuando los pistones 1 y 4 están en el punto muerto superior, los pistones 2 y 3 estarán en el punto muerto inferior, pero todos en una fase distinta. En la media vuelta siguiente ocuparán la posición inversa.

Los fabricantes de motores ordenan la combustión de los cilindros con el propósito de regularizar la marcha, disminuir los esfuerzos sobre los cojinetes y mejorar la circulación del aire y los gases en los múltiples de admisión y escape.

Un orden habitual de combustión para un motor de cuatro tiempos y de cuatro cilindros es: 1; 3; 4; 2.

De esta manera, en cada media vuelta del cigüeñal habrá un cilindro en expansión, es decir, realizando el tiempo motor.

El cigüeñal recibe energía en forma puntual durante su giro. Por lo tanto, necesita la incorporación del volante, que acumula energía y la entrega para que puedan cumplirse los tiempos restantes.

1.7.1.19. Motores de inyección directa

En estos motores la inyección se produce dentro de la cámara de combustión, donde la cabeza del pistón posee una concavidad que actúa como cámara de turbulencia. La inyección de combustible debe ser efectuada por inyectores de más de un orificio de salida (3 a 8) y a una presión de 200 bar, con la finalidad de mejorar la combustión.

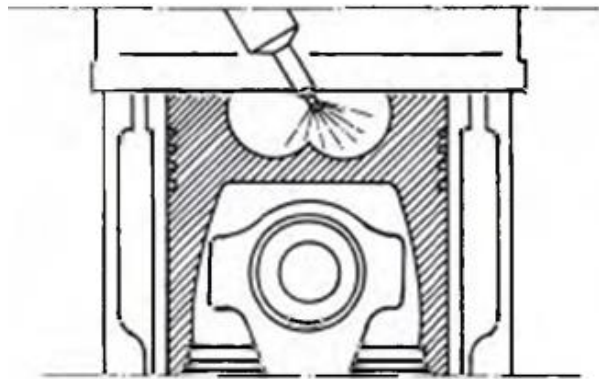
1.7.1.20. Motores de inyección indirecta

Algunos viejos modelos detractores, aún en uso, se equipaban con motores de inyección indirecta. En este caso la inyección de combustible se produce en una precámara de combustión que está comunicada a la cámara de combustión por medio de un conducto. Por el diseño propio de esta precámara

se genera un intenso movimiento del aire comprimido por el pistón, que facilita la mezcla con el combustible.

Figura 12.

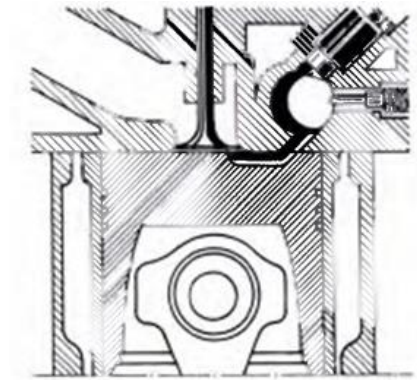
Inyección directa



Nota: Inyección directa. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.19). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

Figura 13.

Inyección indirecta



Nota: Inyección indirecta. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.20). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.2. Sistemas de inyección de combustible

En los tractores agrícolas y en los motores en general, el sistema de inyección de combustible es crucial para la eficiencia y el rendimiento del motor.

1.7.2.1. Sistemas mecánicos

Una bomba alimentadora impulsa el combustible a la bomba de inyección. Ésta es la encargada de dosificarlo y enviarlo a alta presión por tubos especiales hacia los inyectores, situados en la tapa de cilindros, que lo inyectan en las cámaras de combustión al finalizar la carrera de compresión.

Existe, además, una cañería de retorno que envía al tanque el excedente de combustible de la bomba inyectora y de los inyectores.

1.7.2.2. Bomba inyectora

Esta bomba está construida con extrema precisión, a los efectos de lograr las elevadas presiones de trabajo que se necesitan para conseguir la pulverización del combustible.

Existen dos tipos de bombas inyectoras:

- Lineal
- Rotativa

1.7.2.2.1. Bomba inyectora lineal

Está constituida por los siguientes elementos:

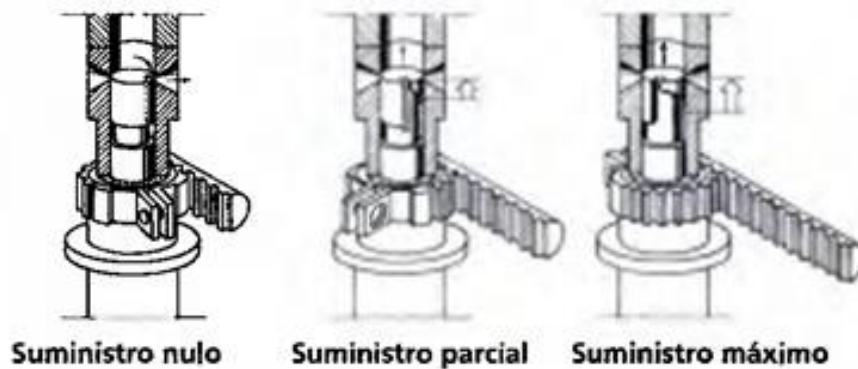
- Cuerpo: en su interior se encuentran alojados todos los elementos que la integran.
- Árbol de mando: hace funcionar a los dispositivos de bombeo. Es similar al árbol de levas del motor.
- Dispositivos de bombeo: son pequeños pistones provistos de una ranura helicoidal, que dosifican y envían el combustible hacia los inyectores. El número de dispositivos de bombeo es igual al número de cilindros del motor.
- Botadores: son de rodillo y están ubicados entre las levas y los dispositivos de bombeo.

- Cremallera: hace variar la posición de los dispositivos de bombeo para regular el envío de combustible al motor.
- Válvulas de retención: están ubicadas sobre los dispositivos de bombeo y tienen la función de contribuir a mantener la presión de inyección.

La lubricación de esta bomba inyectora se hace por medio del aceite ubicado en su cárter. Los dispositivos de bombeo se lubrican con el propio combustible.

Figura 14.

Dispositivos de bombeo y cremallera



Nota: Dispositivos de bombeo y cremallera. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.23). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.2.2.2. Bomba inyectora rotativa

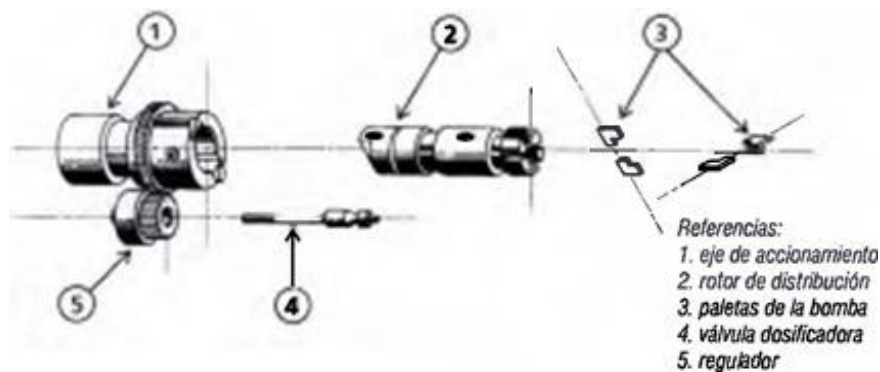
Este tipo de bomba está constituido por una carcasa cilíndrica provista de levas fijas en su interior, cuya cantidad se relaciona con el número de cilindros del motor.

Dentro de la carcasa gira un rotor provisto de dispositivos de bombeo, los cuales al enfrentarse con las levas se accionan y envían el combustible a los inyectores.

Un sistema distribuidor es el encargado de derivar a cada cilindro el volumen de combustible que corresponda en el momento oportuno.

Figura 15.

Despiece de una bomba inyectora rotativa



Nota: Despiece de una bomba inyectora rotativa. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.23). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.2.3. Regulador de velocidad

Es un mecanismo de suma importancia para el funcionamiento del motor diésel de los tractores. Tiene la función de limitar las velocidades máximas y mínimas del motor. Además, para cada régimen de funcionamiento mantiene la velocidad en forma prácticamente constante aun cuando el motor es sometido a diferentes niveles de carga.

Es decir que, ante una carga adicional, que provocaría una disminución en el régimen del motor, el regulador reacciona entregando una mayor dosis de combustible que hace mantener el régimen de trabajo con el consiguiente aumento del par motor y, por lo tanto, de la potencia efectiva. Sobrepasada la capacidad del regulador, el motor, ante un aumento del esfuerzo solicitado no puede mantener el régimen de trabajo.

Hay dos tipos de reguladores de velocidad usados en los motores de los tractores. Estos son el regulador mecánico o centrífugo y el regulador neumático.

1.7.2.4. Sistemas con asistencia electrónica

En estos sistemas se encuentran separadas las fases de generación de la presión y de inyección de combustible. Constan de:

1.7.2.4.1. Acumulador de combustible de alta presión

El combustible en este colector común se encuentra disponible para ser inyectado a cada uno de los cilindros.

1.7.2.4.2. Unidad de control electrónica

Esta unidad, a través de diferentes sensores, controla el funcionamiento de los inyectores por medio de electroválvulas. Determina el momento, el volumen y la presión de inyección.

Estos sistemas ofrecen una mejor respuesta frente a las condiciones de trabajo del motor que los sistemas mecánicos, dado que su accionamiento es

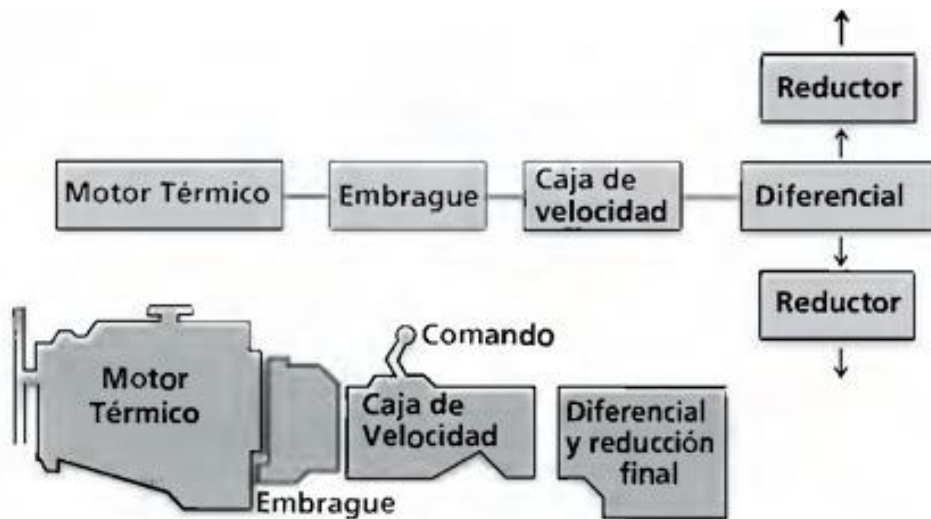
inmediato y no presentan inercia mecánica como los sistemas convencionales. Se puede mencionar como principal ventaja que el motor prácticamente mantiene su régimen frente a los diferentes esfuerzos a que es sometido; esto es de importancia en aquellos usos donde es necesario mantener constante el funcionamiento de un determinado mecanismo, como por ejemplo el sistema de trilla de una cosechadora de cereales. Además, por inyectar la cantidad de combustible exacta que el motor es capaz de consumir, en función de la demanda y de la cantidad de oxígeno presente en el aire, presentan una fuerte reducción de la contaminación del medio ambiente.

1.7.3. Mecanismos de transmisión

Son los encargados de transmitir el movimiento de rotación del motor a las ruedas motrices y a la toma de potencia. Se caracterizan por su alta capacidad reductora de velocidad, que les permite transmitir un elevado par motor; por lo tanto, le brindan al tractor la posibilidad de realizar elevados esfuerzos de tracción.

Figura 16.

Esquema de la transmisión del tractor



Nota: Esquema de la transmisión del tractor. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.31). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.3.1. Embrague

Tiene por función unir en forma progresiva el movimiento de rotación del motor con el resto de las transmisiones y suprimirlas temporariamente, lo que permite accionar los distintos cambios de velocidad.

El embrague más usado es del tipo doble disco a fricción que funciona en seco (un disco acopla la transmisión hacia las ruedas motrices y el otro acopla a la toma de potencia).

Para un mejor desempeño en la mecanización de cultivos intensivos el tractor debe ser especializado. Tiene que disponer de varias marchas de baja

velocidad, con un escalonamiento pequeño (poca diferencia de velocidad entre un cambio y el otro) para las velocidades habituales de trabajo y con un ordenamiento progresivo, a fin de facilitar su operación.

Para otras tareas agrícolas, como por ejemplo la labranza en cultivos extensivos, algunos tractores disponen de cajas de velocidades más complejas donde, además de presentar un escalonamiento de velocidades progresivo, tienen la posibilidad de realizar cambios bajo carga. Este mecanismo permite que el tractor, frente a un esfuerzo puntual que comprometa al motor obligándolo a trabajar en sobrecarga, seleccione en forma automática un cambio inferior a fin de que el motor recupere su régimen; una vez superado dicho esfuerzo vuelve a seleccionar el cambio inicial. Con ello se consigue ahorrar combustible y optimizar la capacidad de trabajo, ya que el tractor trabajará con la carga y la velocidad adecuada para cada caso.

Los ejes de los engranajes tienen posición longitudinal, y para transmitir el movimiento de estos ejes a las ruedas es necesario transformar el sentido de rotación longitudinal en movimiento de rotación transversal por medio de un mecanismo llamado piñón y corona, que es un engranaje cónico que trabaja con un ángulo axial de 90° .

El piñón gira sobre el eje de transmisión de la caja y mueve a la corona que gira sobre un eje transversal que lleva el movimiento a las ruedas por medio del diferencial.

1.7.3.2. Diferencial

El diferencial tiene por función compensar las diferentes velocidades de giro de las ruedas motrices.

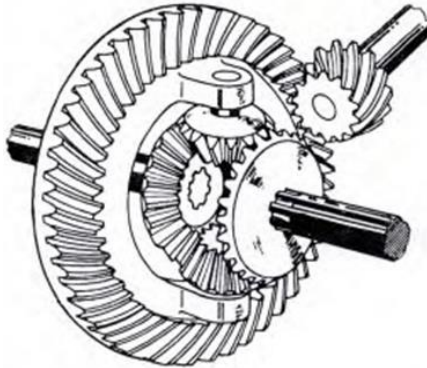
Esto puede producirse al girar el tractor, porque ambas ruedas recorren espacios distintos en el mismo tiempo, por diferentes condiciones de adherencia (una rueda patina más que la otra), por una diferencia en la presión de inflado que hace modificar el radio bajo carga de ambos neumáticos o por una distribución no igualitaria del peso adherente sobre las ruedas motrices (ejemplo: cuando el tractor trabaja con una rueda dentro del surco).

El diferencial está constituido por cuatro ruedas dentadas cónicas (dos satélites y dos planetarios) engranadas entre sí, ubicadas dentro de una caja que gira solidaria a la corona. Dos de estas ruedas dentadas (satélites) están vinculadas con la caja mediante un eje; entonces, al rotar la caja los satélites se trasladan con ella y, a su vez, al estar vinculadas con los semiejes (palieres) a través de los planetarios harán girar a la correspondiente rueda motriz.

Por lo tanto, con este mecanismo es posible que una rueda aumente su velocidad de giro respecto de la otra que la disminuye en la misma relación, al permitir un movimiento diferencial de los planetarios respecto de los satélites.

Figura 17.

Piñón-corona y diferencial



Nota: Piñón-corona y diferencial. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.36). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.3.2.1. Bloqueo del diferencial

Este mecanismo anula el trabajo del diferencial haciendo que las ruedas giren juntas como si estuvieran montadas sobre un eje rígido.

Cuando una rueda motriz patina y gira más rápido que la otra se puede usar el bloqueo de diferencial accionando un pedal o un comando. Esto tiene la ventaja de aprovechar la tracción que puede realizar la rueda motriz que está en mejores condiciones de adherencia.

1.7.3.3. Reductores de velocidad

Están ubicados entre el diferencial y la rueda motriz. Tienen por función reducir la velocidad de rotación transmitida y de esta manera se puede aprovechar la potencia disponible en el motor como fuerza de tracción.

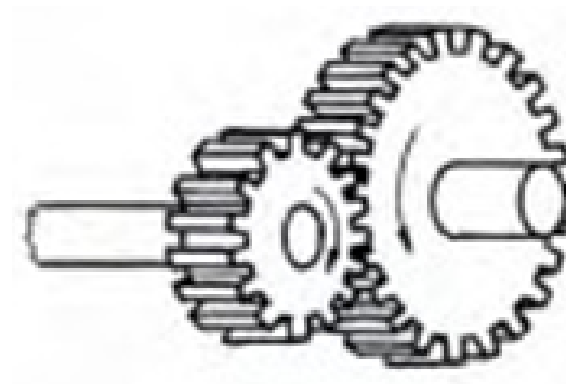
Existen dos sistemas distintos para reducir la velocidad de giro proveniente del motor:

1.7.3.3.1. Reductor de velocidad en cascada

Está integrado por un piñón y una corona, ambos cilíndricos y de dientes rectos. Este mecanismo se caracteriza porque invierte la velocidad de rotación; además, como los árboles de entrada y salida no están sobre el mismo eje permite modificar el despeje del tractor. Esta particularidad es aprovechada por los fabricantes ya que les permite ofrecer distintas utilizaciones de un tractor con el mismo mecanismo. Esa diferencia de excentricidad se puede emplear para conseguir un mayor despeje del tractor.

Figura 18.

Reductor de velocidad en cascada



Nota: Reductor de velocidad en cascada. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.37). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

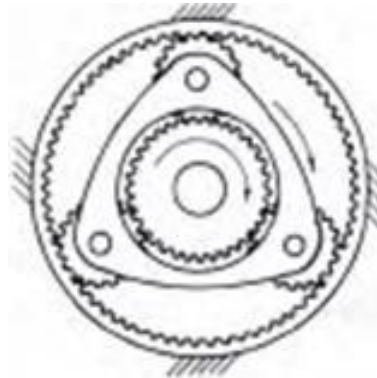
1.7.3.3.2. Reductor de velocidad epicycloidal

Está constituido por un piñón que recibe el movimiento proveniente del diferencial, una corona dentada solidaria a la cañonera y una jaula con tres satélites reductores que transmiten el movimiento de giro a las ruedas motrices.

Este mecanismo no invierte el sentido de giro, es más compacto y los árboles de entrada y salida trabajan alineados sobre un mismo eje.

Figura 19.

Reductor de velocidad epicicloidal



Nota: Reductor de velocidad epicicloidatl. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.37). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.4. Tracción

El tractor está diseñado para transitar en suelos agrícolas, caracterizados por presentar una capacidad de soporte muy diferente a la de una ruta o un camino consolidado. Es por ello por lo que cuenta con ruedas motrices de gran diámetro, con neumáticos provistos de tacos y que utilizan una baja presión de inflado. La adherencia entre el neumático y el suelo es baja y muy variable, por lo que no asegura una adecuada transitabilidad.

Los tacos, al hundirse en el suelo mejoran la condición de adherencia de la rueda, ya que frente a un esfuerzo de tracción aprovechan la resistencia del suelo que se opone a ser arrancado por dichos tacos. Cuando el patinamiento del rodado motriz es excesivo se notará en la huella que la porción de suelo comprendida entre dos tacos consecutivos se habrá desprendido de la masa del suelo. Esta situación deberá evitarse ya que acelera el desgaste de los

neumáticos e incrementa notoriamente el consumo de combustible, al aumentar el tiempo necesario para realizar el trabajo.

Para mejorar la condición de tracción se recurre a aumentar el peso sobre el rodado, con el agregado de lastres. Esta condición de tractor pesado incrementa el hundimiento en el suelo y con ello la energía necesaria para su autotransporte, conocida como rodadura.

Por lo tanto, se podrían considerar algunas pautas de utilización tales como: frente a una tarea que demande un elevado esfuerzo de tracción, como ser el roturado de un campo de pastoreo, se recomienda agregar lastres. El suelo en estas condiciones no se hundirá, por lo que la rodadura será baja y se conseguirá minimizar el patinamiento. Por otro lado, en una tarea de siembra, que requiere bajo esfuerzo de tracción, se deberán quitar los lastres a fin de disminuir el hundimiento y por lo tanto la rodadura.

1.7.4.1. Neumáticos

En el tractor agrícola el neumático cumple la función de convertir la potencia en el eje de la rueda en potencia de tracción. Dicha transformación dependerá de la relación rueda suelo; por lo que los parámetros que intervienen, como ser el diámetro del neumático, el ancho de su pisada, el peso que actúa sobre él durante la tracción y la capacidad de soporte que pueda tener el suelo son determinantes para definir la capacidad de tracción de un tractor.

Los neumáticos llevan grabadas dos medidas que indican la altura del balón y el diámetro de la llanta, respectivamente. Por ejemplo, "14,9 x 26" significa 14,9 pulgadas de altura del balón y 26 pulgadas de diámetro interno de la llanta.

Otra denominación muy común es 360/70-24. En este ejemplo, 360 es el ancho del neumático en mm, 70 es la altura del balón expresada como porcentaje del ancho y 24 es el diámetro de la llanta en pulgadas.

Otro aspecto que caracteriza a un neumático motriz agrícola es la forma y angulación de los tacos. Las angulaciones más usadas son 45 y 23 grados, como se puede ver en la figura 20. El primer caso se utiliza para suelos pesados con el objeto de facilitar su autolimpieza, y el segundo para mejorar el esfuerzo de tracción en suelos livianos.

Una presión de inflado correcta tiene gran influencia para un adecuado aprovechamiento de la potencia del tractor, la disminución del patinaje y la duración del neumático. Los neumáticos delanteros suelen inflarse con una presión de 25 a 30 libras/pul², en tanto que los neumáticos motrices, entre 14 y 16 libras/pul².

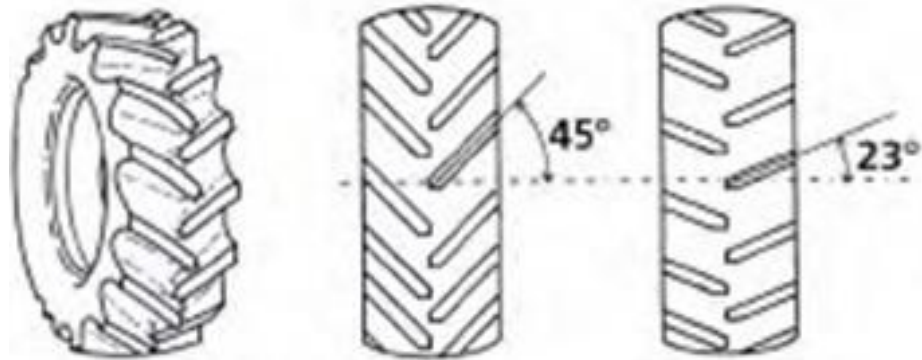
Una presión insuficiente provoca un mayor aplastamiento de la cubierta. Esa mayor deformación genera durante el trabajo un aumento de calor y una fatiga excesiva, deteriorando el neumático. Además, se producen desgastes desiguales de los tacos y en casos extremos se puede registrar un deslizamiento de la cubierta sobre la llanta, con el consiguiente perjuicio para la cámara y la válvula.

El exceso de presión provoca un patinamiento superior a lo normal ya que disminuye la superficie de contacto del neumático sobre el suelo.

Con una correcta presión de inflado y con la adición apropiada de lastre se puede mejorar la eficiencia en la operación del tractor cuando trabaja realizando esfuerzo de tracción.

Figura 20.

Ángulos de los tacos



Nota: Ángulos de los tacos. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.43). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.4.2. Contrapesos o lastres

Con el fin de controlar el patinamiento y la dirección del tractor, se colocan lastres en las ruedas. De esa manera se aumenta la eficiencia del trabajo.

El lastre en las ruedas delanteras (o sobre la parte delantera del chasis) evita el levantamiento del tractor cuando trabaja con equipos montados, y permite una mejor dirección cuando el tractor debe realizar un gran esfuerzo de tracción.

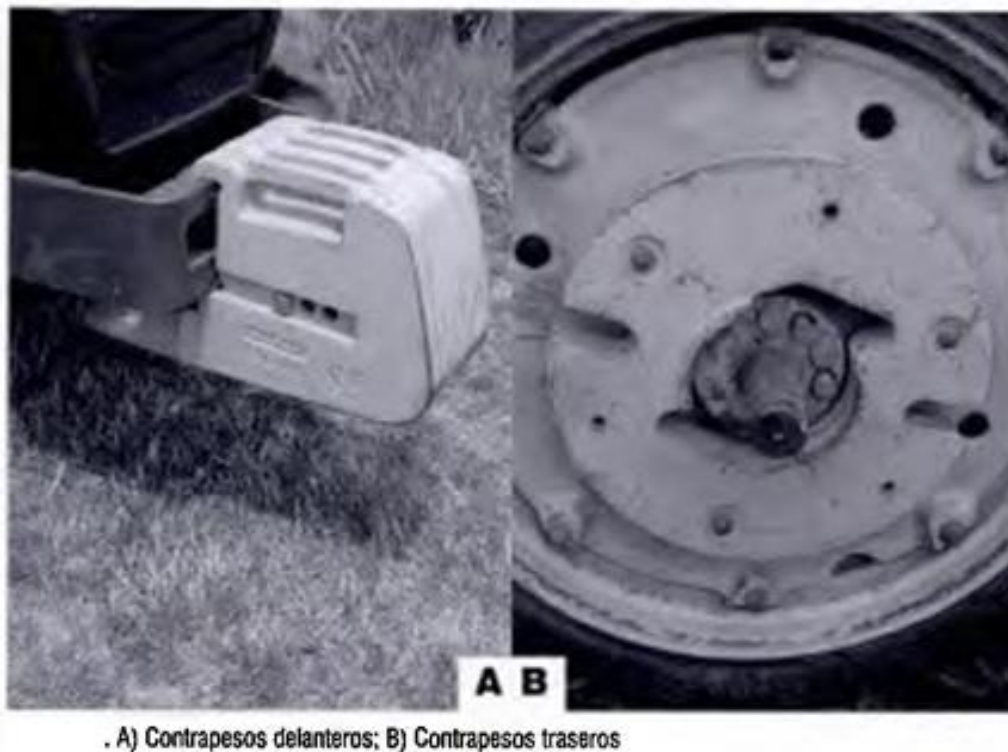
El lastrado se logra agregando piezas de fundición a los discos de las ruedas motrices y agua en el interior de la cámara.

Se debe tener la precaución de no sobrepasar la cantidad de lastre indicada por el fabricante.

En zonas muy frías se debe agregar anticongelante al agua de los neumáticos.

Figura 21.

Contrapesos en tractores



Nota: Contrapesos delanteros, contrapesos traseros. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.44). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.4.3. Trocha

Se llama trocha del tractor a la distancia entre ruedas de un mismo eje medidas de centro a centro de los neumáticos.

Los tractores tienen trocha variable para permitir su adaptación a distintos trabajos culturales, como así también para optimizar el enganche y la regulación de las distintas máquinas agrícolas.

En algunos tractores se puede variar la trocha de las ruedas motrices cambiándolas de lado, ya que la concavidad del disco de la llanta permite esta práctica. En otros, además, el disco está abulonado a la llanta y puede montarse en distintas posiciones.

Existe otra variante para la regulación de la trocha de las ruedas motrices. Consiste en una serie de bridas que se desplazan sobre guías helicoidales ubicadas sobre la llanta.

1.7.5. Formas de aprovechamiento de potencia

El aprovechamiento de potencia en el contexto de tractores agrícolas y maquinaria implica la utilización eficiente de la potencia generada por el motor para realizar diversas tareas agrícolas.

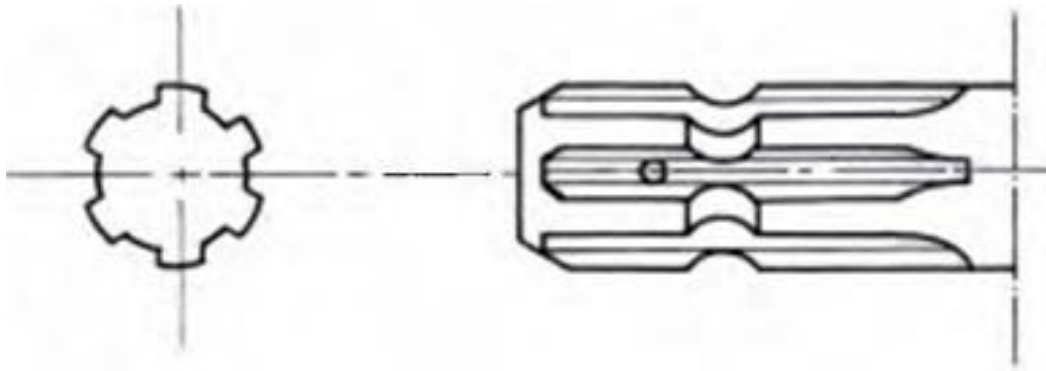
1.7.5.1. Toma de potencia

Ciertas máquinas agrícolas como segadoras, arado rotativo, pulverizadoras, desmalezadoras, a la vez que son traccionadas por el tractor también son accionadas por la toma de potencia; sin ésta, las máquinas necesitarían contar con un motor auxiliar. La toma de potencia puede funcionar conectada al motor del tractor por medio de un embrague y actuar independiente de la velocidad de avance o bien conectada a la transmisión, por lo que trabaja sincronizada con la velocidad de avance del tractor (toma de potencia proporcional al avance).

Los tractores agrícolas de baja potencia vienen provistos de toma de potencia normalizada a 540 rpm. Es importante conocer el régimen del motor que proporciona dicha velocidad de giro en la toma de potencia. En el tacómetro tiene que estar indicado en forma clara qué régimen del motor proporciona 540 rpm en la toma de potencia.

Figura 22.

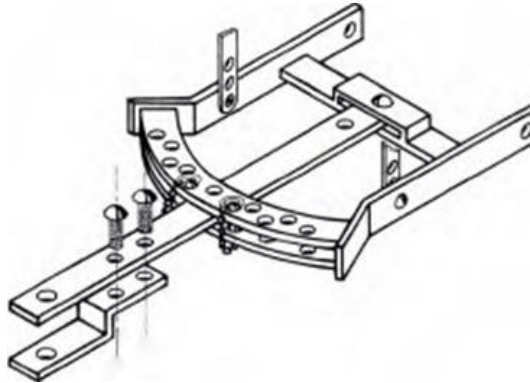
Manguito de la toma de potencia, categoría 540 rpm



*Nota: Manguito de la toma de potencia, categoría 540rpm. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.47). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.*

Figura 23.

Esquema de una barra de tiro



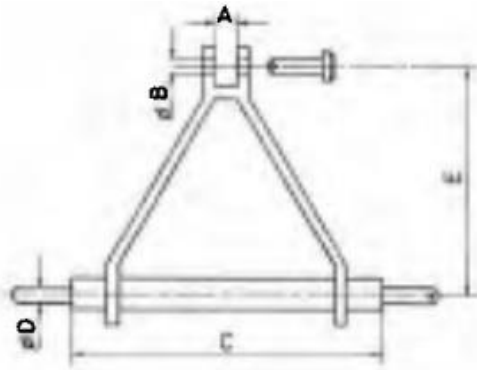
Nota: Esquema de una barra de tiro, categoría 540rpm. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.48). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.5.2. Enganche de tres puntos

Es el medio para acoplar al tractor los implementos montados. Este sistema, presente en la totalidad de los tractores de mediana y baja potencia, resulta de gran utilidad debido a que reduce el costo de las máquinas agrícolas, ejerce control sobre el esfuerzo de tracción mejorando su capacidad tractiva, protege al motor y mejora la ejecución de las tareas, especialmente cuando se trabaja en cultivos intensivos.

Figura 24.

Enganche de tres puntos y dimensiones según sus categorías (mm)



Categoría	A	B	C	D	E
1	44,5	19	683	22,2	460
2	53	25,4	824	28,6	510
3	53	31,8	965	36,5	560

Nota: Enganche de tres puntos y dimensiones según sus categorías (mm). Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.48). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

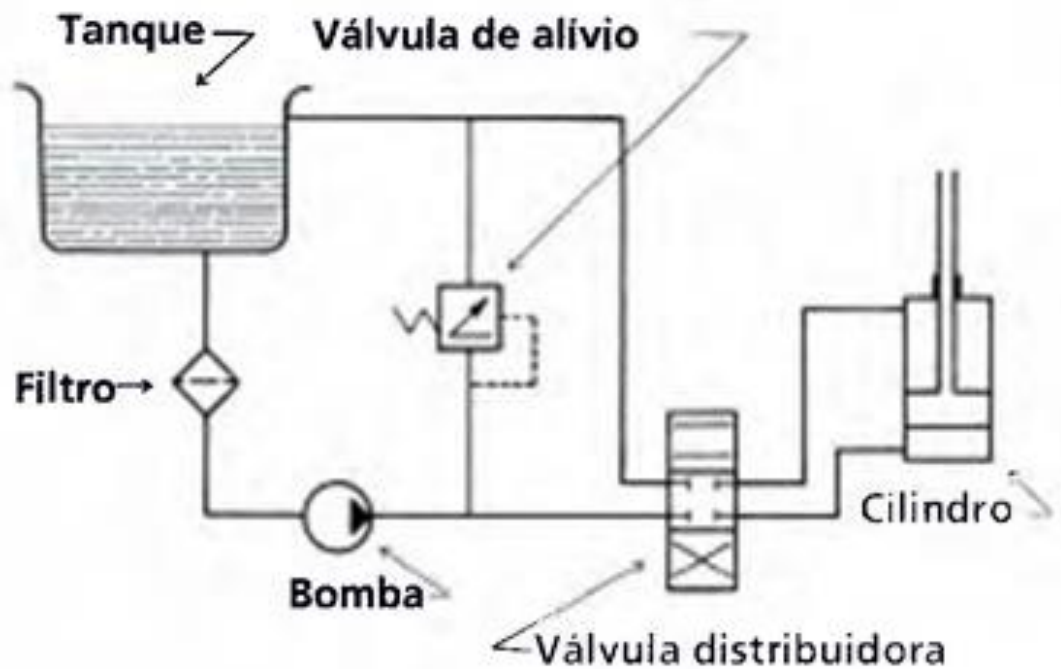
Se deberá observar que la categoría presente en el tractor se corresponda con la de la maquinaria a acoplar. De esta manera, el conjunto quedará armonizado permitiendo que actúen los mecanismos de control.

1.7.6. Sistema hidráulico

La particularidad de este tipo de sistemas es que permite transformar la energía mecánica del motor en hidráulica, que luego se convierte nuevamente en mecánica, lo que permite accionar una maquinaria.

Figura 25.

Esquema de un circuito hidráulico



Nota: Esquema de un circuito hidráulico. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.51). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

El elemento que se emplea para transmitir la energía es un fluido confinado en un circuito cerrado, el que al ser impulsado por una bomba actúa provocando una fuerza o un par motor, ya sea si se trata de un cilindro o un motor hidráulico, respectivamente.

1.7.6.1. Depósito de aceite

Contiene aceite liviano, especial para los sistemas hidráulicos. En algunos tractores el depósito está constituido por la carcasa de la caja de velocidades.

1.7.6.2. Bomba hidráulica

Por lo general es de engranaje. Es accionada por el motor y le otorga al aceite el caudal necesario para el funcionamiento del sistema. Para los tractores especializados en cultivos frutícolas es conveniente que la bomba disponga de un alto caudal, por ejemplo 40 L/min, con la finalidad de abastecer adecuadamente al sistema hidráulico del tractoelevador. De esta manera se reduce el tiempo de accionamiento del elevador, permitiendo aumentar la capacidad de trabajo y a su vez disminuir el régimen de funcionamiento del motor, con el consiguiente ahorro de combustible y disminución de los gastos de reparaciones.

1.7.6.3. Válvulas distribuidoras

Permiten levantar, bajar, regular y controlar el implemento, ya sea para accionar el elevador del enganche de tres puntos o bien para controlar cilindros de doble efecto.

En los tractores se presentan dos tipos de válvulas:

- Rotativas
- De émbolo desplazable

1.7.6.4. Válvula de seguridad

También llamada válvula de alivio deriva el flujo de aceite a retorno cuando la presión registrada en el sistema supera a la presión de trabajo.

1.7.6.5. Cilindros hidráulicos

La acción del caudal de aceite y la presión que se genera otorgan el movimiento y la fuerza para levantar, bajar, regular y controlar los implementos.

Los cilindros hidráulicos, llamados también actuadores porque transforman la energía hidráulica que reciben en energía mecánica, pueden ser de efecto simple o doble.

1.7.6.5.1. Cilindro de efecto simple

El aceite impulsa al émbolo elevando el implemento. El descenso se realiza por el propio peso del implemento, que obliga a que el aceite contenido en el cilindro retorne al depósito.

1.7.6.5.2. Cilindro de efecto doble

El aceite puede ingresar y retornar por ambas cámaras del cilindro, por lo que puede realizar fuerzas alternas en sentidos opuestos.

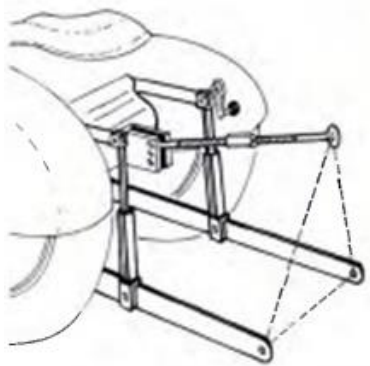
1.7.6.6. Elevador hidráulico de tres puntos

Consta de:

- Un tensor central o tercer punto. Es ajustable y permite, en los tractores de mediana y baja potencia, regular los implementos longitudinalmente y efectuar control sobre la profundidad de trabajo.
- Dos brazos laterales: el izquierdo es fijo y el derecho es regulable en altura respecto del primero. Ambos se mueven hacia arriba o hacia abajo accionados por el sistema hidráulico.

Figura 26.

Esquema del enganche de tres puntos



Nota: Esquema del enganche de tres puntos. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.54). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.7. Dirección y frenos

La dirección y los frenos son sistemas cruciales en un tractor agrícola, contribuyendo a la seguridad y al control del vehículo

1.7.7.1. Dirección

En el tractor de ruedas, el eje delantero es oscilante para que la maquinaria pueda adaptarse a las irregularidades del terreno. Modificando la dirección de las ruedas delanteras es como se consigue direccionar los tractores de ruedas no articulados. Al hacer esto, las líneas de prolongación de los brazos de acoplamiento de los ejes tienen que cortarse en un punto ubicado sobre el eje posterior o su prolongación. Esta condición sólo se puede cumplir dentro de ciertos límites; no obstante, ello, diseños adecuados permiten minimizar el error

y el tractor puede así describir diferentes radios de curvatura con el mínimo arrastre de los neumáticos.

El movimiento de la dirección se transmite en general a partir del volante, pasando por la caja de dirección, la palanca de dirección, la biela de mando, la palanca de ataque y los brazos de acoplamiento a las dos ruedas delanteras. Los dos ejes de articulación de las ruedas están unidos por medio de una barra de acoplamiento.

Existen otros mecanismos de dirección que cumplen la misma finalidad, es decir, direccionar el tractor. No obstante, la maniobrabilidad dependerá en gran medida del diseño de todo el sistema de dirección.

Cuando la carga sobre las ruedas delanteras es considerable y las condiciones del terreno son difíciles, la fuerza necesaria para mover el volante puede ser muy grande, por lo que es conveniente recurrir a la energía hidráulica.

Se puede distinguir tres sistemas de accionamiento de la dirección:

1.7.7.1.1. Dirección mecánica

El volante está acoplado mecánicamente con las ruedas y todo el esfuerzo para accionar la dirección debe hacerlo el conductor.

1.7.7.1.2. Dirección asistida hidráulicamente

El volante está unido mecánicamente a las ruedas, pero la orientación de éstas es asistida por un mecanismo hidráulico. Para ello el sistema dispone de

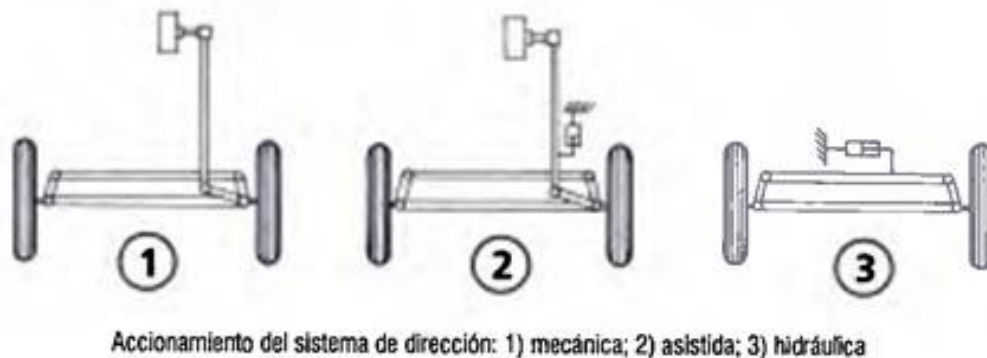
un sensor que detecta el sentido de giro pretendido, permitiendo que el cilindro hidráulico asista al mecanismo de dirección.

1.7.7.1.3. Dirección hidráulica

El volante no está acoplado mecánicamente con las ruedas, pero al girar se acciona un sistema de válvulas que mandan aceite a presión al dispositivo hidráulico que mueve las ruedas. Cuando el motor está detenido, el sistema se activa por medio del volante y permite disponer de control de dirección. Estos tractores cuentan con un circuito hidráulico específico para tal fin.

Figura 27.

Tipos de accionamiento de dirección



Nota: Accionamiento del sistema de dirección. Obtenido de A. Di Prinzio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.60). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

En los tractores articulados, el giro se consigue modificando simultáneamente la dirección de los ejes delantero y trasero, con lo que se obtiene siempre la condición de giro ideal.

1.7.7.2. Frenos

Los frenos se clasifican de acuerdo con diversos criterios:

Según el sistema usado para su accionamiento:

- mecánico
- hidráulico
- neumático

Según la posición del mecanismo de frenado:

- interior (de expansión)
- exterior (de contracción)
- de disco

Los tipos mencionados corresponden a mecanismos clásicos de frenado. En la actualidad también existen tractores equipados con frenos de discos en baño de aceite, con accionamiento mecánico o hidrostático.

Los frenos independientes de las ruedas posteriores deben actuar acoplados cuando se transita a velocidades elevadas, por el peligro que ocasionaría el accionamiento sobre una sola rueda.

Los servofrenos son unos dispositivos de amplificación de la fuerza ejercida por el conductor para el accionamiento de los frenos en tractores pesados.

1.7.8. Circuito de combustible

El combustible se encuentra depositado en el tanque, ubicado generalmente debajo del capó o en la parte posterior del tractor.

El tanque posee en su interior un conjunto de rompeolas; en la boca de llenado tiene un filtro de malla para evitar el ingreso de elementos extraños y en la parte inferior suele tener una llave de drenaje.

El combustible, conducido por una cañería, llega al prefiltro que tiene por función retener las impurezas de mayor tamaño y el agua. El vaso de este prefiltro es desmontable para facilitar su limpieza.

El combustible sigue hacia la bomba alimentadora, que es la encargada de impulsarlo a baja presión (1.5 bar) hacia los filtros y a la cámara de combustible de la bomba inyectora.

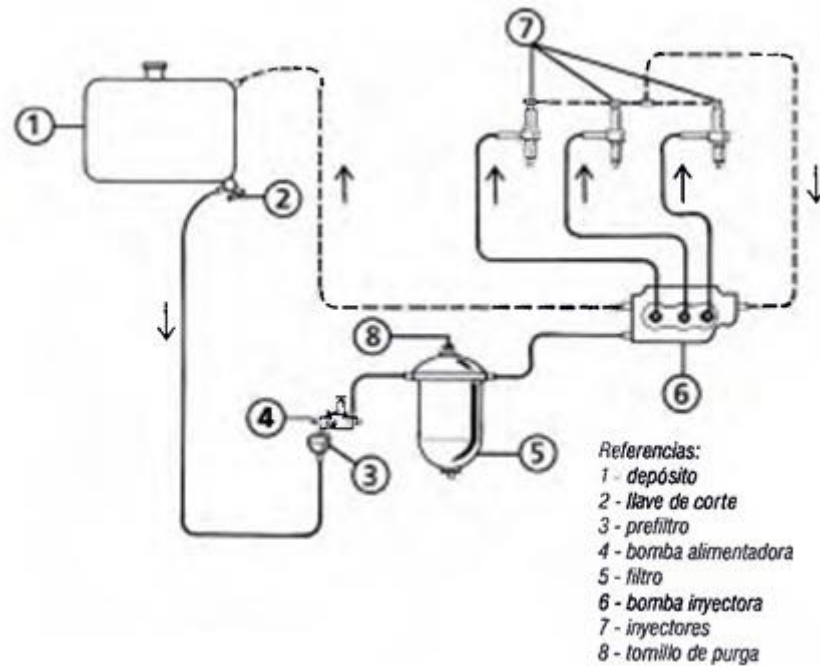
La bomba alimentadora puede ser de pistón o de diafragma y es accionada por el árbol de la bomba inyectora o por el árbol de levas del motor. El caudal de combustible que envía es superior al que utiliza la bomba inyectora.

En todo circuito de combustible existe una bomba manual que se utiliza para su carga, permitiendo eliminar el aire a través de los correspondientes grifos de purga.

Los elementos filtrantes son, en general, de papel o celulosa plegada. Luego de un número de horas de uso establecido por el fabricante, se cambian por otros nuevos.

Figura 28.

Circuito de combustible



Nota: Circuito de combustible. Obtenido de A. Di Premio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.64). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.9. Sistema de lubricación

Los motores modernos tienen un sistema de lubricación forzada para asegurar que el aceite lubricante llegue a todas las partes mecánicas en movimiento.

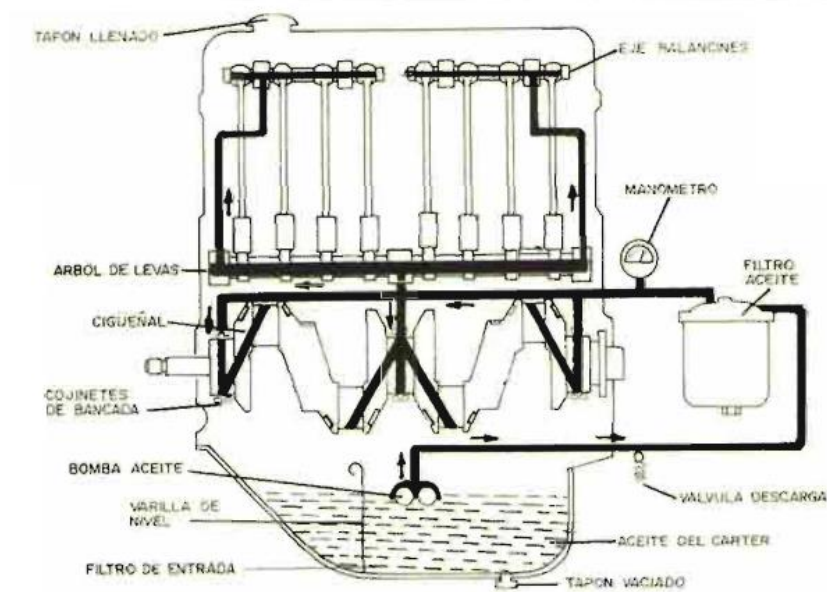
El aceite lubricante es aspirado por una bomba que es generalmente de engranaje; ésta es la encargada de enviarlo a los distintos puntos a lubricar a través de canales y orificios existentes en las piezas del motor. Los puntos vitales

para lubricar son los cojinetes del cigüeñal, el árbol de levas, balancines y válvulas, aros, engranajes de distribución y otros mecanismos.

En el manual del fabricante se indican las características del aceite recomendado para el motor. Es importante respetar dichas recomendaciones a fin de asegurar una correcta lubricación de todos los mecanismos, lo que contribuirá a prolongar la vida útil del motor.

Figura 29.

Circuito de lubricación



Nota: Esquema del sistema de engrase. Obtenido de J. Salmerón de Diego (s.f). *Cuidados y mantenimiento del tractor* (p.27). I.G. Saljen.

Durante el funcionamiento del motor el aceite se contamina con impurezas que deberán retenerse en los respectivos filtros.

Estos pueden estar instalados de la siguiente manera:

1.7.9.1. En serie

En este caso, todo el aceite que impulsa la bomba pasa por el filtro antes de ingresar al circuito de lubricación. Es necesario que en el circuito haya una válvula de seguridad que permita el paso del aceite si el filtro se obstruye.

1.7.9.2. En derivación

Con esta modalidad, una parte del aceite va al circuito de lubricación y el resto vuelve al cárter pasando previamente por el filtro. Con el funcionamiento del motor todo el aceite es purificado.

En ambos casos el circuito cuenta con una válvula limitadora de presión. El fabricante determina a qué presión debe funcionar el sistema de lubricación.

El instrumental que indica la presión existente en el circuito debe funcionar correctamente a fin de detectar cualquier anomalía

1.7.10. Sistema de refrigeración

Los motores, durante su funcionamiento, producen calor por la fuerte compresión del aire dentro del cilindro, por la combustión y el rozamiento de las partes mecánicas en movimiento. En la compresión dicha temperatura puede llegar a 600 °C y en la combustión a 1,800°C, aproximadamente.

El aceite lubricante es el primer elemento que sufre las consecuencias de las altas temperaturas ya que pierde sus propiedades. Como consecuencia de

ese déficit se produce un desgaste prematuro de los metales; ese rozamiento no controlado provoca una cantidad de calor adicional que en casos extremos puede llegar a la fusión de los metales.

Por todo lo mencionado, los motores de combustión interna necesitan un sistema de refrigeración eficiente. Éste puede ser por agua o por aire.

1.7.10.1. Refrigeración por agua

La refrigeración por agua es un sistema comúnmente utilizado en motores de tractores y otros vehículos para disipar el calor generado durante el funcionamiento del motor. Este sistema ayuda a mantener la temperatura del motor en niveles seguros y eficientes. Las partes de este sistema son:

1.7.10.1.1. Radiador

Enfría el agua que viene del bloque del motor haciéndola pasar por pequeños tubos para aumentar la superficie de enfriamiento.

El radiador está compuesto por un tanque superior, el panel y un tanque inferior. Este sistema de refrigeración trabaja a una presión aproximada a 0.5 bar con la finalidad de elevar el punto de ebullición del agua a 110- 112 °C.

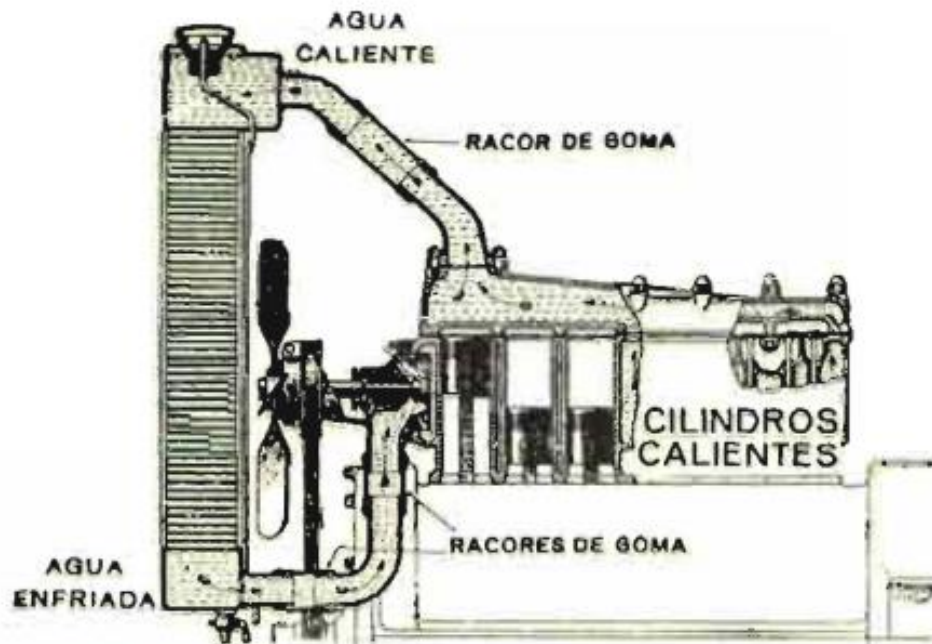
La tapa del radiador tiene una válvula que regula dicha presión; resulta imprescindible que ésta se encuentre en buenas condiciones y permanezca cerrada durante el funcionamiento.

1.7.10.1.2. Ventilador

Es el encargado de generar una corriente de aire que pasa a través del radiador para mejorar la eficiencia de enfriado.

Figura 30.

Circuito de refrigeración por agua



Nota: Esquema del sistema de refrigeración por agua. Obtenido de J. Salmerón de Diego (s.f). *Cuidados y mantenimiento del tractor* (p.23). I.G. Saljen.

1.7.10.1.3. Bomba de agua

Permite forzar la circulación de agua dentro del sistema; se encuentra entre la parte baja del radiador y la cámara de agua del motor.

La bomba y el ventilador reciben el movimiento desde una polea ubicada en el extremo delantero del cigüeñal, por medio de una correa.

1.7.10.1.4. Cámara de agua

Es una parte integral del bloque del motor y está diseñada para rodear los cilindros, culata y válvulas. Su función principal es proporcionar un conducto por el cual el líquido refrigerante fluye para extraer el calor generado durante la combustión en los cilindros. Forma parte del bloque del motor y rodea a los cilindros, culata y válvulas.

1.7.10.1.5. Termostato

Regula la circulación del agua dentro del sistema de acuerdo con la temperatura. Con el motor frío esta válvula permanece cerrada impidiendo la circulación del agua por el radiador. Cuando éste alcanza la temperatura de trabajo (80-95 °C), se abre y permite la circulación de agua por todo el sistema.

El termostato no debe ser eliminado por ningún motivo, ya que las temperaturas de trabajo mencionadas permiten que el motor brinde su máxima eficiencia con menor desgaste.

Es fundamental contar con un indicador de temperatura que señale, mediante sectores coloreados, los rangos aconsejados para ese motor.

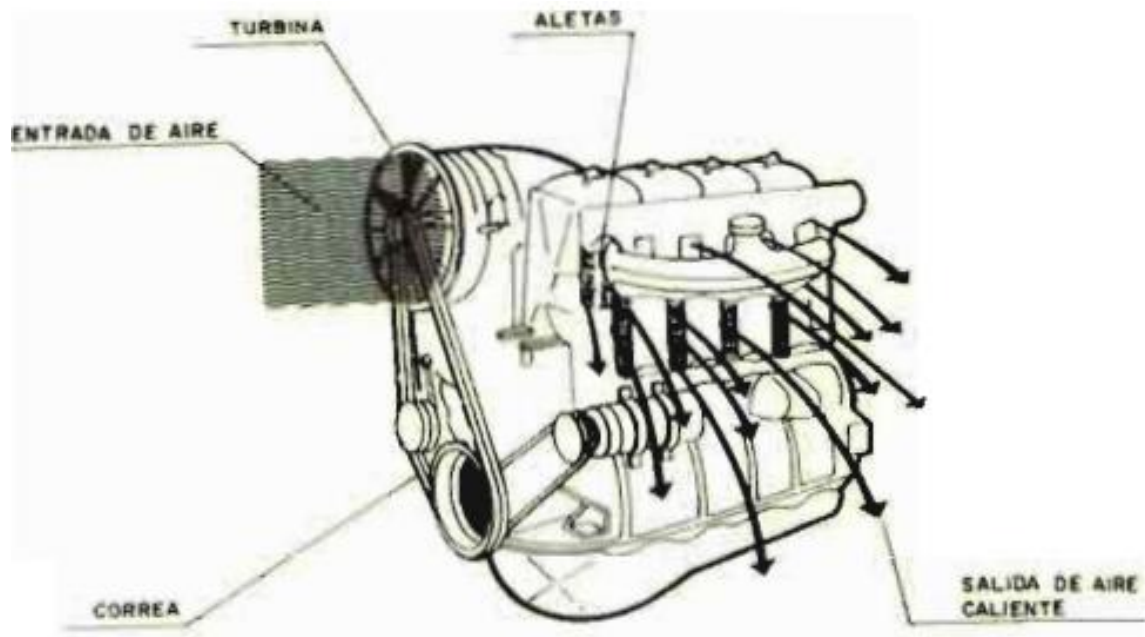
1.7.10.2. Refrigeración por aire

En este sistema, la regulación de la temperatura del motor se realiza por medio del aire en forma directa. Se compone de las siguientes partes:

- turbina
- manga guía de aire
- chapas deflectoras
- aletas de enfriamiento
- termómetro

Figura 31.

Circuito de refrigeración por aire



Nota: Sistema de refrigeración por aire mediante turbina. Obtenido de J. Salmerón de Diego (s.f). *Cuidados y mantenimiento del tractor* (p.21). I.G. Saljen.

1.7.10.2.1. Turbina

Es un ventilador axial que tiene gran cantidad de paletas y gira a elevada velocidad, aproximadamente 4500 a 6000 rpm. Su función es aspirar el aire del exterior e impulsarlo a gran velocidad hacia el motor para su refrigeración.

Es accionado por correas conectadas a la polea del cigüeñal, aunque en ciertos modelos de tractores de baja potencia dicha turbina está incorporada al volante del motor.

1.7.10.2.2. Manga guía de aire

El aire aspirado del exterior por la turbina es conducido al motor por medio de una chapa en forma de embudo llamada manga guía de aire. Ésta permite distribuir el aire en forma pareja a todos los cilindros.

1.7.10.2.3. Chapas deflectoras

Están colocadas alrededor de cada uno de los cilindros del motor. Su misión es distribuir de manera uniforme y envolvente la corriente de aire en cada cilindro.

1.7.10.2.4. Aletas de enfriamiento

Las tapas de los cilindros y los cilindros de los motores refrigerados por aire están provistas de una serie de aletas que aumentan su superficie exterior de 10 a 12 veces y, por lo tanto, su capacidad de enfriamiento.

1.7.10.2.5. Indicador de temperatura

Está ubicado en el tablero a la vista del conductor y conectado por un tubo capilar o por un conductor a un sensor alojado en una de las tapas de cilindro.

La temperatura de funcionamiento de los motores refrigerados por aire es levemente superior a la correspondiente a los motores refrigerados por agua.

1.7.11. Sistema de purificación del aire

El motor diésel tiene como característica trabajar con una elevada relación de compresión. El grupo de compresión debe tener un alto grado de ajuste para soportar dicha presión.

Por lo tanto, las pequeñas partículas de polvo contenidas en el aire perjudican notablemente al sistema, ya que actúan como un abrasivo desgastando las partes vitales del motor.

De la pureza del aire que ingresa a los cilindros depende la vida útil del motor; de ahí la importancia del filtro de aire, su cuidado y mantenimiento.

Hay dos tipos de filtros:

- En baño de aceite
- De cartucho seco

1.7.11.1. En baño de aceite

Posee un separador centrífugo que retiene las partículas más pesadas que caen en un vaso recolector; luego el aire a alta velocidad circula por un tubo central en dirección descendente, choca con el aceite del tazón, cambia el sentido de circulación dejando en éste gran parte de las impurezas y, además, produce una niebla que llega a los paquetes filtrantes que contiene el filtro. El aire pasa a través de estos paquetes, donde libera las últimas impurezas de menor tamaño antes de ingresar al motor.

Figura 32.

Filtro de aire en baño de aceite



Nota: Filtro en baño de aceite. Obtenido de A. Di Premio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.78). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.11.2. De cartucho seco

El primer proceso de separación centrífuga es igual al filtro de baño de aceite, pero el siguiente filtrado se hace por medio de un cartucho de papel plegado.

Figura 33.

Filtro de aire de cartucho seco



Nota: Filtro de aire de cartucho seco. Obtenido de A. Di Premio, C. Magdalena y S. Behmer (2011). *El tractor en cultivos intensivos, nociones de uso y funcionamiento* (p.79). Área Comunicaciones del INTA Alto Valle.

1.7.12. Sistema eléctrico

Está integrado por el alternador, la batería y los reguladores. Con él se provee de electricidad a tres sistemas que funcionan con energía eléctrica. Estos son:

- Sistema de calentamiento: en los motores de inyección indirecta existen bujías de precalentamiento que elevan la temperatura del aire dentro de la precámara de combustión para facilitar la puesta en marcha. En el caso

de los motores con inyección directa, generalmente se ubica una bujía que calienta el aire en el múltiple de admisión, creando mejores condiciones para el arranque.

- Sistema de arranque: por medio del motor de arranque.
- Sistema de iluminación e instrumentos.

1.7.12.1. Alternador

Es el generador de energía eléctrica a partir de la energía mecánica del motor. Produce corriente alterna, la cual luego es rectificada para ser almacenada en la batería como corriente continua.

1.7.12.2. Batería

Acumula la energía eléctrica producida por el generador, que devolverá al circuito cuando éste no pueda abastecer al sistema.

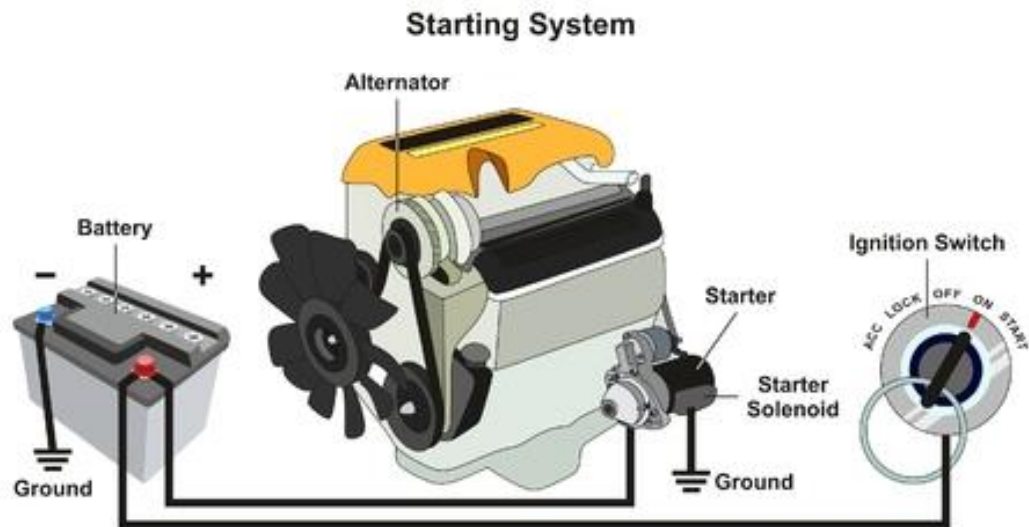
1.7.12.3. Dispositivos de regulación de carga

La regulación adecuada es esencial para garantizar un suministro eléctrico confiable y prolongar la vida útil de los componentes eléctricos.

Habilitan la generación de corriente sólo cuando la batería lo requiere.

Figura 34.

Diagrama de sistema de arranque y carga



Nota. El gráfico muestra el diagrama de sistema de arranque y carga eléctrico. Obtenido de 123RF (2023). *Diagrama infográfico del sistema de arranque y carga con todas las piezas incluyendo el solenoide de arranque del alternador del motor de la batería del automóvil y el interruptor de encendido para la educación del tráfico de seguridad vial.* (https://es.123rf.com/photo_87963543_diagrama-infogr%C3%A1fico-del-sistema-de-arranque-y-carga-con-todas-las-piezas-incluyendo-el-solenoide-de-a.html). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

2. GENERAR AHORRO EN EL MANTENIMIENTO MEDIANTE PLANIFICACIÓN

La finalidad de empresas que generan ingresos económicos mediante procesos productivos es generar la mayor cantidad de producción posible a bajos costos de inversión, siendo el caso de ingenio Pantaleon, por ende, realizar egresos económicos que no involucren una rentabilidad es tomado como un gasto, por lo general el sector de mantenimiento para estas empresas es tomado como unas fuentes de gastos por cual siempre buscan minimizar los costos que involucren el mantenimiento de los equipos con los que cuentan, pero ¿es esto posible? La respuesta es que sí, primeramente, hay que destruir el paradigma mental que los costos que se generen en la intervención de equipos utilizados en los productivos son gastos sino que hay que tomarlos como inversiones, debido a que los equipos utilizados en los procesos productivos son tan importantes como la materia prima utilizada para obtener el producto final, ya que sin contar con dichos equipos los procesos productivos no se podrían realizar ya que no se procesaría la materia prima y no se lograría obtener el producto final con el cual la empresa pretende obtener ingresos económicos.

A continuación, se explicarán los siguientes aspectos para generar ahorro en el sector de mantenimiento mediante la planificación de este.

- Ahorro de mano de obra
- Ahorro en gestión de inventarios

2.1. Ahorro de mano de obra mediante planificación

En el sector de mantenimiento una de las claves para mantener o reparar los equipos con los que cuenta una empresa es el de contar con personal técnico calificado que realice las intervenciones requeridas para lograr la disponibilidad que se necesita de los equipos, este personal es indispensable para las actividades de mantenimiento de los equipos por lo cual no se puede prescindir de contar con esta mano de obra, en muchas empresas el costo de mano de obra de los técnicos con el que se cuenta suele ser cara, esto debido a que no se cuenta con una buena planificación del mantenimiento, y esto conlleva a que la mayor parte de las intervenciones en la maquinaria sea de manera reactiva, es decir que solo se realizan intervenciones en la maquinaria cuando esta tiene un fallo que la deje inoperable, por lo cual el personal técnico solo se involucra en este tipo de intervenciones, el resto de tiempo de la jornada laboral del personal técnico no es aprovechada en absoluto, es hace que el tiempo de productividad sea menor al esperado.

Siendo el caso que en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon la mayor parte de las intervenciones de los técnicos en los tractores es en un entorno reactivo, el siguiente análisis pretende mostrar el ahorro que se puede adquirir al tener al personal técnico realizando tareas proactivas en los tractores en forma de revisiones, toma de datos y limpieza, tales tareas facilitan el diagnostico de fallas que pueden ocurrir en la maquinaria.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de estudios realizados a una variedad de industrias, en porcentajes del tiempo de productividad de los técnicos cuando se realiza un mantenimiento en un entorno reactivo comparado con un mantenimiento en un entorno proactivo.

Tabla 1.

Mantenimiento típico en un día laboral en entorno reactivo versus proactivo

Actividad	Entorno reactivo sin planificación	Entorno proactivo con planificación
Recepción de instrucciones	5 %	3 %
obtención de herramientas y materiales	12 %	5 %
traslado al sitio	15 %	10 %
retrasos en la coordinación	8 %	3 %
Inactividad en el sitio de trabajo	5 %	2 %
Arranques atrasados y paros anticipados	5 %	1 %
Interrupciones y asistencia autorizadas	10 %	10 %
tiempo excesivo del personal (descansos extras, llamadas de teléfono y regreso lento del almuerzo.)	5 %	1 %
Subtotal	65 %	35 %
Cumplimiento neto del trabajo directo (tiempo de llave en el sitio de trabajo)	35 %	65 %

Nota: Mantenimiento típico en un día laboral en entorno reactivos versus proactivo. Obtenido de D. Nyman y J. Levitt (2010). *Maintenance planning, coordination and scheduling* (p.11). Industrial Press, Inc.

Tomando en cuenta la información anterior se puede determinar según Contreras, (2020):

Que con una buena planificación del mantenimiento de los equipos se impacta:

- En el tiempo de productividad de los técnicos.

- En un entorno reactivo el tiempo de llave suele estar en el rango de 25 % - 35 %.
- En un entorno proactivo, el tiempo de llave normalmente estará en el rango de 50 % - 65 %.
- El aumento en la productividad ayudaría a:
 - Reducir el trabajo acumulado que ha sido diferido.
 - Reducir el uso de horas extras.

(BIMAN, 2020, 1m15s)

2.1.1. Cálculo de costos de horas perdidas anualmente

Tomando como apoyo los valores de la tabla 1 del porcentaje de los tiempos perdidos en mantenimiento reactivo y proactivo, donde se encuentra que cuando se realiza un mantenimiento en un entorno reactivo se pierde un 65 % del tiempo laboral y en un entorno proactivo se pierde 35 % del tiempo laboral.

Costo de horas perdidas anualmente

*= Cantidad de personas * Cantidad de nominal de días laborados
 * tasa de pago por día * porcentaje de tiempo perdido*

Figura 35.

Recibo de nómina de trabajador encargado del mantenimiento de tractores

Correlativo: 404 **CONCEPCION, S. A.** Pag. 1
Recibo de Nómina FICHA: 136975
 NOMBRE: CARLOS ESTUARDO SOLORZANO QUEVEDO LIQ. A RECIBIR: Q.2,120.00
 DOS MIL CIENTO VEINTE CON CERO CENTAVOS
 SEMANA: 40 PERIODO: 03.10.2022 AL 09.10.2022
 GRUPO PERSONAL: Temporales SALARIO BASE: Q.102.00
 CUADRILLA: 11862 ÁREA DE NÓMINA: 08 MIGRANTE:
 UNIDAD ORGANIZATIVA: 50000161-Tractores JEFE INMEDIATO: PLANILLERO: AXEL A. REYES G.
 PUESTO: PGT-AGMQ-OPE Mecanico I Taller

OTROS DEVENGADOS		VALOR
TRATO	DESCRIPCION	
7559	Dev.Ant. (2022-39) (20220926-20221002)	1,060.50
TOTAL OTROS DEVENGADOS		1,060.50

DEVENGADOS		VALOR
TRATO	DESCRIPCION	
7104	Salario Extraordinario	153.02
0050	Ordinario	612.00
0106	Bonif. 78/89 Según ley	58.31
0206	Septimo	154.17
1126	Ajuste de monedas	0.05
1255	Pago por Productividad	160.00
0204	Domingo	0.00
TOTAL DEVENGADOS		1,137.55

DESCUENTOS		VALOR
TRATO	DESCRIPCION	
5800	Aporte IGSS Emp.	52.12
5802	Impuesto sobre la renta	25.93
TOTAL DESCUENTOS		78.05

Días Trabajados: 6 **LIQUIDO A RECIBIR Q. 2,120.00**
 Promedio Diario: 189.59

CAJA DE AHORRO	TRABAJADOR	EMPRESA	TOTAL	SEMANA ACTUAL	ACUMULADO
SALDO ANTERIOR	0.00	0.00	0.00		
ESTA SEMANA	0.00	0.00	0.00		
TOTAL	0.00	0.00	0.00		

Recibí conforme sello LUGAR DE PAGO: **PANTALEON**

Correlativo: 404 **CONCEPCION, S. A.** Pag. 1
Detalle de Labores FICHA: 136975
 NOMBRE: CARLOS ESTUARDO SOLORZANO QUEVEDO LIQ. A RECIBIR: Q.2,120.00
 DOS MIL CIENTO VEINTE CON CERO CENTAVOS
 SEMANA: 40 PERIODO: 03.10.2022 AL 09.10.2022
 GRUPO PERSONAL: Temporales SALARIO BASE: Q.102.00
 CUADRILLA: 11862 ÁREA DE NÓMINA: 08 MIGRANTE:
 UNIDAD ORGANIZATIVA: 50000161-Tractores JEFE INMEDIATO: PLANILLERO: AXEL A. REYES G.
 PUESTO: PGT-AGMQ-OPE Mecanico I Taller

OTROS DEVENGADOS		VALOR
TRATO	FECHA	CoCo
7559	08.10.2022	0702020007
Total Otros (Bonificaciones)		1,060.50
Total OTROS DEVENGADOS		1,060.50

DEVENGADOS					PRECIO	UNIDAD	VALOR
TRATO	FECHA	CoCo	DESCRIPCION				
1200	03.10.2022	0702020007	Hrs ordinarias	8.00	1.00	102.00	
1202	03.10.2022	0702020007	Hrs extras	1.00	19.13		
1200	04.10.2022	0702020007	Hrs ordinarias	8.00	102.00		
1202	04.10.2022	0702020007	Hrs extras	1.00	19.13		
1200	05.10.2022	0702020007	Hrs ordinarias	8.00	102.00		
1202	05.10.2022	0702020007	Hrs extras	1.00	19.13		
1200	06.10.2022	0702020007	Hrs ordinarias	8.00	102.00		
1202	06.10.2022	0702020007	Hrs extras	1.00	19.13		
1200	07.10.2022	0702020007	Hrs ordinarias	8.00	102.00		
1202	07.10.2022	0702020007	Hrs extras	1.00	19.13		
1104	03.10.2022	0702020007	Bonif. 78/89 Según ley	8.33	7.50	58.31	
1126	03.10.2022	0702020007	Ajuste de monedas			0.05	
1206	03.10.2022	0702020007	Septimo día automático		1.00	154.17	
1255	03.10.2022	0702020007	Pago por Productividad			160.00	
Total DEVENGADOS							1,137.55

DESCUENTOS		SALDO	VALOR
TRATO	FECHA	CoCo	DESCRIPCION
5800	03.10.2022	0702020007	Aporte IGSS Emp.
5802	03.10.2022	0702020007	Impuesto sobre la renta
Total DESCUENTOS			78.05

Días Trabajados: 6 **LIQUIDO A RECIBIR Q. 2,120.00**
 Promedio Diario: 189.59

CAJA DE AHORRO	TRABAJADOR	EMPRESA	TOTAL	SEMANA ACTUAL	ACUMULADO
SALDO ANTERIOR	0.00	0.00	0.00		
ESTA SEMANA	0.00	0.00	0.00		
TOTAL	0.00	0.00	0.00		

Nota. La figura muestra el recibo de nómina de un trabajador encargado del mantenimiento de tractores de ingenio Pantaleon. Obtenido de Ingenio Pantaleon. Consultado el 10 de octubre de 2022.

Para el cálculo de costos de horas perdidas anualmente se tienen los siguientes datos:

- Cantidad nominal de días laborados = 300
- Cantidad de personas = 26
- Tasa de pago por día = Q 189.59

- Porcentaje de tiempo perdido realizando un mantenimiento reactivo = 65 %
- Porcentaje de tiempo perdido realizando un mantenimiento proactivo = 35 %

Con base a lo anterior se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 2.

Costos de horas perdidas anualmente en entorno reactivo y proactivo

	Cantidad nominal de días laborales anualmente	tasa de pago por día	Costo total anualmente	Productividad	Costo de las horas perdidas anualmente por persona	Cantidad de personas	Costo de las horas perdidas Total anualmente
Entorno reactivo sin planificación	300	Q 189.59	Q 56,877.00	35%	Q 36,970.05	26	Q 961,221.30
Entorno proactivo con planificación	300	Q 189.59	Q 56,877.00	65%	Q 19,906.95	26	Q 517,580.70

Nota. Tabla que muestra los resultados del cálculo de costos de horas perdidas anualmente en entornos reactivo y proactivo en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.1.2. Cálculo de ahorro en mano de obra mediante planificación anualmente

Ahorro de mano de obra mediante planificación

= Costo de horas perdidas en mantenimiento reactivo

– Costo de horas perdidas en mantenimiento proactivo

Para el cálculo de ahorro en mano de obra mediante planificación se tienen los siguientes datos:

- Costo de horas perdidas en mantenimiento reactivo = Q 961,221.30
- Costo de horas perdidas en mantenimiento proactivo = Q 517,580.70

Con base a lo anterior se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3.

Resultados del cálculo de ahorro en mano de obra mediante planificación

	Por persona	Total
Ahorro en mano de obra mediante planificación anualmente	Q 17,063.10	Q 443,640.60

Nota. Tabla que muestra los resultados del cálculo de ahorro en mano de obra mediante planificación en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.2. Ahorro en gestión de inventarios

La importancia económica de los inventarios en mantenimiento la se puede notar en el modelo matemático del retorno sobre la inversión o ROI por sus siglas en ingles *return on investment*, en la cual se puede tomar como al inventario de mantenimiento como un activo de la empresa, siendo que el inventario de mantenimiento genera un costo y este a mayor nivel disminuye los beneficios por ende, a mayor inversión en inventarios de mantenimiento menor es la rentabilidad. (Contreras, 2018)

Tomando en cuenta lo anterior, la adquisición de inventario cuya finalidad sea ser usada en una intervención de mantenimiento debe de ser la óptima para que la rentabilidad de la empresa no sea afectada por los costos de los repuestos.

Figura 36.

Efecto de la reducción de inventarios sobre la rentabilidad



Nota: Efecto de la reducción de inventarios sobre la rentabilidad. Obtenido de J. Contreras (2018). *Gestión y optimización de inventarios para mantenimiento*. (https://www.youtube.com/watch?v=6IEujlp_1gk). Consultado el 7 de Octubre de 2022. De dominio público.

Por lo cual se debe determinar la cantidad de pedido óptimo de repuestos para lograr satisfacer las necesidades de cada intervención de mantenimiento y a su vez no acumular inventario de repuestos que generan un costo que afecta la rentabilidad.

2.2.1. Modelo de cantidad económica a ordenar

EOQ (*Economic Order Quantity*; modelo de la cantidad económica a ordenar) definido por Heizer & Hender, (2009):

Es una de las técnicas más antiguas y conocidas que se utilizan para el control de inventarios. Esta técnica es relativamente fácil de usar y se basa en varios supuestos:

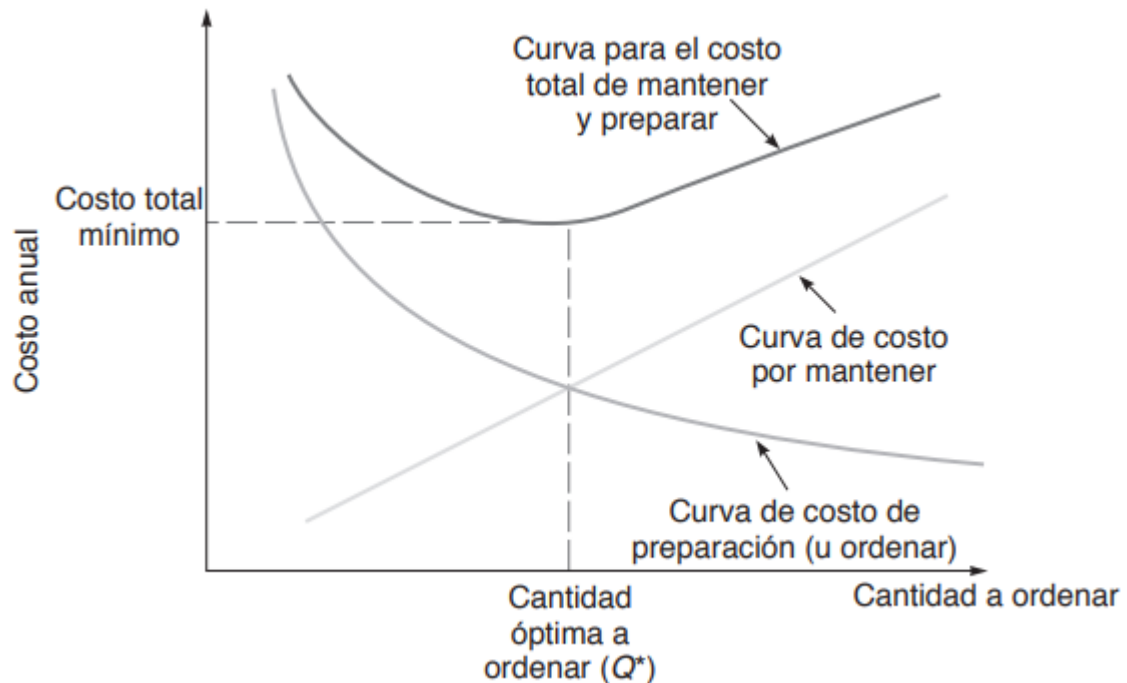
- La demanda es conocida, constante e independiente.
- El tiempo de entrega, es decir, el tiempo entre colocar y recibir la orden se conoce y es constante.
- La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de una orden llega en un lote al mismo tiempo.
- Los descuentos por cantidad no son posible.
- Los únicos costos variables son el costo de preparar o colocar una orden (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar inventarios a través del tiempo (costo de mantener o llevar).
- Los faltantes (inexistencia) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento correcto.

Además, Heizer & Hender afirman que el objetivo de la mayoría de los modelos de inventario es minimizar los costos totales. Con los

supuestos que se acaban de dar, los costos significativos son el costo de preparación (u ordenar) y el costo de mantener (o llevar). Todos los demás costos, como el costo del inventario en sí, son constantes. De esta forma, si se minimiza la suma de los costos de preparar y mantener, también se minimiza el costo total. Para ayudar a visualizar lo anterior, en la figura 37 se grafica los costos totales como función de la cantidad a ordenar, Q . El tamaño óptimo del lote, Q^* , será la cantidad que minimice los costos totales. Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de órdenes colocadas por año. Entonces, si la cantidad ordenada se incrementa, el costo anual de preparar u ordenar disminuye. Pero si aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener también aumenta debido a que se mantiene un inventario promedio mayor. Como se puede observar en la figura 37 una reducción de los costos de mantener o preparar reducirá la curva de costo total. Una reducción en la curva del costo de preparación también reduce la cantidad óptima a ordenar (tamaño del lote). (pp. 490-491)

Figura 37.

Costo total como función de la cantidad a ordenar



Nota: Costo total como función de la cantidad a ordenar. Obtenido de J. Heizer y B. Render (2009). *Principio de administración de operaciones* (p.491). Pearson educación.

En la figura 37 se puede observar que la cantidad óptima a ordenar aparece en el punto donde la curva del costo por ordenar se cruza con la curva del costo de mantener el inventario. Esto no ocurrió así por casualidad. Con el modelo EOQ, la cantidad óptima a ordenar aparecerá en el punto donde el costo total de preparación es igual al costo total de mantener. Se usa este hecho para desarrollar las ecuaciones que proporcionan directamente el valor de Q^* . Los pasos necesarios son:

- Desarrollar una expresión para el costo de preparación o costo por ordenar.

- Desarrollar una expresión para el costo de mantener.
- Establecer el costo de preparación igual al costo de mantener.
- Resolver la ecuación para la cantidad óptima a ordenar.

Usando las siguientes variables, se puede determinar los costos de ordenar y mantener y despejar Q*:

- Q = Número de unidades por orden
- Q* = Número óptimo de unidades a ordenar (EOQ)
- D = Demanda anual en unidades para el artículo en inventario
- S = Costo de ordenar o de preparación para cada orden
- H = Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año

Costo anual de preparación = (Número de órdenes colocadas por año) *
(Costo de preparación u ordenar por orden).

$$\frac{\text{Demanda anual}}{\text{Número de unidades en cada orden}} * \text{Costo de preparación u ordenar por orden}$$

$$\frac{D}{Q} * S$$

Costo anual de mantener = (Nivel de inventario promedio) * (Costo de mantener por unidad por año).

$$\frac{\text{Cantidad a ordenar}}{2} * \text{Costo de mantener por unidad por año}$$

$$\frac{Q}{2} * H$$

La cantidad óptima para ordenar se encuentra cuando el costo anual de preparación es igual al costo anual de mantener:

$$\frac{D}{Q} * S = \frac{Q}{2} * H$$

Para despejar Q^* , simplemente se multiplican en forma cruzada los términos y se despeja Q en el lado izquierdo de la igualdad.

$$2 * D * S = Q^2 * H$$

$$Q^2 = \frac{2 * D * S}{H}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

También se puede determinar el número esperado de órdenes colocadas durante el año (N):

$$\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*}$$

El costo variable anual total del inventario es la suma de los costos de preparación y los costos de mantener:

$$\text{Costo total anual} = \text{Costo de preparación (ordenar)} + \text{Costo de mantener}$$

En términos de las variables del modelo, el costo total (TC) se expresa como:

$$TC = \left(\frac{D}{Q} * S \right) + \left(\frac{Q}{2} * H \right)$$

2.2.2. Costo de ordenar o de preparación para cada orden (S)

El costo de ordenar es la cantidad económica que la empresa invierte cada vez que se genera una orden de pedido, estos incluyen costos de formatos, procesamientos de pedidos, personal de apoyo.

Para estimar el costo de ordenar que se tiene en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon se tomó en cuenta el tiempo invertido del personal involucrado en una orden compra al realizar un pedido para adquirir un repuesto, debido a que es el gasto mayor en la cual invierte la empresa, dado los siguientes datos:

Tabla 4.

Pasos y costos que se invierten para solicitar pedidos de repuestos

Pasos para pedidos en taller de maquinaria de Ingenio Pantaleon	Tiempo invertido	Costo de tiempo Invertido
Supervisor crea solicitud de pedido	10 minutos	Q 5.56
Coordinador aprueba solicitud de pedido	5 minutos	Q 5.56
Gestor ingresa solicitud de pedido a chequera	10 minutos	Q 2.08
Jefe de taller libera solicitud de pedido	3 minutos	Q 5.01
Encargado de compras da seguimiento a la solicitud de pedido	20 minutos	Q 11.12
Supervisor revisa que se le cree orden de pedido a la solicitud de pedido	5 minutos	Q 2.78
jefe de taller libera la orden de pedido	3 minutos	Q 5.01
Jefe de compras libera la orden de pedido	10 minutos	Q 11.12
Personal de bodega recibe el pedido	40 minutos	Q 8.32
	Total, en Quetzales	Q 56.56
	Total, en dólares US	\$ 7.25

Nota. Tabla que muestra los pasos y costos que se invierten en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon al solicitar un repuesto. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tomando como apoyo el valor de \$ 7.25, se toma el valor en dólares estadounidenses debido a que el manejo de presupuesto asignado al taller de maquinaria del ingenio Pantaleon es en dólares estadounidenses por tanto cada calculo que involucre dicho presupuesto será en este tipo de moneda, se tiene en términos de las variables del modelo (EOQ), el costo de ordenar (S) es de:

$$S = \$ 7.25$$

2.2.3. Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año (H)

Los costos de mantener inventarios son los costos asociados con guardar el inventario a través del tiempo. Por lo tanto, los costos de mantener inventario también incluyen obsolescencia y otros costos relacionados con el almacenamiento, como seguros, personal adicional y pago de intereses.

Figura 38.

Tipos de costos para mantener inventarios

Categoría	Costo (y rango) como porcentaje del valor del inventario
Costos de edificio (renta o depreciación del edificio, costos de operación, impuestos, seguros)	6% (3–10%)
Costo por manejo de materiales (renta o depreciación del equipo, energía, costo de operación)	3% (1–3.5%)
Costo por mano de obra (recepción, almacenamiento, seguridad)	3% (3–5%)
Costo de inversión (costos de préstamos, impuestos y seguros del inventario)	11% (6–24%)
Robo, daño y obsolescencia (mucho más en industrias de cambio rápido como las computadoras personales y los teléfonos celulares)	3% (2–5%)
Costos globales por manejo	26%

Nota: Todas las cifras son aproximadas, puesto que varían en forma considerable según la naturaleza del negocio, su ubicación y las tasas de interés vigentes. Cualquier costo de mantener el inventario menor al 15% es dudoso, porque los costos anuales de mantener el inventario a menudo se acercan al 40% del valor del inventario y aún más en industrias de alta tecnología y moda.

Nota: Determinación de los costos de mantener inventarios. Obtenido de J. Heizer y B. Render (2009). *Principio de administración de operaciones* (p.490). Pearson educación.

Tomando como apoyo los datos de la figura 38 se tiene que el costo de mantener inventarios en promedio para una empresa es el 26 % del valor del inventario, por lo tanto, en términos de las variables del modelo (EOQ), el costo de mantener inventarios (H) es de:

$$H = \text{Costo del repuesto} * 26 \%$$

2.2.4. Cálculo de costo total de inventario anual

En el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon se cuenta con el registro de 1290 artículos utilizados en el mantenimiento de los tractores de producción agrícola, desde la fecha 2/11/2021 al 21/10/2022 que corresponde a 51 semanas desde inicios de temporada de Zafra 2021 a inicios de la temporada de zafra 2022.

Para el cálculo del costo total de inventario anual de todos los artículos utilizados en el taller de maquinaria, debido a la gran cantidad de elementos analizados, se detallara el análisis a continuación de un elemento a modo de ejemplificar el proceso del método EOQ, dicho análisis se aplica a todos los elementos utilizados en el taller de maquinaria, los resultados se muestran en cuadro resumen en el apéndice1 y a su vez los datos otorgados por parte de ingenio Pantaleon para obtener dichos resultados.

2.2.4.1. Cálculo de costo total de inventario anual sin el método EOQ

Para el cálculo de costo total de inventario anual sin el método EOQ se cuenta con los siguientes datos:

- Elemento = Batería GRP31 Odyssey 12 V 1150 AH
- (D) unidades / año = 135
- (Q) unidades por pedido promedio = 1.44
- (S) Costo por ordenar = \$ 7.25
- (H) precio unitario del elemento = \$ 309.56 * Costo de manejo de inventario anual = 26 %

Tomando como apoyo los datos anteriores, el cálculo de TC sin el método EOQ es:

$$TC = \frac{135}{1.44} * \$ 7.25 + \frac{1.44}{2} * \$ 309.56 * 26 \% = \$ 739.39$$

2.2.4.2. Cálculo de número óptimo de unidades a ordenar (Q*)

Para el cálculo del número óptimo de unidades a ordenar se cuenta con los siguientes datos:

- Elemento = Batería GRP31 Odyssey 12 V 1150 AH
- (D) unidades / año = 135
- (S) Costo por ordenar = \$ 7.25
- (H) precio unitario del elemento = \$ 309.56 * Costo de manejo de inventario anual = 26 %

Tomando como apoyo los datos anteriores, el cálculo de Q* es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 135 * \$ 7.25}{\$ 309.56 * 26 \%}} = 4.93 \text{ unidades}$$

Debido a que al realizar un pedido no se puede solicitar la cantidad de artículos con valores que tenga decimales en su cifra, el cálculo de Q* = 4.93 unidades se aproxima a 5 unidades por pedido.

2.2.4.3. Cálculo de número esperado de órdenes colocadas durante el año (N)

Para el cálculo de número esperado de órdenes colocadas durante el año se cuenta con los siguientes datos:

- Elemento = Batería GRP31 Odyssey 12 V 1150 AH
- (D) unidades / año = 135
- (Q*) cantidad optima de unidades por pedido = 5

Tomando como apoyo los datos anteriores, el cálculo de N es:

$$N = \frac{135}{5} = 27 \text{ pedidos durante el año}$$

2.2.4.4. Cálculo de costo total de inventario anual con el método EOQ

para el cálculo de costo total de inventario anual con el método EOQ se cuenta con los siguientes datos:

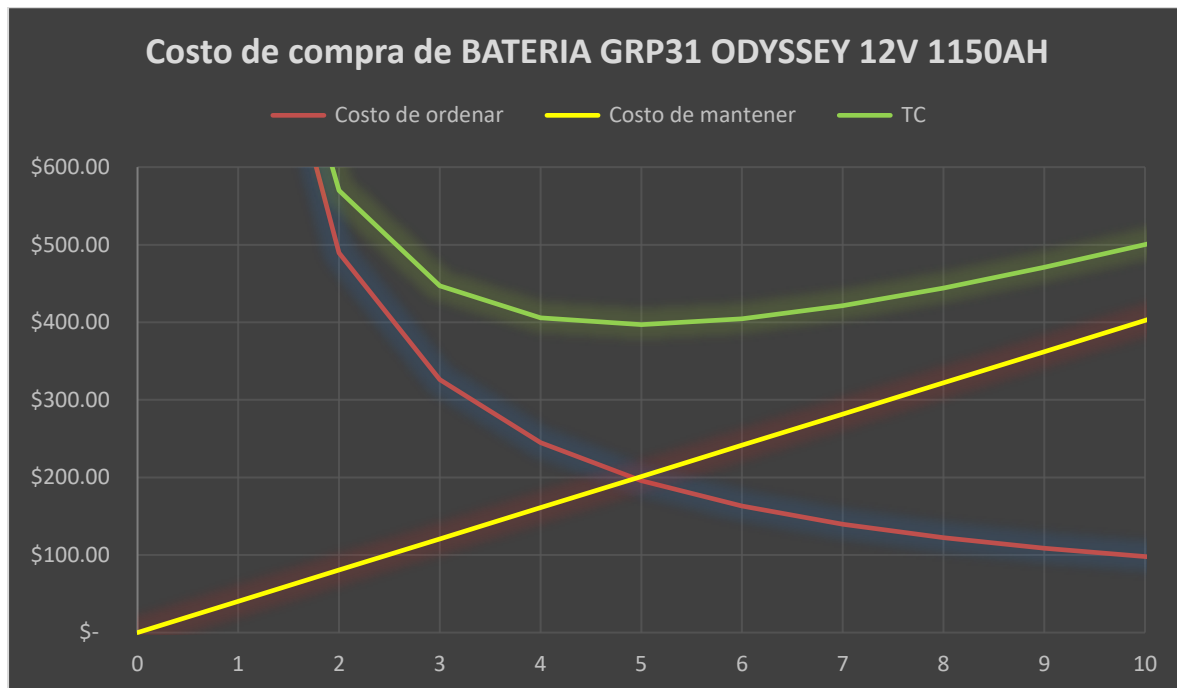
- Elemento = Batería GRP31 Odyssey 12 V 1150 AH
- (D) unidades / año = 135
- (Q*) unidades por pedido promedio = 5
- (S) Costo por ordenar = \$ 7.25
- (H) precio unitario del elemento = \$ 309.56 * Costo de manejo de inventario anual = 26 %

Tomando como apoyo los datos anteriores, el cálculo de TC con el método EOQ es:

$$TC = \frac{135}{5} * \$ 7.25 + \frac{5}{2} * \$ 309.56 * 26 \% = \$ 396.99$$

Figura 39.

Costo total como función de la cantidad a ordenar



Nota. Figura muestra el costo total como función de la cantidad a ordenar del elemento Batería GRP31 Odyssey 12 V 1150 AH que se tiene como inventario el taller de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.2.4.5. Cálculo de ahorro mediante el método EOQ

$$\text{Ahorro con método EOQ} = TC \text{ "sin" EOQ} - TC \text{ "con" EOQ}$$

Para el cálculo de ahorro mediante el método EOQ se cuenta con los siguientes datos:

- Elemento = Batería GRP31 Odyssey 12 V 1150 AH
- TC sin EOQ = \$ 739.39
- TC con EOQ = \$ 396.99

Tomando como apoyo los datos anteriores, el cálculo de ahorro mediante el método EOQ es:

$$\text{Ahorro mediante método EOQ} = \$ 739.39 - \$ 396.99 = \$ 342.40$$

Para el cálculo de ahorro mediante el método EOQ para los 1290 artículos utilizados en el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon se toma como apoyo los datos en el apéndice 1, con lo cual se cuenta con los siguientes datos:

- Costo total de pedidos sin EOQ para los 1290 elementos= \$ 107,138.64
- Costo total de pedidos con EOQ para los 1290 elementos= \$ 50,526.70

Tomando como apoyo los datos anteriores, el cálculo de ahorro mediante el método EOQ para los 1290 elementos utilizados en el taller de ingenio Pantaleon es:

$$\text{Ahorro mediante método EOQ} = \$ 107,138.64 - \$ 50,526.70 = \$ 56,611.94$$

2.2.4.6. Ahorro porcentual con el método EOQ

Para el cálculo de ahorro porcentual con el método EOQ de los 1290 elementos utilizados en el taller de maquinaria en ingenio Pantaleon se cuenta con los siguientes datos:

- Ahorro mediante método EOQ = \$ 56,611.94
- Costo total de pedidos sin EOQ para los 1290 elementos= \$ 107,138.64

$$\text{Ahorro porcentual con el método EOQ} = \frac{\$ 56,611.94}{\$ 107,138.64} * 100 = 52.84 \%$$

3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

3.1. ¿Qué es un plan de mantenimiento preventivo?

Un plan de mantenimiento preventivo según la definición de Suazo, (s.f.):

Es un documento elaborado por el departamento de mantenimiento, cuyo objetivo es determinar la frecuencia y periodicidad de las acciones de mantenimiento preventivo.

Además de eso, está destinado a detallar el tipo de acción que requiere cada máquina y cómo se debe ejecutar de una manera clara y simple.

Las ventajas de conocer el concepto de plan o programa de mantenimiento es lograr una estructuración adecuada, que puede ser dividida de acuerdo con los sectores de la empresa en los cuales se aplica.

En las áreas administrativas y de finanzas, el plan proporciona previsibilidad, lo que ayuda a reducir los costos y a ajustar las tareas

necesarias al presupuesto de mantenimiento. Una planificación adecuada reduce los costos y el desperdicio de recursos en el mantenimiento, al igual que las horas extras, con lo cual es también posible optimizar la mano de obra.

Para los técnicos la ventaja de usar un plan está en el aumento de la disponibilidad y la confiabilidad. Con esto, se pueden implementar reparaciones puntuales y efectivas, considerando siempre la anticipación y reducción de la probabilidad de fallas en los equipos.

Y, por supuesto, la seguridad del proceso aumenta para todos los involucrados, pues si el plan se ejecuta a cabalidad, se crean oportunidades para ejecutar acciones orientadas a incrementar la seguridad. (párr. 3-9)

3.2. ¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento preventivo?

El mantenimiento preventivo definido por Mendizabal, (s.f.):

Es un mantenimiento de rutina, ejecutado para garantizar la confiabilidad de los equipos y eliminar cualquier falla imprevista que presenta el activo. El mantenimiento preventivo debe verse como un enfoque proactivo que establece inspecciones programadas para prolongar su vida útil.

El usuario es responsable de la planificación, ejecución y control del mantenimiento; sin embargo, también comparte esta responsabilidad el distribuidor, quien debe facilitar servicio especializado cuando se requiera repuestos originales de calidad, entrenamiento al personal, manejar adecuadamente políticas de garantía y ofrecer estabilidad de la empresa a través del tiempo.

Un tercer componente en este aspecto es el producto (marca) el cual debe ser de conocida reputación, calidad y tener un número representativo de unidades operando en el país. El mantenimiento debe ser orientado a lograr la máxima disponibilidad y productividad del equipo al costo más bajo. (párr.1-22)

3.2.1. Pasos para elaborar el plan de mantenimiento preventivo

Para elaborar el plan de mantenimiento preventivo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El ciclo de mantenimiento (acciones)
- La organización personal (funciones)
- Planificación y control (flujo de información y documentación)

3.2.2. Ciclo de Mantenimiento

Son las tareas que debe efectuar el departamento de mantenimiento para conservar las maquinarias efectivamente como por ejemplo la tarea de publicación y mantenimiento rutinario tales como cambios de aceite y filtros, ajustes mecánicos. Estos primeros pasos básicos se deben efectuar tan profesional y perfectamente como sea posible en forma rutinaria.

La Información de que hacer, cuando hacerlo, se encuentra en la guía de mantenimiento y lubricación de cada máquina, es muy importante que se actúa en forma programada para minimizar los tiempos de parada y para la utilización eficiente del personal de mantenimiento. Así como contar con un sistema de retroalimentación que informe a la administración el trabajo que hizo y quien lo hizo, se recomienda usar listados de chequeo.

3.2.2.1. Inspección de la máquina

Desafortunadamente muchas veces es olvidado en los programas de mantenimiento. Las inspecciones tienen un efecto significativo sobre la disponibilidad y costos de operación y determinación si el mantenimiento se está realizando en forma controlada y dirigida o si está perdiendo el tiempo debido a una organización inadecuada que va de crisis en crisis.

Para que las inspecciones sean rápidas y eficientes deben ser en forma programada. No olvidar la retroalimentación que debe recibir la administración del mantenimiento para la toma de decisiones a partir de los resultados de la Inspección. Usar listados de chequeo.

3.2.2.2. Análisis de los resultados de las inspecciones

Es otro punto del ciclo de mantenimiento, el cual ayudará a determinar si se debe acortar el ciclo mediante una reparación de emergencia no programada o si se ha de continuar con el ciclo completo en forma controlada y planificada lo cual es más efectivo y reduce los costos de operación.

3.2.2.3. Proceso de comunicación con los demás departamentos

Por lo general esto significa que el departamento de producción debe ser consultado y llegar a un acuerdo no programado o para modificar el programa según las circunstancias. Quizás este sea el punto más difícil de llevar a cabo.

3.2.2.4. Establecer objetivos para el mantenimiento

Identificar alternativas que se presentan como coordinación de los elementos involucrados como: personal, repuestos, espacio, suministros, herramientas y literatura (manual de mantenimiento y lista de chequeo con tareas de los PM a realizar).

3.2.2.5. Efectuar el mantenimiento preventivo

Siempre con una orden de trabajo para que la defina y se pueda controlar el mantenimiento preventivo.

3.2.3. La organización del personal

Proporciona el marco necesario para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento de manera eficaz, garantizando que los recursos humanos estén alineados con los objetivos de mantenimiento, la eficiencia operativa y la prolongación de la vida útil de los activos.

3.2.3.1. El supervisor

Asigna el trabajo y para que sea eficiente por lo menos un 80 % de su tiempo a tareas de supervisión, encargándose de la disponibilidad de literatura, herramientas y programación de las reparaciones de emergencia.

3.2.3.2. El personal técnico (mecánico)

Son los que ejecutan el trabajo debiendo inspeccionar, evaluar y reparar registrando los tiempos empleados y haciendo el pedido de repuestos de las reparaciones de emergencia.

Luego con la maquina operativa debe efectuar inspecciones y evaluaciones periódicas analizando los resultados si es necesario planificar para otra parada.

Finalmente se debe comunicar la información del trabajo efectuado al área de producción para que lo movilice al punto de trabajo.

3.2.4. Planificación y control de documentos

Debe contener toda la información que será usado por todos los niveles de la gerencia de operaciones. La información debe ser precisa, disponible en forma inmediata.

La información de actividades (indica el cumplimiento del mantenimiento preventivo), condición de la maquina (debe trabajar el mayor tiempo posible).

3.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, son sus siglas en inglés) definido por Aula 21, (s.f.):

Es una metodología muy poderosa que, cuando se aplica de forma correcta, puede conducir a mejoras significativas en la confiabilidad de los equipos y el rendimiento de la planta de producción, mientras que, al mismo tiempo, asegura que el dinero invertido en los programas de mantenimiento predictivo y preventivo se optimiza.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), como su nombre indica, es una metodología muy eficaz que se utiliza para identificar todas las posibles causas que puede provocar un fallo en el sistema utilizando relaciones de causa y efecto.

Después de identificar todas las causas posibles, se puede determinar el mejor método de estrategia de mantenimiento para eliminar los fallos. La estrategia elegida debe garantizar el funcionamiento de los equipos y procesos asegurando la seguridad y la fiabilidad.

En la práctica, se identifican todos los modos de fallo, es decir, todas las formas posibles en que puede fallar el equipo, la maquinaria o el sistema y las distintas formas posibles en que puede producirse un fallo en un equipo determinado.

Los fallos pueden tener más de un modo de fallo, es decir, más de una forma que puede provocar efectos adversos similares en el sistema.

Para el sistema global, estos modos de fallo pueden identificarse dividiendo el sistema en subpartes o subsistemas. Estas subpartes se siguen desglosando hasta que se identifica un modo de fallo.

El concepto de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) hace hincapié en la adecuación de los activos individuales a las técnicas de mantenimiento que tienen más probabilidades de ofrecer resultados rentables.

En definitiva, es un marco completo que siempre intenta prolongar la vida útil de los equipos y reducir el tiempo de inactividad, de la forma más rentable posible.

El objetivo principal del RCM se entiende mejor analizando sus palabras raíz:

- Confiabilidad: la cualidad de funcionar siempre bien.
- Mantenimiento: garantizar que los activos sigan funcionando como se desea.

En esencia, proporciona una hoja de ruta para analizar y actuar sobre las causas fundamentales de los fallos de los equipos en busca de una mayor fiabilidad de los activos.

Por supuesto, el tiempo de inactividad es inevitable cuando se trabaja con multitud de piezas en la maquinaria con soluciones en muchas ocasiones difíciles. Sin embargo, las empresas de primer nivel utilizan el RCM para evitar averías imprevistas que requieren un mantenimiento complicado, una costosa subcontratación y la pérdida de tiempo de producción. (párr.1-30)

3.3.1. Cómo realizar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad

Esta estrategia de mantenimiento fue desarrollada a principios de la década de 1970 por la industria de las aerolíneas comerciales con el fin de reducir el tiempo de inactividad por mantenimiento, los costes de mantenimiento y mejorar la seguridad de los vuelos.

Aunque existe una gran variación y métodos diversos en la aplicación del RCM, la mayoría de los programas o procedimientos incluyen estos seis pasos básicos como punto de partida para realizar la implantación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en una empresa:

3.3.1.1. Paso 1: seleccionar un análisis RCM de activos

Elige un activo sobre el que realizar el análisis RCM. ¿Qué criterios debes utilizar para seleccionar el activo? Algunos factores para tener en cuenta son el grado de criticidad del activo para las operaciones, sus costes de reparación en el pasado y sus costes de mantenimiento preventivo anteriores.

3.3.1.2. Paso 2: describir las funciones del sistema para el activo seleccionado

Es importante conocer las funciones del sistema, incluidas sus entradas y salidas, por pequeñas que sean. Por ejemplo, las entradas de una cinta transportadora son las mercancías y la energía mecánica que impulsa la cinta.

3.3.1.3. Paso 3: definir los modos de fallo

Comprender las diferentes formas en que puede fallar el sistema. Por ejemplo, la cinta transportadora puede transportar la mercancía con la suficiente rapidez o no transportarla por completo de un extremo a otro.

3.3.1.4. Paso 4: evaluar las consecuencias del fallo

¿Qué ocurrirá en caso de fallo? El fallo de un activo puede dar lugar a problemas de seguridad y a un mal rendimiento de la empresa.

También puede afectar a otros equipos. Los operarios de la planta, los expertos en equipos y los técnicos de mantenimiento deben trabajar juntos para identificar las causas fundamentales de los fallos de cada activo. Este proceso ayuda a determinar cómo priorizar las tareas.

Este proceso se puede organizar utilizando muchos métodos, entre ellos:

- Análisis de modos y efectos de falla (AMEF): se trata de un método para evaluar el impacto de un fallo identificando dónde y cómo podría fallar un proceso. Por ejemplo, ¿qué haría que la cinta transportadora se ralentizara o dejara de funcionar?
- Análisis crítico de modos y efectos de falla (ACMFE): es lo mismo que el AMEF. Pero va un paso más allá y crea vínculos entre los modos de fallo, los efectos y las causas de estos.
- Análisis de peligros y operabilidad (HAZOPS): es un análisis sistemático de los procesos para identificar los problemas que pueden suponer un

riesgo para el personal y los activos. En la mayoría de los casos, guía la revisión de los procedimientos operativos estándar.

- Análisis del árbol de fallas (FTA): es una herramienta gráfica utilizada para examinar la causa raíz de una falla a nivel de sistema. Se utiliza para realizar una evaluación probabilística del riesgo
- Inspección basada en riesgo (RBI): es un proceso de toma de decisiones utilizado para optimizar los planes de inspección. Se utiliza sobre todo para examinar equipos industriales, como tuberías, recipientes a presión e intercambiadores de calor.

Siempre hay que dar prioridad a los modos de fallo más críticos para un análisis adicional. En realidad, se deben conservar los modos de fallo que pueden producirse en un entorno operativo real.

3.3.1.5. Paso 5: determinar una estrategia de mantenimiento para cada modo de fallo

En este punto, se selecciona una estrategia de mantenimiento para cada modo de fallo crítico. Debe ser factible tanto económica como técnicamente. Se puede utilizar el mantenimiento basado en la condición (CBM), el mantenimiento preventivo o el mantenimiento predictivo.

Si no se puede aplicar una estrategia determinada para un modo de fallo concreto, considera la posibilidad de rediseñar el sistema para modificar o eliminar el modo de fallo.

Los modos de fallo no críticos se pueden considerar para una estrategia de mantenimiento al fallo (RTF). También llamado *Run to failure* o funcionamiento hasta el fallo, se basa en no programar tareas de mantenimiento o supervisión hasta que se produce un fallo en la maquinaria.

3.3.1.6. Paso 6: aplicar la estrategia y realizar revisiones periódicas

Para que tu programa de RCM sea eficaz, tienes que poner en práctica las recomendaciones de mantenimiento identificadas en el paso 5. Tras la aplicación, las revisiones periódicas ayudarán a mejorar los sistemas y el rendimiento. Sea cual sea la estrategia de mantenimiento que decidáis utilizar para cada activo, se podrá generar datos adicionales que mejoren los sistemas.

3.4. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad definido por Mendizabal, (s.f.):

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional.

La necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos, obliga a incorporar nuevas tecnologías que permitan alcanzar las metas propuestas. En el ámbito internacional las empresas exitosas han basado su estrategia en la búsqueda de la excelencia a través de la filosofía de clase mundial.

Todas estas prácticas están orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores, clientes y suplidores.

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.

El análisis de criticidad ayuda a determinar elementos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, el objetivo es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. (párr. 1-17)

3.4.1. Modelo de criticidad de factores ponderados basados en el concepto de riesgo

Para el análisis de criticidad realizado a los tractores de ingenio Pantaleon se utilizó el modelo de factores ponderados basado en la teoría de riesgo, este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado *The Woodhause Partnership Limited*. Es un método semicuantitativo bastante sencillo

y practico, soportado con el concepto de riesgo: frecuencia de fallas por consecuencia.

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} \times \textit{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

Consecuencia

$$= (\textit{Impacto operacional} * \textit{Flexibilidad operacional})$$

$$+ \textit{Costos de mantenimiento}$$

$$+ \textit{Impacto en seguridad y medio ambiente}$$

3.4.2. Criterios fundamentales para el análisis de criticidad

El término “crítico” y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. Desde esta óptica existen una gran diversidad de herramientas para el análisis de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- Seguridad
- Ambiente
- Impacto Operacional
- Costos operacionales de mantenimiento
- Flexibilidad operacional
- Frecuencia de falla

3.4.2.1. Seguridad

La posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas es un aspecto crítico en la gestión de riesgos y seguridad en diversos contextos, desde entornos industriales hasta situaciones cotidianas.

3.4.2.2. Ambiente

La posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente es una preocupación significativa en diversas actividades humanas, desde la industria hasta la agricultura y la gestión de residuos.

3.4.2.3. Impacto operacional

La capacidad que se deja de producir cuando ocurre una falla se refiere al impacto negativo que una interrupción o incidente puede tener en la capacidad operativa de una organización, sistema o proceso. Este concepto está estrechamente relacionado con la disponibilidad y la confiabilidad de los sistemas, y es fundamental en la gestión de riesgos y la planificación de la continuidad del negocio.

3.4.2.4. Costos

Los costos relacionados con la falla, también conocidos como costos de fallas, abarcan los gastos asociados con la ocurrencia de un problema o mal funcionamiento en un sistema, producto o proceso. Estos costos pueden manifestarse en diversas formas y afectar a diferentes áreas de una organización.

3.4.2.5. Flexibilidad operacional

Cuando se dispone de un equipo similar para reemplazo, se está haciendo referencia a una estrategia conocida como "equipos redundantes" o "repuestos de respaldo". Esta estrategia implica tener equipos adicionales idénticos o similares al equipo principal, listos para entrar en acción en caso de una falla.

3.4.2.6. Frecuencia de falla

La frecuencia de fallos, también conocida como tasa de fallos o tasa de ocurrencia, es un indicador que mide la cantidad de veces que un componente o

sistema experimenta una falla durante un período específico. Este concepto es esencial en la gestión de la confiabilidad y la disponibilidad de sistemas críticos.

3.4.3. Tabla de factores ponderados de la criticidad

Estos factores tienen que ser evaluados en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (mantenimiento, operaciones, procesos, seguridad y ambiente).

Tabla 5.*Tabla de factores ponderados de la criticidad*

Factores para evaluar	Ponderación
Frecuencia de Fallas (FF)	
Mayor o igual a 8 fallas/mes	4
De 5 a 7 fallas/mes	3
De 2 a 4 fallas/mes	2
Menor o igual a 1 falla/mes	1
Impacto Operacional (IO)	
Parada inmediata del proceso	10
Afecta más del 50 % del proceso	7
Afecta menos del 50 % del proceso	4
No afecta al proceso	1
Flexibilidad Operacional (FO)	
No se dispone de otro equipo igual o similar	4
El sistema puede seguir funcionando	2
Se dispone de otro equipo igual o similar	1
Costo de Mantenimiento (CM)	
Mas de GTQ 10,000.00	3
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00	2
Menos de GTQ 5,000.00	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)	
Afecta a la seguridad Humana	8
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores - accidentes e incidentes	2
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Nota: Tabla de factores ponderados de la criticidad. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.4.4. Matriz de criticidad

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema, se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad; valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X.

Se obtiene el mismo resultado localizando el producto entre frecuencia x consecuencia en la tabla 7 según el valor de criticidad en la tabla 6.

La matriz de criticidad mostrada en la tabla 7 permite jerarquizar los sistemas en tres áreas.

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

Tabla 6.

Rango de valores de criticidad y el estado de criticidad

Rango	Estado
<40	No crítico
>=40 y <100	Media criticidad
>=100	Crítico

Nota. Tabla que muestra los rangos de valor de criticidad para el análisis del estado de criticidad. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 7.*Matriz de criticidad*

Frecuencia	4	40	80	120	160	200
	3	30	60	90	120	150
	2	20	40	60	80	100
	1	10	20	30	40	50
		10	20	30	40	50
		Consecuencia				

Nota. Tabla que muestra la matriz de criticidad. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.5. Matriz de criticidad de los componentes de los sistemas de los tractores en ingenio Pantaleon

Para el análisis de criticidad de los tractores de ingenio Pantaleon, se decidió analizar a los componentes de los sistemas que conforman a los tractores agrícolas, para así tener un panorama más claro de que componentes son los críticos en la operación de un tractor agrícola en ingenio Pantaleon y posterior a esto priorizar acciones de mejora a estos y así aumentar la confiabilidad de tales componentes.

Tabla 8.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de motor

MOTOR	Bloque	Cilindros	Culata	Junta de culata	Pistón	Anillos	Biela	Cigüeñal	Volante	Cárter
Frecuencia de Fallas (FF)										
Mayor o igual a 8 fallas/mes										
De 5 a 7 fallas/mes										
De 2 a 4 fallas/mes										
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto Operacional (IO)										
Parada inmediata del proceso	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Afecta mas del 50% del proceso										
Afecta menos del 50% del proceso										
No afecta al proceso										
Flexibilidad Operacional (FO)										
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
El sistema puede seguir funcionando										
Se dispone de otro equipo igual o similar										
Costo de Mantenimiento (CM)										
Mas de GTQ 10,000.00	3									
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00			2					2	2	
Menos de GTQ 5,000.00		1		1	1	1	1			1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)										
Afecta a la seguridad Humana										
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles										6
Afecta las instalaciones causando daños severos										
Provoca daños menores - accidentes e incidentes										
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales										
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Criticidad	44	42	43	42	42	42	42	43	43	47

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de motor de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 9.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de combustible

SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Depósito	Bomba de alimentación	Filtro	Bomba de inyección	Inyector
Frecuencia de Fallas (FF)					
Mayor o igual a 8 fallas/mes					
De 5 a 7 fallas/mes					
De 2 a 4 fallas/mes					
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1	1
Impacto Operacional (IO)					
Parada inmediata de proceso	10			10	
Afecta mas del 50% del proceso			7		7
Afecta menos del 50% del proceso		4			
No afecta al proceso					
Flexibilidad Operacional (FO)					
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4	4	4
El sistema puede seguir funcionando					
Se dispone de otro equipo igual o similar					
Costo de Mantenimiento (CM)					
Mas de GTQ 10,000.00					
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00					
Menos de GTQ 5,000.00	1	1	1	1	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)					
Afecta a la seguridad Humana					
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6	6		6	
Afecta las instalaciones causando daños severos			4		
Provoca daños menores - accidentes e incidentes					
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales					
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente					0
Criticidad	47	23	33	47	29

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de combustible de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 10.

Criticidad y factores ponderados de los componentes de la alimentación de aire

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	Cartucho de celulosa (filtro primario)	Cartucho de fieltro (filtro secundario)	Toma de aire	Predepurador	Sensor de vacío
Frecuencia de Fallas (FF)					
Mayor o igual a 8 fallas/mes					
De 5 a 7 fallas/mes					
De 2 a 4 fallas/mes					2
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1	
Impacto Operacional (IO)					
Parada inmediata de proceso					
Afecta mas del 50% del proceso	7	7			
Afecta menos del 50% del proceso					4
No afecta al proceso			1	1	
Flexibilidad Operacional (FO)					
No se dispone de otro equipo igual o similar			4	4	4
El sistema puede seguir funcionando	2	2			
Se dispone de otro equipo igual o similar					
Costo de Mantenimiento (CM)					
Mas de GTQ 10,000.00					
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00					
Menos de GTQ 5,000.00	1	1	1	1	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)					
Afecta a la seguridad Humana					
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles					
Afecta las instalaciones causando daños severos					
Provoca daños menores - accidentes e incidentes					
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales					
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0	0	0	0	0
Criticidad	15	15	5	5	34

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de alimentación de aire de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 11.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de enfriamiento

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Radiador	Mangueras	Ventilador	Termostato
Frecuencia de Fallas (FF)				
Mayor o igual a 8 fallas/mes				
De 5 a 7 fallas/mes				
De 2 a 4 fallas/mes				
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1
Impacto Operacional (IO)				
Parada inmediata de proceso	10			10
Afecta mas del 50% del proceso				
Afecta menos del 50% del proceso		4	4	
No afecta al proceso				
Flexibilidad Operacional (FO)				
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4	
El sistema puede seguir funcionando				2
Se dispone de otro equipo igual o similar				
Costo de Mantenimiento (CM)				
Mas de GTQ 10,000.00				
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00	2			
Menos de GTQ 5,000.00		1	1	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)				
Afecta a la seguridad Humana				
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6	6		
Afecta las instalaciones causando daños severos				
Provoca daños menores - accidentes e incidentes				
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales				
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente			0	0
Criticidad	48	23	17	21

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de enfriamiento de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 12.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de lubricación

SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Filtro de entrada a la bomba	Bomba de aceite	Válvula de descarga	Filtro de aceite	Control de presión
Frecuencia de Fallas (FF)					
Mayor o igual a 8 fallas/mes					
De 5 a 7 fallas/mes					
De 2 a 4 fallas/mes					
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1	1
Impacto Operacional (IO)					
Parada inmediata de proceso		10			
Afecta mas del 50% del proceso					
Afecta menos del 50% del proceso	4				
No afecta al proceso			1	1	1
Flexibilidad Operacional (FO)					
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4			
El sistema puede seguir funcionando			2		2
Se dispone de otro equipo igual o similar				1	
Costo de Mantenimiento (CM)					
Mas de GTQ 10,000.00					
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00					
Menos de GTQ 5,000.00	1	1	1	1	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)					
Afecta a la seguridad Humana					
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles		6	6		
Afecta las instalaciones causando daños severos					
Provoca daños menores - accidentes e incidentes					
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales					
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0			0	0
Criticidad	17	47	9	2	3

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de lubricación de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 13.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema eléctrico

SISTEMA ELÉCTRICO	Batería	Alternador	Motor de arranque	Fusibles	Cables
Frecuencia de Fallas (FF)					
Mayor o igual a 8 fallas/mes					
De 5 a 7 fallas/mes	3	3		3	
De 2 a 4 fallas/mes			2		2
Menor o igual a 1 falla/mes					
Impacto Operacional (IO)					
Parada inmediata de proceso	10	10	10	10	10
Afecta mas del 50% del proceso					
Afecta menos del 50% del proceso					
No afecta al proceso					
Flexibilidad Operacional (FO)					
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4		
El sistema puede seguir funcionando					
Se dispone de otro equipo igual o similar				1	1
Costo de Mantenimiento (CM)					
Mas de GTQ 10,000.00					
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00					
Menos de GTQ 5,000.00	1	1	1	1	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)					
Afecta a la seguridad Humana					
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles					
Afecta las instalaciones causando daños severos					
Provoca daños menores - accidentes e incidentes					
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales					
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0	0	0	0	0
Criticidad	123	123	82	33	22

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los elementos del sistema eléctrico de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 14.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de transmisión

TRANSMISIÓN	Embrague	Caja de Cambios	Diferencial delantera	Diferencial trasera	Mando Final	Ruedas y Neumáticos	Toma de fuerza (PTO)
Frecuencia de Fallas (FF)							
Mayor o igual a 8 fallas/mes							
De 5 a 7 fallas/mes							
De 2 a 4 fallas/mes		2	2		2		
Menor o igual a 1 falla/mes	1			1		1	1
Impacto Operacional (IO)							
Parada inmediata de proceso	10	10	10	10	10		
Afecta mas del 50% del proceso						4	
Afecta menos del 50% del proceso							1
No afecta al proceso							
Flexibilidad Operacional (FO)							
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4	4	4	4	4
El sistema puede seguir funcionando							
Se dispone de otro equipo igual o similar							
Costo de Mantenimiento (CM)							
Mas de GTQ 10,000.00		3				3	
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00			2	2			
Menos de GTQ 5,000.00	1						1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)							
Afecta a la seguridad Humana							
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles							
Afecta las instalaciones causando daños severos							
Provoca daños menores - accidentes e incidentes							
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales							
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0	0	0	0	0	0	0
Criticidad	41	86	84	42	80	19	5

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de transmisión de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 15.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema hidráulico

SISTEMA HIDRAULICO	Depósito de aceite	Bomba hidráulica	Válvulas distribuidoras	Filtro	Cilindro hidráulico y pistón
Frecuencia de Fallas (FF)					
Mayor o igual a 8 fallas/mes					
De 5 a 7 fallas/mes					
De 2 a 4 fallas/mes			2	2	2
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1			
Impacto Operacional (IO)					
Parada inmediata de proceso	10	10	10	10	10
Afecta mas del 50% del proceso					
Afecta menos del 50% del proceso					
No afecta al proceso					
Flexibilidad Operacional (FO)					
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4		4
El sistema puede seguir funcionando					
Se dispone de otro equipo igual o similar				1	
Costo de Mantenimiento (CM)					
Mas de GTQ 10,000.00		2			2
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00	1		1	1	
Menos de GTQ 5,000.00					
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)					
Afecta a la seguridad Humana					
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6	6			
Afecta las instalaciones causando daños severos					
Provoca daños menores - accidentes e incidentes					
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales					
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente			0	0	0
Criticidad	47	48	82	22	84

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los elementos del sistema hidráulico de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 16.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de frenos

SISTEMA DE FRENOS	Depósito líquido de freno	Bomba hidráulica	Pedal	Discos
Frecuencia de Fallas (FF)				
Mayor o igual a 8 fallas/mes				
De 5 a 7 fallas/mes				
De 2 a 4 fallas/mes				
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1
Impacto Operacional (IO)				
Parada inmediata de proceso	10		10	
Afecta mas del 50% del proceso				
Afecta menos del 50% del proceso				4
No afecta al proceso		1		
Flexibilidad Operacional (FO)				
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4	4
El sistema puede seguir funcionando				
Se dispone de otro equipo igual o similar				
Costo de Mantenimiento (CM)				
Mas de GTQ 10,000.00				
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00		2		
Menos de GTQ 5,000.00	1		1	1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)				
Afecta a la seguridad Humana			10	10
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6	6		
Afecta las instalaciones causando daños severos				
Provoca daños menores - accidentes e incidentes				
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales				
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente				
Criticidad	47	12	51	27

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los elementos del sistema de frenos de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 17.

Criticidad y factores ponderados de los componentes del sistema de dirección

SISTEMA DE DIRECCIÓN	Depósito de aceite	Bomba de presión	Válvula de control	Orbitrol	Cilindro de dirección
Frecuencia de Fallas (FF)					
Mayor o igual a 8 fallas/mes					
De 5 a 7 fallas/mes					
De 2 a 4 fallas/mes					
Menor o igual a 1 falla/mes	1	1	1	1	1
Impacto Operacional (IO)					
Parada inmediata de proceso	10	10	10	10	10
Afecta mas del 50% del proceso					
Afecta menos del 50% del proceso					
No afecta al proceso					
Flexibilidad Operacional (FO)					
No se dispone de otro equipo igual o similar	4	4	4	4	4
El sistema puede seguir funcionando					
Se dispone de otro equipo igual o similar					
Costo de Mantenimiento (CM)					
Mas de GTQ 10,000.00			3		
Entre GTQ 5,000.00 y menos de GTQ 10,000.00		2		2	
Menos de GTQ 5,000.00	1				1
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)					
Afecta a la seguridad Humana			10	10	10
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6	6			
Afecta las instalaciones causando daños severos					
Provoca daños menores - accidentes e incidentes					
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales					
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente					
Criticidad	47	48	53	52	51

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad y ponderación de criticidad de los componentes del sistema de dirección de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 18.

Criticidad de los componentes de cada sistema, ordenados de mayor a menor

Sistema	Componente	Valor	Criticidad
SISTEMA ELÉCTRICO	Batería	123	Crítico
SISTEMA ELÉCTRICO	Alternador	123	Crítico
TRANSMISIÓN	Caja de Cambios	86	Media Criticidad
SISTEMA HIDRAULICO	Cilindro hidráulico y pistón	84	Media Criticidad
TRANSMISIÓN	Diferencial delantera	84	Media Criticidad
SISTEMA ELÉCTRICO	Motor de arranque	82	Media Criticidad
SISTEMA HIDRAULICO	Válvulas distribuidoras	82	Media Criticidad
TRANSMISIÓN	Mando Final	80	Media Criticidad
SISTEMA DE DIRECCIÓN	Válvula de control	53	Media Criticidad
SISTEMA DE DIRECCIÓN	Orbitrol	52	Media Criticidad
SISTEMA DE DIRECCIÓN	Cilindro de dirección	51	Media Criticidad
SISTEMA DE FRENOS	Pedal	51	Media Criticidad
SISTEMA DE DIRECCIÓN	Bomba de presión	48	Media Criticidad
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Radiador	48	Media Criticidad
SISTEMA HIDRAULICO	Bomba hidráulica	48	Media Criticidad
MOTOR	Cárter	47	Media Criticidad
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Depósito	47	Media Criticidad
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Bomba de inyección	47	Media Criticidad
SISTEMA DE DIRECCIÓN	Depósito de aceite	47	Media Criticidad
SISTEMA DE FRENOS	Depósito líquido de freno	47	Media Criticidad
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Bomba de aceite	47	Media Criticidad
SISTEMA HIDRAULICO	Depósito de aceite	47	Media Criticidad
MOTOR	Bloque	44	Media Criticidad
MOTOR	Culata	43	Media Criticidad
MOTOR	Cigüeñal	43	Media Criticidad
MOTOR	Volante	43	Media Criticidad
MOTOR	Cilindros	42	Media Criticidad
MOTOR	Junta de culata	42	Media Criticidad
MOTOR	Pistón	42	Media Criticidad
MOTOR	Anillos	42	Media Criticidad
MOTOR	Biela	42	Media Criticidad
TRANSMISIÓN	Diferencial trasera	42	Media Criticidad
TRANSMISIÓN	Embrague	41	Media Criticidad
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	Sensor de vacío	34	No Crítico
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Filtro	33	No Crítico
SISTEMA ELÉCTRICO	Fusibles	33	No Crítico
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Inyector	29	No Crítico
SISTEMA DE FRENOS	Discos	27	No Crítico
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Bomba de alimentación	23	No Crítico
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Mangueras	23	No Crítico
SISTEMA ELÉCTRICO	Cables	22	No Crítico
SISTEMA HIDRAULICO	Filtro	22	No Crítico
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Termostato	21	No Crítico
TRANSMISIÓN	Ruedas y Neumáticos	19	No Crítico
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Ventilador	17	No Crítico
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Filtro de entrada a la bomba	17	No Crítico
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	Cartucho de celulosa (filtro primario)	15	No Crítico
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	Cartucho de fieltro (filtro secundario)	15	No Crítico
SISTEMA DE FRENOS	Bomba hidráulica	12	No Crítico
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Válvula de descarga	9	No Crítico
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	Toma de aire	5	No Crítico
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	Predepurador	5	No Crítico
TRANSMISIÓN	Toma de fuerza (PTO)	5	No Crítico
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Control de presión	3	No Crítico
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Filtro de aceite	2	No Crítico

Nota. Tabla que muestra el valor de criticidad de los componentes de cada sistema, ordenados de mayor a menor, de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.6. Análisis de modo y efecto de falla

Para realizar la evaluación de las consecuencias de fallo de los componentes críticos de los tractores de ingenio Pantaleon se utilizó el método Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) también llamado *failiure mode and effect analysis* (FMEA).

El análisis de modo y efecto de fallos (AMEF) definido por Lean solutions, (s.f.):

Es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un proceso/producto o sistema con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Los AMEF fueron formalmente introducidos a finales de los 40's mediante el estándar militar 1629. Utilizados por la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes, los AMEF y el todavía más detallado análisis crítico del modo y efecto de falla (ACMEF) fueron de mucha ayuda en evitar errores sobre tamaños de muestra pequeños en costosa tecnología.

El principal empuje para la prevención de fallas vino durante los 60's, mientras se desarrollaba la tecnología para enviar un hombre a la luna en la misión Apolo, en este momento la *Ford Motor Company* estaba siendo presionada por los altos costos de demandas de responsabilidad

civil derivados de los problemas de calidad en sus vehículos, por tal motivo introdujo los AMEF.

En 1993 *Chrysler, Ford y GM* crearon el documento *potencial failure mode and effects analysis* que cubría los tipos vigentes de AMEF. El documento formó parte de la norma QS 9000 (Hoy conocida como ISO 16949). (párr. 1-11)

Figura 40.

Breve historia del método AMEF



Nota. El gráfico muestra la breve historia del método AMEF. Obtenido de Lean Solutions (2023). AMEF análisis de modo y efecto de falla. (<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

3.6.1. ¿Que se logra al implementar AMEF?

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran (principal función).
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y retrabajos).
- Acorta el tiempo de desarrollo de nuevos productos o procesos.
- Documenta los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementa la satisfacción del cliente.
- Mantiene el *Know-How* en la compañía.

3.6.2. Los tres tipos más comunes de AMEF

Estos tres tipos de AMEF pueden aplicarse de manera complementaria para proporcionar una evaluación exhaustiva de los riesgos y mejorar la fiabilidad y calidad en distintas etapas del ciclo de vida de un producto o sistema.

Figura 41.

Los 3 tipos más comunes de AMEF



Nota. El gráfico muestra la descripción de los 3 tipos más comunes del método AMEF. Obtenido de Lean Solutions (2023). *AMEF análisis de modo y efecto de falla.* (<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

3.6.2.1. AMEF de Sistema (S-AMEF)

- El AMEF de sistema aborda la confiabilidad y la seguridad del sistema en su conjunto, integrando tanto los aspectos de diseño como los de proceso.
- Se evalúan los modos de falla que podrían ocurrir en la interacción entre los componentes y procesos, así como las consecuencias en el rendimiento del sistema.
- El objetivo es garantizar la confiabilidad global del sistema, teniendo en cuenta la contribución de cada componente y proceso a la operación segura y eficiente del conjunto.

3.6.2.2. AMEF de Diseño/producto (D-AMEF)

- Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño.
- Evalúa subsistemas del producto o servicio.
- Se realiza cuando el diseño aún está en planos.

3.6.2.3. AMEF de proceso (P-AMEF)

- Se usa para analizar los procesos de manufactura o servicios, se enfoca en hallar los riesgos o la incapacidad de cumplir con las expectativas del cliente.
- Los modos de falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de diseño.
- Asume que el producto según el diseño cumplirá su intención final-
- Evalúa cada paso del proceso (producción o servicio).
- Usado en el análisis de proceso y transiciones.
- No debe utilizar controles en el proceso para superar debilidades del diseño.

3.6.3. Aplicaciones de AMEF

Adicionalmente los AMEF son ampliamente utilizados para el análisis de problemas/riesgos en otras áreas demostrando total eficiencia:

Figura 42.

Aplicaciones de AMEF

Aplicaciones de AMEF	
Tipo de AMEF	Pregunta clave
Sistema o concepto	¿Cómo puede fallar el sistema, en términos de interacción con otros sistemas?
Diseño o producto	¿Cómo puede fallar la funcionalidad del producto y como puede afectar la seguridad del usuario?
Proceso (manufactura o servicios)	¿Cómo puede fallar la operación? (atrasos en fechas de entrega, calidad) y ¿cómo se pueden presentar accidentes con los empleados de este proceso?
Proyectos	¿Cómo pueden fallar las distintas etapas del proceso y sus conexiones?
Seguridad	¿Cómo se pueden presentar accidentes en el proceso actual o uno nuevo?
Mantenimiento (maquinas y equipos)	¿Cómo puede fallar funcionalmente la maquina o no cumplir con las especificaciones de calidad?
Software	¿Cómo pueden fallar las funciones del software?

Nota. El gráfico muestra la descripción de las aplicaciones del método AMEF. Obtenido de Lean Solutions (2023). *AMEF análisis de modo y efecto de falla*. (<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

3.6.4. Pasos para hacer un AMEF

- Determine el producto o proceso a analizar
- Liste los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar
- Describa la función del paso o el componente
- Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente
- Listar los efectos de cada potencial modo de falla

- Asignar el grado de severidad de cada efecto.

Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el “1” indica una consecuencia sin efecto. El “10” indica una consecuencia grave.

Figura 43.

Clasificación de severidad

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Nota. El gráfico muestra la descripción de la clasificación de severidad para el método AMEF. Obtenido de Lean Solutions (2023). *AMEF análisis de modo y efecto de falla*. (<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

- Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra.

Figura 44.

Clasificación de ocurrencia

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Nota. El gráfico muestra la descripción de la clasificación de ocurrencia para el método AMEF. Obtenido de Lean Solutions (2023). *AMEF análisis de modo y efecto de falla.* (<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

- Describa si hay controles actuales de prevención
- Describa si hay controles actuales de detección

- Asignar el grado de detección de cada modo de falla, detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente.

Figura 45.

Clasificación de detección

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Nota. El gráfico muestra la descripción de la clasificación de detección para el método AMEF. Obtenido de Lean Solutions (2023). *AMEF análisis de modo y efecto de falla*. (<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>). Consultado el 11 de abril de 2023. De dominio público.

- Calcular el NPR (número prioritario de riesgo) de cada efecto

$$NPR = Severidad * Ocurrencia * Detección$$

Es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado.

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

- Priorizar los modos de falla con el NPR de mayor a menor.
- Tomar acciones (acciones recomendadas) para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla, en este paso debe establecerse un plan de acción para mitigar el riesgo, a estas acciones se les llama acciones recomendadas.
- Después de ejecutar el plan de trabajo (acciones recomendadas) se calcula el nuevo NPR y se verifica si aún hay riesgos con NPR alto.

3.7. Análisis de modo y efecto de falla a componentes críticos de los tractores de ingenio Pantaleon

Tomando como apoyo los resultados de la tabla 18 del análisis de criticidad aplicado a cada componente de los tractores de ingenio Pantaleon se tiene que la batería y el alternador son los componentes críticos con los que cuentan los tractores, por tal razón se procedió a realizar el análisis de modo y efecto de falla a estos componentes, esto con el fin de identificar problemas potenciales y así concentrar recursos en prevenir que estos problemas ocurran.

3.7.1. Análisis de modo y efecto de falla de baterías en tractores de ingenio Pantaleon

- Componente: batería.
- Función: aportar la energía necesaria para la puesta en marcha del motor de arranque y de apoyo al alternador cuando éste no puede suministrar toda la corriente que requieren otros consumidores eléctricos.

Tabla 19.

Modo de falla, descripción de efecto de falla y severidad en las baterías

Modo de falla	Efecto de falla	Severidad
Sulfatación	“La sulfatación se manifiesta como un delgado recubrimiento blanco o gris en la placa positiva y un brillo no metálico en la placa negativa), agrega resistencia, reduciendo la cantidad de corriente eléctrica que puede llegar al motor.” (Yuasa, s.f.)	Muy Alto
Deterioro por ciclos profundos	A medida que la batería realiza ciclos, es decir cuando se carga y se descarga, los materiales activos del interior de las placas de la batería están en movimiento para liberar la electricidad almacenada en la batería. Cada vez que la batería se carga y se descarga se pierde una pequeña cantidad de material activo de las placas de forma permanente. Si la recarga no recupera el ciclo de descarga completo, la batería mostrará una pérdida de rendimiento y es posible que el ácido se concentre entre las placas lo que podría provocar corrosión y pérdida de rendimiento. (Yuasa, s.f.)	Muy Alto

Continuación tabla 19.

Modo de falla	Efecto de falla	Severidad
Sobrecarga	“La batería se sobrecalentará y empezará a evaporar el electrolito. La sobrecarga acelerará la descomposición del material activo y de las rejillas, con lo que el rendimiento de la batería se reducirá.” (Yuasa, s.f.)	Alto
Carga insuficiente	“Si la batería no recibe suficiente carga para devolverla a un estado de carga completa; este hecho provocará lentamente una sulfatación. Además, si el alternador no está funcionando correctamente, entonces ya no podrá recargar la batería.” (Yuasa, s.f.)	Muy Alto
Conexión defectuosa	Al no estar en buen contacto las terminales o el cable, sufrirá calentamiento y se debe a que hay un aumento en la corriente por qué al tener movimiento las terminales, se tocan, se sueltan y empieza a haber chispas o arcos eléctricos ocasionando que se quemen las terminales, además que el aislante del cable empieza a sufrir desgaste, entre otros problemas.	Moderado

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción del efecto de falla y su severidad en las baterías de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 20.

Modo de falla, descripción de la posible causa de falla y ocurrencia en las baterías

Modo de falla	Posible causa de falla	Ocurrencia
Sulfatación	Se produce, generalmente, cuando una batería ha estado mucho tiempo en desuso, puesta o retirada del vehículo	1 en 8
Deterioro por ciclos profundos	Si una batería se somete a descargas profundas	

Continuación de tabla 20.

Modo de falla	Posible causa de falla	Ocurrencia
Deterioro por ciclos profundos	(más del 35 %) y a cargas rápidas, el proceso de deterioro se acelera.	1 en 80
Sobrecarga	Si el regulador del alternador no se configura de forma adecuada o el circuito de control de la tensión del alternador sufre una avería, la batería podría sufrir una carga excesiva.	1 en 80
Carga insuficiente	Habrà carga insuficiente si la tensión del alternador es baja (13,6 – 13,8 voltios), si la correa del alternador está suelta o si los cables de la batería están desgastados, por lo que habrá una alta resistencia.	1 en 8
Conexión defectuosa	Un mal ajuste de los cables en torno a los bornes de esta pieza suele provocar falsos contactos	1 en 20

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción la posible causa de falla y su ocurrencia en las baterías de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 21.

Modo de falla, descripción de control y detección en las baterías

Modo de falla	Control	Detección
Sulfatación	Inspección visual, no frecuentes	Moderado
Deterioro por ciclos profundos	Desmontar baterías para comprobar el amperaje con el medidor, mediciones no frecuentes	Moderado
Sobrecarga	Se realiza medición del regulador de voltaje antes de instalarlo	Alto
Carga insuficiente	En los tractores hay un sensor que indica en el tablero la carga de batería, además se corrobora con mediciones con multímetro	Casi Seguro
Conexión defectuosa	Existe un indicador en tablero de tractores	Casi Seguro

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción control y su detección en las baterías de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 22.

Modo de falla, NPR y nivel de riesgo en las baterías

Modo de falla	Número de prioridad de riesgo (NPR)	Nivel de riesgo
Sulfatación	320.00	Riesgo de falla medio
Deterioro por ciclos profundos	240.00	Riesgo de falla medio
Sobrecarga	126.00	Riesgo de falla medio
Carga insuficiente	64.00	Riesgo de falla bajo
Conexión defectuosa	42.00	Riesgo de falla bajo

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, NPR y su nivel de riesgo en las baterías de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 23.*NPR después de aplicar las acciones recomendadas en las baterías*

Modo de falla	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Sulfatación	La limpieza periódica de los terminales durante los mantenimientos preventivos programados evitará que se forme oxidación y ayudará a que la batería tenga una mayor vida útil. Es importante que un especialista realice este cuidado, ya que el polvo de la corrosión es tóxico y no debe inhalarse, ingerirse ni entrar en contacto con la piel.	Muy Alto	1 en 20	Alto	168.00
Deterioro por ciclos profundos	Verificar que la capacidad de la batería sea la adecuada para que no se someta a descargas profundas, realizar mediciones de amperaje y voltaje según el plan de mantenimiento preventivo	Muy Alto	1 en 80	Muy Alto	96.00
Sobrecarga	Se recomienda que un mecánico compruebe la tensión de carga del alternador y verificar que el regulador de voltaje funcione correctamente según el plan de mantenimiento preventivo	Alto	1 en 80	Casi Seguro	42.00

Continuación tabla 23.

Modo de falla	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Carga insuficiente	Revisar que el alternador cumpla con la tensión necesaria para cargar la batería, según el plan de mantenimiento preventivo	Muy Alto	1 en 8	Casi Seguro	64.00
Conexión defectuosa	Realizar apriete de conexiones en los bornes de la batería durante los mantenimientos preventivos programados, evitará que existan falsos contactos	Moderado	1 en 20	Casi Seguro	42.00

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción de acciones recomendadas, evaluación de severidad, ocurrencia, detección y NPR después de aplicar las acciones recomendadas en las baterías de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.7.2. Análisis de modo y efecto de falla para los alternadores de los tractores de ingenio Pantaleon

- Componente: alternador
- Función: es el elemento del circuito eléctrico del tractor que tiene como misión transformar la energía mecánica en energía eléctrica, proporcionando así suministro eléctrico durante la marcha del tractor.

Tabla 24.

Modo de falla, descripción de efecto de falla y severidad en los alternadores

Modo de falla	Efecto de falla	Severidad
Cableado Dañado	El alternador tiene dos juegos de bobinas. Un conjunto de cables se enrolla alrededor del rotor, que gira dentro del alternador. Estos devanados producen un campo magnético que induce la corriente en los otros devanados alrededor del rotor dentro de la carcasa (bobina de campo o estator). La rotura o el daño de uno de los cables individuales del rotor o del estator puede reducir la corriente de salida del alternador o hacer que se detenga por completo. El alternador también tiene conexiones externas que suministran tensión al rotor y conducen la corriente desde las bobinas de campo al sistema eléctrico. Si una de las conexiones está defectuosa (suelta, corroída o dañada), puede interrumpir la alimentación del generador. (Prueba de ruta, s.f.)	peligroso; sin alarma
Rodamientos en Mal Estado	Los rodamientos del eje que hace girar el rotor del alternador pueden desgastarse con el tiempo. Los cojinetes desgastados pueden producir un ruido (zumbido o chirrido) y acabar agarrándose. Si el alternador se atasca, la correa suele salir hacia fuera. (Prueba de ruta, s.f.)	Alto
Correa/faja rota	Los alternadores utilizan la potencia mecánica de una correa y una polea para generar la energía eléctrica del vehículo. El problema es que la correa y las poleas no son demasiado duraderas, lo que significa que pueden romperse fácilmente. Las poleas generalmente duran mucho tiempo antes de que eventualmente se dañen por la vejez. Las correas son más ligeras y se romperán después de estirarse lo suficiente.	Alto

Continuación de tabla 24.

Modo de falla	Efecto de falla	Severidad
Correa/faja rota	Si cualquiera de estas cosas sucediera, no se generaría energía mecánica para que el alternador la convirtiera en energía eléctrica. (Prueba de ruta, s.f.)	Alto
Diodos Rectificadores en Mal Estado	El rectificador consta de tres pares de diodos (6 en total) que convierten la corriente alterna (CA) del alternador en corriente continua (CC). Un diodo dañado puede fallar en la conducción de la corriente, causando una pérdida de energía de CA, o un diodo dañado puede conducir la energía de CA al sistema eléctrico del vehículo, creando ondas de tensión que pueden interrumpir el funcionamiento normal de algunos módulos de a bordo. Un diodo con fugas también puede filtrar una pequeña cantidad de corriente a la batería cuando el motor está apagado, haciendo que la batería se descargue cuando el coche no está en uso. (Prueba de ruta, s.f.)	peligroso; sin alarma
Fusible defectuoso	Algunos vehículos usan fusibles para mantener el alternador en funcionamiento. Estos fusibles se funden después de un tiempo o cuando hay una subida de tensión. En estos casos, el alternador fallaría y la batería no se cargaría. (Prueba de ruta, s.f.)	Muy Alto

Continuación de tabla 24.

Modo de falla	Efecto de falla	Severidad
Escobillas Dañadas	Las escobillas del alternador están en contacto deslizante con los anillos de contacto del eje del rotor. Esto permite que la corriente fluya hacia el rotor, para que el generador pueda generar energía. Si las escobillas y/o los anillos de contacto están desgastados, corroídos o quemados, se impide el paso de la corriente, lo que reduce la potencia del generador. (Prueba de ruta, s.f.)	De menor importancia

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción del efecto de falla y su severidad en los alternadores de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 25.

Modo de falla, posible causa de falla y ocurrencia en los alternadores

Modo de falla	Posible causa de falla	Ocurrencia
Cableado Dañado	Conexiones defectuosas (suelta, corroída, dañada o sobrecalentado)	1 en 80
Rodamientos en Mal Estado	Los daños en los rodamientos también pueden ser causados por la suciedad o el agua. Conducir el tractor en agua lo suficientemente profunda como para inundar el alternador puede dañar los cojinetes del eje del alternador y posiblemente las escobillas y la electrónica interna. El agua también puede causar corrosión, lo que acaba dañando el cableado y los cojinetes del alternador.	1 en 20
Correa/faja rota	Faja rota o estirada	1 en 20

Continuación de tabla 25.

Modo de falla	Posible causa de falla	Ocurrencia
Diodos Rectificadores en Mal Estado	Las altas temperaturas y cargas de corriente pueden dañar los diodos con el tiempo y hacer que fallen. Los diodos pueden sobrecalentarse si el alternador se utiliza intensamente en condiciones de calor. El flujo de aire a través del alternador puede no ser suficiente para evitar el sobrecalentamiento de los diodos. Esto suele ocurrir cuando la temperatura del aire exterior es alta y el motor está al ralentí durante mucho tiempo con el aire acondicionado, los faros y la radio encendidos.	1 en 20
Fusible defectuoso	Fusible fundido	1 en 20
Escobillas Dañadas	Escobillas y/o los anillos de contacto están desgastados, corroídos o quemados	1 en 20

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción la posible causa de falla y su ocurrencia en los alternadores de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 26.

Modo de falla, descripción de control y detección en los alternadores

Modo de falla	Control	Detección
Cableado Dañado	No existe	Casi Imposible
Rodamientos en Mal Estado	inspección sonora hasta presentar fallas	Casi Imposible
Correa/faja rota	inspección visual hasta presentar fallas	Casi Imposible

Continuación de tabla 26.

Modo de falla	Control	Detección
Diodos Rectificadores en Mal Estado	Se miden las polaridades de la placa de diodos, hasta presentar alguna falla	Moderado
Fusible defectuoso	Medición cuando indique el sistema de control del tractor	Moderado
Escobillas Dañadas	Hasta desmontar el alternador se comprueba el desgaste de las escobillas	Casi Imposible

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción control y su detección en los alternadores de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 27.

Modo de falla, NPR y nivel de riesgo en los alternadores

Modo de falla	Número de prioridad de riesgo (NPR)	Nivel de riesgo
Cableado Dañado	600.00	Alto riesgo de falla
Rodamientos en Mal Estado	490.00	Riesgo de falla medio
Correa/faja rota	490.00	Riesgo de falla medio
Diodos Rectificadores en Mal Estado	350.00	Riesgo de falla medio
Fusible defectuoso	280.00	Riesgo de falla medio
Escobillas Dañadas	210.00	Riesgo de falla medio

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, NPR y su nivel de riesgo en los alternadores de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla 28.

NPR después de aplicar las acciones recomendadas en los alternadores

Modo de falla	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Cableado Dañado	En cada mantenimiento programado comprobar la caída de tensión entre los terminales. Colocar un sistema de detección que indique sobrecalentamiento en los cables, ya que este es uno de los fallos más recurrentes.	peligroso; sin alarma	1 en 80	Alto	180.00

Continuación de tabla 28.

Modo de falla	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Rodamientos en Mal Estado	En cada mantenimiento programado revisar los cojinetes no se encuentren friccionados, corroídos y que estén lubricados, los cojinetes desgastados desmontando el alternador y colocando cojinetes nuevos.	Alto	1 en 20	Moderadamente Alto	196.00
Correa/faja rota	En cada mantenimiento programado revisar la faja para comprobar que no se encuentren desgastadas, de ser el caso reemplazarlas	Alto	1 en 20	Moderadamente Alto	196.00
Diodos Rectificadores en Mal Estado	En cada mantenimiento programado comprobar que los diodos o puente rectificador no se encuentren en corto (que no marque continuidad entre sus extremos)	peligroso; sin alarma	1 en 20	Alto	210.00

Continuación de tabla 28.

Modo de falla	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Fusible defectuoso	En caso de encontrar el fusible fundido que mantiene en funcionamiento al alternador reemplazarlo	Muy Alto	1 en 20	Alto	168.00
Escobillas Dañadas	En cada mantenimiento programado revisar las escobillas para comprobar que no se encuentren desgastadas, de ser el caso reemplazarlas	De menor importancia	1 en 20	Alto	63.00

Nota. Tabla que muestra el modo de falla, descripción de acciones recomendadas, evaluación de severidad, ocurrencia, detección y NPR después de aplicar las acciones recomendadas en los alternadores de los tractores en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

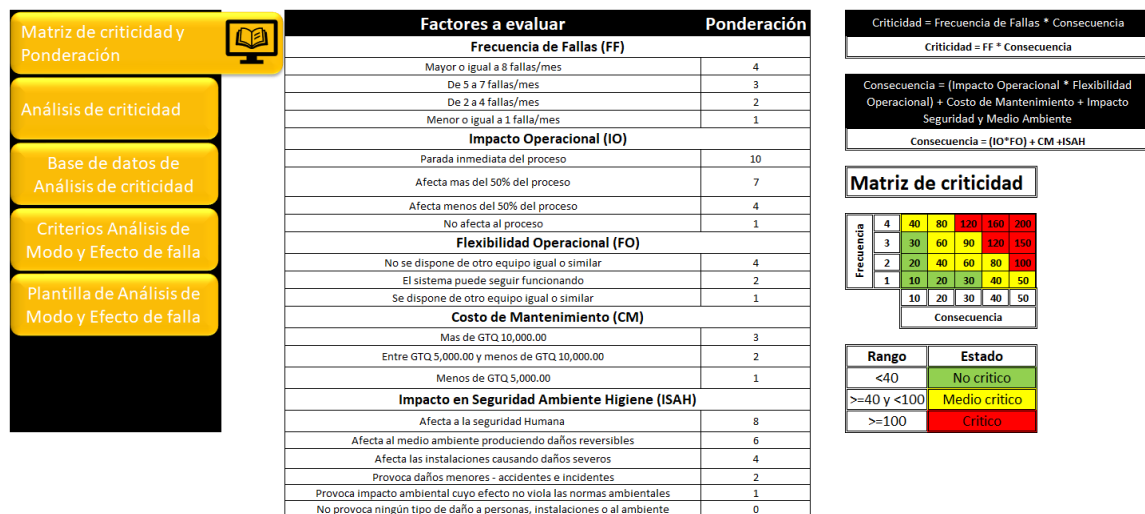
3.8. Formato para análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla

Debido a que el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon tiene a cargo el mantenimiento de otros vehículos aparte de los tractores, entre los cuales se encuentran: camiones contraincendios, pick ups y cabezales de camión; y al no contar con una análisis de criticidad que ayude a facilitar la jerarquización y priorizar los sistemas de vehículos con los cuales se cuentan y así direccionar de mejor manera los mantenimientos de estos, a solicitud del coordinador del taller de maquinaria de ingenio Pantaleon se realizó un documento en Microsoft Excel

para que se pueda aplicar el mismo análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla que se realizó a los tractores agrícolas hacia los otros vehículos que tiene a cargo el taller de maquinaria de ingenio Pantaleón.

Figura 46.

Factores de criticidad con su ponderación y con su estado de criticidad



Nota. El gráfico muestra la descripción de los factores de criticidad a evaluar con su ponderación y el rango de valores con su estado de criticidad. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Figura 47.

Hoja de Microsoft Excel en donde ingresa los datos del equipo a evaluar

Matriz de criticidad y Ponderación

Análisis de criticidad

Base de datos de Análisis de criticidad

Criterios Análisis de Modo y Efecto de falla

Plantilla de Análisis de Modo y Efecto de falla

Análisis de Criticidad	
Equipo	
Sistema	
Componente	
Frecuencia de Fallas (FF)	
Impacto Operacional (IO)	
Flexibilidad Operacional (FO)	
Costo de Mantenimiento (CM)	
Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)	

Ponderación de Criticidad

Estado

Critico

Limpiar

Guardar

Nota. El gráfico muestra la hoja de Microsoft Excel en donde se ingresan los datos del equipo a evaluar, así como de los factores de criticidad y se obtendrá como resultado la ponderación de criticidad, así como su estado de criticidad. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Figura 48.

Hoja de Microsoft Excel en donde se guardan los datos del equipo evaluado

Matriz de criticidad y Ponderación	Equipo	Sistema	Componente	Frecuencia de Fallas (FF)	Impacto Operacional (IO)	Flexibilidad Operacional (FO)	Costo de Mantenimiento (CM)	Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)	Ponderación de Criticidad	Estado
Análisis de criticidad										
Base de datos de Análisis de criticidad										
Criterios Análisis de Modo y Efecto de falla										
Plantilla de Análisis de Modo y Efecto de falla										

Nota. El gráfico muestra la hoja de Microsoft Excel en donde se guardarán los datos del equipo evaluado, así como de los factores de criticidad y la ponderación de criticidad, así como su estado de criticidad en formato tipo tabla. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Figura 49.

Descripción de los criterios del análisis de modo y efecto de falla

Matriz de criticidad y Ponderación	Severidad	Criterios: Severidad del efecto para AMEF	Probabilidad de falla	Ocurrencia de falla	Detección	Criterios: Probabilidad de la detección por control	Valoración
Análisis de criticidad	peligroso; sin alarma	Puede poner en peligro al operador. La falla afecta la operación. La falla ocurrirá sin alarma.	Falla casi inevitable. Es seguro que la falla se producirá frecuentemente	1 en 2	Casi Imposible	Ninguno de los controles disponibles detecta el modo o causa de falla	10
	peligroso; con alarma	Puede poner en peligro al operador. La falla afecta la operación. La falla ocurrirá con alarma.		1 en 3	Muy Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alejada de detectar modo o causa de falla	9
	Muy Alto	Interrupción importante a la cadena de producción. El equipo es inoperable con pérdida de función primaria.	Alto: La falla se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	1 en 8	Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad alejada de detectar modo o causa de falla	8
	Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El equipo es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.		1 en 20	Muy Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad muy baja de detectar modo o causa de falla	7
	Moderado	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El equipo es operable, pero un cierto ítem(s) de la comodidad es inoperable	Moderado: Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema	1 en 80	Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad baja de detectar Modo o causa de falla	6
	Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El equipo es operable, pero algunos ítems de la comodidad funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.		1 en 400	Moderado	Los controles actuales tienen una probabilidad moderada de detectar modo o causa de falla	5
	Muy Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. La mayoría de los operadores notan el defecto	1 de 2000	Moderadamente Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad moderadamente alta de detectar modo o causa de falla	4	
	De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Los operadores medios notan el defecto.	Bajo: Las fallas aisladas en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del componente/sistema, aunque es poco probable que suceda	1 en 15.000	Alto	Los controles actuales tienen una alta probabilidad de detectar modo o causa de falla	3
	Muy De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Los operadores exigentes notan el defecto.	Muy Bajo: Ninguna falla se asocia a procesos casi idénticos; ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1 en 150.000	Muy Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alta de detectar modo o causa de falla	2
	Ninguno	El modo de falla no tiene ningún efecto.	La falla es inverosímil	1 en 1.500.000	Casi Seguro	Controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares.	1

Nota. El gráfico muestra la hoja de Microsoft Excel en donde está la descripción del análisis de modo y efecto de falla (severidad, ocurrencia y detección) en formato tipo tabla. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Figura 50.

Hoja de Microsoft Excel donde se ingresan los datos para AMEF

Análisis de modos y efectos de fallas											
Nombre del Componente/Sistema			Función	Evaluación de mejora							
Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Posible causa de falla	Ocurrencia	Control	Detección	Número de prioridad de riesgo (NPR)	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Número de prioridad de riesgo (NPR)

Nota. El gráfico muestra la hoja de Microsoft Excel en donde se ingresarán los datos del componente o sistema de un equipo a evaluar para el análisis de modo y efecto de falla, en donde se obtendrá de manera automática el cálculo del NPR. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

3.9. Inventario de tractores del ingenio Pantaleon

El taller de maquinaria de ingenio Pantaleon tiene a cargo el mantenimiento 150 tractores de marca John Deere los cuales son utilizados para el proceso de producción agrícola tales como: en preparación de suelos, fertilización, riego y cosecha de caña de azúcar; estos se clasifican de esta manera:

Tabla 29.

Clasificación de los tractores utilizados en ingenio Pantaleon

TIPO DE TRACTOR	CANTIDAD
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 6105J	11
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 6140M	12
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 6155J	22
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 6170M	6
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 6425	41
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 7210R	28
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 7230R	5
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 7425	6
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 7830	2
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 8245R	8
TRACTOR AGRICOLA JOHN DEERE 8345R	9

Nota. Tabla que muestra la clasificación de los tractores utilizados en producción agrícola en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.9.1. Especificaciones técnicas de tractores agrícolas de ingenio Pantaleon según su serie

A continuación, se presentan las tablas con las especificaciones técnicas de los tractores usados en ingenio Pantaleon para producción agrícola, clasificados en la tabla 29.

Tabla 30.

Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6105J

MOTOR		6105J OOS/CAB
Potencia del motor a régimen nominal	78 kW (105 hp)	
Marca	John Deere	
Modelo	PowerTech™ 4045T	
Torque máximo	431 Nm @ 1400 rpm	
Velocidad nominal	2300 rpm	
Reserva de torque	33%	
Número de cilindros	4	
Cilindrada	4.5 L	
Aspiración	Turboalimentado	
Filtro de aire	Sistema PowerCore de prefiltrado permanente y elemento de seguridad	
Bomba de inyección	Rotativa	
Capacidad del tanque de combustible	185 L	
TRANSMISIÓN		
Tipo - Velocidades (estándar)	SyncroPlus™ para OOS y PowrQuad™ para CAB	
Velocidades	SyncroPlus™: 12 de avance y 4 de retroceso PowrQuad™: 16 de avance, 16 de retroceso, con inversor	
Creeper	Opcional	
EMBRAGUE		
Tipo	Multidisco en baño de aceite - PermaClutch™ 2	
Accionamiento	Hidráulico autoajutable	
TOMA DE FUERZA		
Potencia de la TDF a régimen nominal	69.7 hp	
Tipo	Independiente con accionamiento electrohidráulico	
Régimen nominal de la TDF	540 rpm o 540/1000 rpm	
EJE TRASERO		
Tipo	Brida	
Traba del diferencial	Electrohidráulica	
DIRECCIÓN		
Tipo	Hidrostática	
Columna de la dirección	Abatible	

Continuación de tabla 30.

SISTEMA HIDRÁULICO		6105J OOS/CAB
Tipo	Híbrido (centro abierto) con presión compensada	
Bomba	Hidráulica de engranes de presión compensada	
Flujo máximo de la bomba hidráulica	80 L/min	
Presión máxima de trabajo	195 +/- 10 bar	
Capacidad levante hidráulico a 610 mm	3117 kg	
Categoría y tipo de enganche	Cat 2	
Número de Válvulas de Control de Regulación (VCR)	1 (2 ^{da} y 3 ^{ra} opcional)	
SISTEMA ELÉCTRICO		
Alternador	90 A	
DIMENSIONES		
Distancia entre ejes	TS: 2446 mm DT: 2400 mm	
Despeje mínimo al suelo	606/570 mm (TS/DT)	
Peso aproximado de embarque	3400/3700 kg (TS/DT)	
AGRICULTURA DE PRECISIÓN - AMS		
Preparación para piloto automático universal (GreenStar™ Ready)	Básico en tractores con cabina	
Sistema de guiado	Monitor 4240 o 4640 Volante AutoTrac Universal 300 (funcionalidad incluida sin cargo) Receptor StarFire 6000 con Señal SF1 o SF3 o RTK	
JDLink™	Parte del equipo básico para CAB. (Hardware y suscripción)	
RODADOS		
Opción 1	13.6-24 18.4-34	
Opción 2	14.9-24 18.4-38	
Opción 3	13.6-38 R2 13.6-46 R2 Alto despeje	

John Deere ofrece distintas opciones de rodados para atender diversas condiciones de uso así como para evitar la compactación del suelo y obtener ahorro de combustible. Contacte a su distribuidor John Deere local para obtener la mejor opción de rodado para su tractor.

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6105J. Obtenido de John Deere (2022). 6105J tractor de 105 HP. (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-medianos/6105j-105hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 31.

Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6140M

 Producción Fabricante: John Deere Fábrica: Mannheim, Baden-Württemberg, Germany Distribuidor: -	 Motor Relación diámetro/carrera: 4.19x5.00 inches Compresión: - Refrigeración: - Cilindros: - Cilindrada: 276 ci Combustible: - RPMs nominales: 2100 Potencia: - Par motor: 466 lb-ft Par motor RPM: 1600 Emisiones: Interim Tier 4 Control de emisiones: exhaust gas recirculation (EGR) Potencia máxima: - Sistema de combustible: high pressure common rail Presurizamiento: - Compresor: - Arranque: eléctrico Voltios de arranque: 12
 Enganche de 3 puntos Rear Type: II/III Elevador trasero: 6627 lbs Control: electrohydraulic load sensing Elevación trasera (en los extremos): - Elevación trasera (a 24"/610mm): 6,475 lbs Enganche delantero: - Elevación frontal (en los extremos): - Barra de tracción: Category 2 ewing drawbar with hammerdrag	 Mecánica Bastidor: 4x2 2WD Dirección: hydrostatic power Frenos: hydraulic wet disc Cabina: Two-post foldable ROPS, Cab optional with air-conditioning, GreenStar (optional) Bloqueo del diferencial: Electro-hydraulic rear Transmisión: - Caudal de la bomba: 21.1 gpm Transmisión final: -
 Batería Número: - Amperios de arranque en frío: - Voltios: 12 Amperios-hora: -	 Toma de fuerza - TDF TDF Trasera: independent RPM trasera: 540/1000 (1,375) TDF Marcha extra: - TDF Marcha hidráulica: - TDF Media: - RPM Media: - Conexión: hydraulic wet disc RPM del motor: - TDF Delantero: - RPM Delantero: -
 Capacidad Combustible: 91 gal Sistema hidráulico: 13.7 gal	 Hidráulico Tipo: open center pressure compensated Presión: 2900 psi Válvulas: - Caudal total: - Presión de dirección: - Capacidad: 13.7 gal Caudal de la bomba: 21.1 gpm Flujo SVC: 21.1 gpm
 Dimensiones y neumáticos Ag delantero: - Ag trasero: - Peso (transporte): - Distancia entre ejes: 108.9 inches Despeje delantero: 20.47 inches Radio de giro 4WD: - Peso (extraído): - Longitud: - Altura (cubierta): - Distancia al suelo: - Banda trasera: - Banda delantera: - Radio de giro 2WD: - Anchura: - Neumático estándar (ag): Front: 12.4R24, Rear: 16.9R30 (4WD) Peso (con cabina): 110.1 inches Peso máximo: - Eje delantero: Triple-Link Suspension (TLS) Plus optional Eje trasero: Flange Optional rack-and-pinion axle: 3.1 by 100.6 inches	 Transmisión Marchas/Velocidades: 16 forward and reverse Tipo: PowerQuad Capacidad de aceite: 55 qts Nombre: PowerQuad Plus Embague: -  Potencia Motor: - TDF (reclamada): 114 hp Motor (bruto): 140 hp Barra de tracción (probada): - Motor (red): - TDF de avance (reclamada): - TDF hidráulica (reclamada): -
 Electricidad Tierra: negative Sistema de carga: alternator Amperios de carga: 90 Voltios de la batería: -	

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6140M. Obtenido de Tractorid (2022). *John Deere 6140M ficha técnica.* (<https://tractorid.com/es/tractores-agricolas/john-deere-es/john-deere-6140m>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 32.*Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6155J*

MOTOR		6155J OOS/CAB
Potencia del motor a régimen nominal		115.5 kW (155 hp)
Marca		John Deere
Modelo		PowerTech™ 6068T
Torque máximo		610 Nm @ 1400 rpm
Velocidad nominal		2100 rpm
Reserva de torque		30%
Número de cilindros		6
Cilindrada		6.8 L
Aspiración		Turboalimentado
Filtro de aire	Sistema PowerCore de prelimpiado permanente y elemento de seguridad	
Bomba de inyección		Rotativa
Capacidad del tanque de combustible		250 L
TRANSMISIÓN		
Tipo - Velocidades (estándar)		PowrQuad™
Velocidades		16 de avance y 16 de retroceso con inversor
Creeper		Opcional
EMBRAGUE		
Tipo	Multidisco en baño de aceite - PermaClutch™ 2	
Accionamiento	Hidráulico autoajutable	
TOMA DE FUERZA		
Potencia de la TDF a régimen nominal		135 hp
Tipo	Independiente con accionamiento electrohidráulico	
Régimen nominal de la TDF		540/1000 rpm
EJE TRASERO		
Tipo	Piñón y cremallera de 2808 mm (110.5 plg)	
Traba del diferencial	Electrohidráulica	
DIRECCIÓN		
Tipo	Hidroestática	
Columna de la dirección	Abatible	

Continuación de tabla 32.

SISTEMA HIDRÁULICO		6155J OOS/CAB
Tipo		Centro cerrado, presión y flujo compensado
Bomba		De pistones axiales con desplazamiento variable
Flujo máximo de la bomba hidráulica		110 L/min
Presión máxima de trabajo		195 +/- 10 bar
Capacidad levante hidráulico a 610 mm		3805 kg
Categoría y tipo de enganche		Cat 2 y 3N
Número de Válvulas de Control de Regulación (VCR)		2 (3ª opcional)
SISTEMA ELÉCTRICO		
Alternador		90 A
DIMENSIONES		
Distancia entre ejes		DT: 2650 mm
Despeje mínimo al suelo		606 mm
Peso aproximado de embarque		5880/5940 kg (OOS/CAB)
AGRICULTURA DE PRECISIÓN - AMS		
Preparación para piloto automático universal (GreenStar™ Ready)		Básico en tractores con cabina
Sistema de guiado	Monitor 4240 o 4640 Volante AutoTrac Universal 300 (funcionalidad incluida sin cargo) Receptor StarFire 6000 con Señal SF1 o SF3 o RTK	
JDLink™	Parte del equipo básico para CAB. (Hardware y suscripción)	
RODADOS		
Opción 1		320/85R34 320/90R50
Opción 2		14.9-28 18.4-38 R1 o R2 Rodado trasero sencillo o dual
Opción 3		380/85R30 480/80R42 Rodado trasero sencillo o dual
John Deere ofrece distintas opciones de rodados para atender diversas condiciones de uso así como para evitar la compactación del suelo y obtener ahorro de combustible. Contacte a su distribuidor John Deere local para obtener la mejor opción de rodado para su tractor.		

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6155J. Obtenido de John Deere (2022). 6155J tractor de 155 HP. (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-medianos/6155j-155hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 33.*Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6170M*

MOTOR	6170M
Modelo	John Deere PowerTech™
Potencia nominal ⁽¹⁾	170 cv
Rotación nominal	2100
Cilindros/Cilindrada	6/6,8 L
Aspiración	Turbo Intercooler
Inyección combustible	Electrónica Common Rail
Potencia nominal en la TDP	145 cv
Torque máximo	728 Nm
Reserva de torque	28%
Tanque de combustible	300 L
Field Cruise™	De serie
(1) Conformidad SAE J1195	
TRANSMISIÓN	
Tipo	AutoQuad™/CommandQuad™
Número de velocidades	15x15/20x20
Embrague	Multidisco en baño de aceite PermaClutch™
EJE	
Reducción final	Tipo planetario
Bloqueo del diferencial	Trasero hidráulico/Delantero autobloqueante
Tipo de punta del eje	Piñón y cremallera
Tracción delantera auxiliar	Accionamiento electrohidráulico
Eje TLS	Disponible
Eje de trocha 3 metros	Disponible
FRENOS	
Servicio	Disco autoajutable y autonivelante en baño de aceite
Estacionamiento	Bloqueo de la transmisión
TOMA DE POTENCIA	
Tipo	Independiente con accionamiento electrohidráulico
Rotación nominal	540 rpm/1000 rpm
ESTACIÓN DEL OPERADOR	
Cabina con aire acondicionado	De serie
Asiento del instructor	Opcional
Suspensión de cabina	De serie
DIMENSIONES⁽²⁾	
Largo máximo (con pesos)	5240 mm
Distancia entre ejes	2688 mm
Lastre máximo	9550 kg

Continuación de tabla 33.

SISTEMA HIDRÁULICO	6170M
Bomba	De pistón
Caudal máximo	110/155 L/min
Presión máxima de trabajo	200 bar
Válvula de control selectivo	2 - 4
Capacidad de levante @610 mm ³	4800 kg
(3) Conformidad NBR 13145	
TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN	
Monitor	Gen4 4240/4640
JDLink™	De serie
Piloto automático	Opcional

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6170M. Obtenido de John Deere (2022). *6170M tractor de 170 HP.* (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-medianos/6170m-170hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 34.

Especificaciones técnicas del tractor agrícola 6425

 Producción Fabricante: John Deere Fábrica: Mannheim, Baden-Württemberg, Germany Distribuidor: -	 Motor Relación diámetro/carrera: 4.19x5.00 inches Compresión: - Refrigeración: - Cilindros: - Cilindrada: 276.4 ci Combustible: - RPMs nominales: 2300 Potencia: - Par motor: 352 lb-ft Par motor RPM: 1600 Emisiones: - Control de emisiones: - Potencia máxima: - Sistema de combustible: - Precalentamiento: - Compresión: - Arranque eléctrico Voltios de arranque: 12
 Enganche de 3 puntos Rear Type: 2/1 Elevador trasero: - Control: load and depth control with mechanical top-link sensing Elevación trasera (en los extremos): - Elevación trasera (a 24"/610mm): - Enganche delantero: - Elevación frontal (en los extremos): - Barra de tracción: -	 Mecánica Basidón: 4x2 2WD Dirección: hydrostatic power Frenos: hydraulic wet disc Cabinas: Two-post foldable ROPS. Bloqueo del diferencial: - Transmisión: - Caudal de la bomba: 14.27 gpm Transmisión final: -
 Anexos Altura (a la clavija): - Ángulo de descarga: - Ángulo de retroceso: - Fuerza de ruptura (elevación): - Elevación a la altura máxima (en la clavija): - Elevación a plena altura (a 800 mm): - Tipo de cargador: - Despeje, cubeta del volquete: - Alcance en el suelo: - Alcance de la descarga: - Fuerza de ruptura (volquete): - Ancho del volquete: - Tiempo de subida a la altura: - Tiempo de descarga del volquete: - Tiempo de descenso: - Tiempo de retroceso: -	 Toma de fuerza - TDF TDF Trasera: independent RPM trasera: 540/1000 TDF Marcha atrás: - TDF Marcha hidráulica: - TDF Medial: - RPM Medial: - Conexión: - RPM del motor: 540@2017; 540E@1684; 1000@2208 TDF Delantera: independent RPM Delantera: 1000
 Battery Número: - Amperios de arranque en frío: - Voltios: 12 Amperios-hora: 110	 Hidráulico Tipo: open center gear pump Presión: 2538 psi Válvulas: - Caudal total: - Presión de dirección: - Capacidad: - Caudal de la bomba: 14.27 gpm Flujo SVC: -
 Capacidad Combustible: 43.6 gal Sistema hidráulico: -	 Transmisión Marchas/Velocidades: 12 forward and 4 reverse Tipo: John Deere SyncroPlus Capacidad de aceite: 58.1 qts Nombre: John Deere SyncroPlus Embrague: -
 Dimensiones y neumáticos Ag delantero: - Ag trasero: - Peso (transporte): 6,353 lbs Distancia entre ejes: 94.5 inches Despeje delantero: - Radio de giro 4WD: - Peso (lastreado): - Longitud: 168.2 inches Altura (cubierta): - Distancia al suelo: - Banda trasera: - Banda delantera: - Radio de giro 2WD: - Anchura: 87.2 inches Neumáticos estándar (ag): Front: 13.6R28, Rear: 16.9R38 Peso (con cabina): 105.9 inches Peso máximo: - Eje delantero: - Eje trasero: -	 Potencia Motor: - TDF (reclamada): 98 hp Motor (bruto): 114 hp Barra de tracción (probada): - Motor (red): 110 hp TDF de avance (reclamada): - TDF hidráulica (reclamada): -
 Electricidad Tierra: negative Sistema de carga: alternator Amperios de carga: 90 Voltios de la batería: 12	

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6425. Obtenido de Tractorid (2022). *John Deere 6425 ficha técnica.* (<https://tractorid.com/es/tractores-agricolas/john-deere-es/john-deere-6425>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 35.

Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7210R

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		7R 210
Potencia del motor a velocidad nominal - hp/kW		210 hp / 148 kW
Potencia de la TDF a velocidad nominal - hp/kW		170 hp / 126 kW
Norma de potencia		97/68 EC
Norma de emisiones		Tier 2
MOTOR		
Marca		John Deere
Descripción		PowerTech™ 6.8L, 6 cilindros, en línea, camisas húmedas, 4 válvulas por cilindro
Número de cilindros / Cilindrada - L		6 / 6.8 L
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		
Capacidad del tanque de combustible		583 L (154 Gal) e23 / 533 L (140 Gal) IVT
TRANSMISIÓN		
Tipo - Velocidades (Standard)		e23 (40 k)
Tipo - Velocidades (Opcional)		IVT, Infinitamente Variable 42 km/h
AGRICULTURA DE PRESICIÓN		
AutoTrac™ Ready		Estándar
Portal Telemático Modular (MTG)		JDLINK™ hardware, activaciones y arneses de ethernet
ServiceAdvisor™ remoto		Opcional con JDLINK™ hardware y activaciones
Command Center™ 10 in (254 mm) w/ 4600 processor		Estándar

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 7210R. Obtenido de John Deere (2022). 7210R tractor de 210 HP. (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-medianos/7210r-210hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 36.*Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7230R*

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		7R 230
Potencia del motor a velocidad nominal - hp/kW		230 hp / 169 kW
Potencia de la TDF a velocidad nominal - hp/kW		189 hp / 141 kW
Norma de potencia	97/68 EC	
Norma de emisiones	Tier 2	
MOTOR		
Marca	John Deere	
Descripción	PowerTech™ 6.8L, 6 cilindros, en línea, camisas húmedas, 4 válvulas por cilindro	
Número de cilindros / Cilindrada - L	6 / 6.8 L	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		
Capacidad del tanque de combustible	583 L (154 Gal) e23 / 533 L (140 Gal) IVT	
TRANSMISIÓN		
Tipo - Velocidades (Standard)	e23 (40 k)	
Tipo - Velocidades (Opcional)	IVT, Infinitamente Variable 42 km/h	
AGRICULTURA DE PRESIÓN		
AutoTrac™ Ready	Estándar	
Portal Telemático Modular (MTG)	JDLink™ hardware, activaciones y arneses de ethernet	
ServiceAdvisor™ remoto	Opcional con JDLink™ hardware y activaciones	
Command Center™ 10 in (254 mm) w/ 4600 processor	Estándar	

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 7230R. Obtenido de John Deere (2022). 7230R tractor de 230 HP. (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-medianos/7230r-230hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 37.

Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7425

 Producción Fabricante: John Deere Fabrica: Seltillo, Mexico Distribuidor: -	 Motor Relación diámetro/carrera: 4.66x5.35 inches Compresión: 16:1 Refrigeración: - Cilindros: - Cilindrada: 549 ci Combustible: - RPMs nominales: 2100 Potencia: 138 hp Par motor: - Par motor RPM: - Emisiones: Tier 4 Control de emisiones: selective catalytic reduction (SCR) Potencia máxima: - Sistema de combustible: electronic high pressure common rail Precalentamiento: - Compresión: - Arranque: eléctrico Voltios de arranque: 12
 Enganche de 3 puntos Rear Type: IIN/I Elevador trasero: 8390 lbs Control: - Elevación trasera (en los extremos): - Elevación trasera (a 24"/610mm): - Enganche delantero: IIN* Elevación frontal (en los extremos): 11464 lbs Barra de tracción Cat. 3 ajustable awing drawbar. Optional heavy-duty support.	 Mecánica Basidor: 4x2 2WD Dirección: power Frenos: - Cabina: Two-post ROPS. Cab optional. Bloqueo del diferencial: - Transmisión: - Caudal de la bomba: - Transmisión final: inboard planetary
 Anexos Altura (a la cleveja): - Ángulo de descarga: - Ángulo de retroceso: - Fuerza de ruptura (elevación): - Elevación a la altura máxima (en la cleveja): - Elevación a plena altura (a 800 mm): - Tipo de cargador: - Despeje, cubeta del volquete: - Alcance en el suelo: - Alcance de la descarga: - Fuerza de ruptura (volquete): - Ancho del volquete: - Tiempo de subida a la altura: - Tiempo de descarga del volquete: - Tiempo de descenso: - Tiempo de retroceso: -	 Batería Número: - Amperios de arranque en frío: - Voltios: 12 Amperios-hora: 154
 Capacidad Combustible: 54.7 gal Sistema hidráulico: -	 Toma de fuerza - TDF TDF Trasera: independent RPM trasera: 540/1000 TDF Marcha atrás: - TDF Marcha hidráulica: - TDF Medias: - RPM Medias: - Conexión: - RPM del motor: - TDF Delantera: independent RPM Delantera: 1000 (1.575)
 Dimensiones y neumáticos Ag delantero: - Ag trasero: - Peso (transporte): - Distancia entre ejes: - Despeje delantero: - Radio de giro 4WD: - Peso (lastreado): - Longitud: 188 inches Altura (cubierta): - Distancia al suelo: - Banda trasera: - Banda delantera: - Radio de giro 2WD: - Anchura: - Neumáticos estándar (eq): Front: 380/60R36, Rear: 480/60R50 Peso (con cabina): - Peso máximo: - Eje delantero: 1500 HPWD Triple-Link Suspension Plus Eje trasero: 4.33 by 100.4 inches 109 by 2550 mm 4.33 by 118.5 inches 109 by 3009 mm 4.72 by 100.4 inches 119 by 2550 mm 4.72 by 118.5 inches	 Hidráulico Tipo: closed center pressure flow compensated Presión: - Válvulas: - Caudal total: - Presión de dirección: - Capacidad: - Caudal de la bomba: - Flujo SVC: -  Transmisión Marchas/Velocidades: 16 forward and reverse Tipo: PowerQuad Capacidad de aceite: - Nombre: John Deere e23 Embrague: -  Potencia Motor: 138 hp TDF (reclamada): 123 hp Motor (bruto): - Barra de tracción (probada): - Motor (red): - TDF de avance (reclamada): - TDF hidráulica (reclamada): -
 Electricidad Tierra: negative Sistema de carga: alternator Amperios de carga: 90 Voltios de la batería: 12	

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 7425. Obtenido de Tractorid (2022). *John Deere 7425 ficha técnica*. (<https://tractorid.com/es/tractores-agricolas/john-deere-es/john-deere-7425>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 38.*Especificaciones técnicas del tractor agrícola 7830*

Potencia		7830
Potencia nominal al volante		153 kW (205 hp)
Potencia a la TDP a régimen nominal		123 kW (165 hp)
Motor		
Marca		John Deere
Modelo		PowerTech™ Plus 6068H
Régimen nominal		2100 rpm
Cantidad		6
Cilindrada		6.8 L
Diámetro y carrera		106.5 x 127 mm
Aspiración		Turboalimentado y posenfriado aire-aire
Inyección de combustible		Common Rail de alta presión
Sistema de refrigeración		Por líquido a presión
Transmisión		
Tipo		AutoQuad Plus™
Marchas		20 de avance y 20 de retroceso
Número de rangos		4
Embrague		Multidisco, en baño de aceite
Traba de diferencial trasero		Sí
Accionamiento		Electrohidráulico
Tracción delantera		
Tipo		Mecánica
Acoplamiento bajo carga		Sí
Accionamiento		Electrohidráulico
Traba de diferencial		De deslizamiento limitado
Toma de potencia		
Tipo		Independiente
Accionamiento		Electrohidráulico
Régimen nominal		540/1000 rpm
Régimen del motor a régimen nominal de la TDP		1950 rpm
Sistema hidráulico		
Bomba		De pistones axiales
Tipo		De centro cerrado con presión y compensados
Caudal máximo		121 L/min
Presión máxima		214 kg/cm²
Cantidad de válvulas de control remoto		3 (4 opcional)
Caudal máximo en la válvula		114 L/min

Continuación de tabla 38.

Dirección		7830
Tipo Load Sensing (con sensor de carga)		Hidrostática
Frenos		
Tipo		Discos en baño de aceite
Accionamiento		Hidráulico
Sistema eléctrico		
Tensión		12 V
Alternador		200 A
Baterías		2 en paralelo
Rodados		
Opción 1		
- Delanteros		420/90 R30 (R1)
- Traseros Duales		520/85 R42 (R1)
Opción 2		
- Delanteros		600/70 R30 (R1)
- Traseros Simples		710/70 R42 (R1)
Puesto de comando		
Cabina con aire acondicionado y calefacción		Sí
Asiento regulable horizontal y vertical		Sí
Estructura antivuelco		Sí
Inclinación regulable del volante		Sí
Monitor de desempeño CommandCenter™		Sí
Radio con CD		Sí
Instalación lista para Piloto Automático AutoTrac™		Sí
Capacidades		
Tanque de combustible		392 L
Cárter con filtro		26 L
Transmisión / sistema hidráulico		108 L
Diferencial delantero y mandos finales		14.4 L
Sistema de refrigeración		29.3 L
Dimensiones		
Distancia entre ejes		2860 mm
Altura máxima		3110 mm
Largo máximo sin contrapesos		5394 mm
Velocidades		
Avance		2.4 a 40 km/h
Retroceso		2.4 a 40 km/h

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 7830. Obtenido de John Deere (2022). 7830 tractor. (<https://www.deere.com.mx/es/tractores/tractores-grandes/tractor-7830/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 39.

Especificaciones técnicas del tractor agrícola 8245R

Potencia		8245R
Potencia de la TDF a velocidad nominal	199 hp (148 kW)	
Potencia del motor a velocidad nominal	245 hp (180 kW)	
Motor		
Fabricante	Motor Diesel John Deere PowerTech™ 9.0 L (B20 Diesel Compatible)	
Aspiración	Turbo cargado (simple con geometría fija), postenfriamiento aire-aire	
Velocidad nominal	2100 rpm	
Tipo	Diesel, en línea, 6 cilindros, camisas húmedas, 4 válvulas por cilindro	
Filtro de aire del motor	De doble etapa con aspiración por ventilador de enfriamiento del motor	
Cilindrada	9.0 L (549 plg cu)	
Diámetro y carrera	4.66 plg (118.4 mm) x 5.35 plg (136 mm)	
Relación de compresión	16:1	
Lubricación	Presión constante, filtración de flujo total con derivación	
Filtro de aceite	Filtro de aceite de tipo cartucho reemplazable	
Sistema de combustible		
Tipo	Riel común de alta presión y bomba de transferencia controlados electrónicamente con función de autocebado	
Sistema del filtro	Dos etapas con separador de agua y luz indicadora de servicio	
Filtro primario	10 micras, cartucho reemplazable con sensor de indicador de agua y desagüe	
Filtro secundario	Elemento spin-on de 2 micras	
Transmisión		
PowerShift 16 x 5 con APS (Auto Power Shift)	Estándar (42 kph @ 2050 rpm con rodados grupo 49; 42 kph @ 2160 rpm con rodados grupo 48; 40.8 kph @ 2210 rpm con rodados grupo 47)	
John Deere AutoPower™ IVT™	Disponible (42 kph @ 1360 ECO rpm con rodados grupo 49; 42 kph @ 1430 ECO rpm con rodado grupo 48; 42 kph @ 1510 ECO rpm con rodado grupo 47)	
0.050 - 42 km/h (0.030 - 26 mph)		
Sistema eléctrico		
Alternador/Batería	200 A/12 V	
Total amperios de arranque en frío	1850 (2-925CCA grupo 31 baterías)	
Eje trasero		
Tipo	Ejes con piñón y cremallera o brida	
Masa sencilla (110 x 3010 mm), rodado simple	Estándar	
Masa doble (110 x 3010 mm), rodado dual	Opcional	
Masa doble (120 x 3010 mm), rodado dual	Opcional	
Masa doble (120 x 2438 mm), rodado dual	Opcional	
Equipo rueda trasera		
Descripción	Grupos 47/48/49 disponibles en simples/duales/triples - Ver distribuidor para la selección y las limitaciones de tamaño de los neumáticos	
Eje delantero		
Eje delantero doble tracción serie 1300, rango ancho de trocha 80 a 88 plg (1524 a 2235 mm)	Estándar	
Eje delantero doble tracción serie 1500, rango ancho de trocha 80 a 144 plg (1524 a 3657 mm)	NA	
ILS - rango ancho de trocha 60 a 144 plg (1524 a 3657 mm)	Disponible con/sin duales	
ILS/1500 ancho de trocha 3 m opcional	Opción de instalación de campo: espacio de banda 3 m disponible con limitaciones de lastre delantero (no duales permitidos)	
ILS - recorrido de suspensión	Más menos 125 mm a la línea central de rodado con un ancho de trocha de 1880 mm	
ILS con frenos delanteros, opcional con 40 kph, estándar con 50 kph	NA	
Bloqueo del diferencial - Eje delantero		
Eje doble serie 1300	Deslizamiento limitado	
Eje doble serie 1500	NA	
ILS	Electrohidráulico de bloqueo completo (accionado al mismo tiempo que diff-lock trasero)	

Continuación de tabla 39.

Bloqueo del diferencial - Fija tracción		8245R
Electrohidráulico de bloqueo completo		Estándar
Sistema hidráulico		
Tipo	Centro cerrado, presión y flujo compensado	
Bomba hidráulica, pistones axiales (desplazamiento)	85 cc estándar, Bomba dual (85 cc más 35 cc) disponible	
Presión máxima de trabajo - bar	2958 psi (20400 + o - 300 kPa)	
Flujo de la bomba hidráulica de 85 cc a velocidad nominal	227.1 L/min (60 gal)	
Flujo máximo de la bomba hidráulica de 85 cc a velocidad nominal	321 L/min (85 gal)	
Número de Válvulas de Control de Regulación (VCR)	4 estándar, 5 y 6	
Flujo disponible en las VCS	132 L/min (35 gal)/153 L/min (40 gal)	
Enganche de 3 puntos (trasero) @ 610 mm		
Categoría 3/3H con Quik-Coupler	Estándar: 6350 kg	
Sed - Compatible todos los ejes	(14000 lb)	
Categoría 3/3H con Quik-Coupler	Disponible: 8391 kg	
Opcional - Eje requerido 120 mm	(18500 lb)	
Categoría 4H/3 con Quik-Coupler		
Disponible - Eje requerido 120 mm	NA	
Categoría 4H/3 con Quik-Coupler	Disponible: 9072 kg	
Disponible - Eje requerido 120 mm	(20000 lb)	
Barra de tiro		
Cat. 3 1837 kg (4050 lb) - 2700 kg (6000 lb) carga máx. vertical		
depende de la posición de la barra de tiro	Estándar	
Cat. 4 2245 kg (4950 lb) carga máx. vertical	Disponible	
Cat. 4 w/HO Soporte 4990 kg (11000 lb) carga máx. vertical	Disponible	
TDF trasera (Toma de fuerza trasera)		
Tipo	Independiente	
1-3/4 plg (44 mm), 1000 rpm	Estándar	
(44 mm), 1000 rpm; opcional de 1-3/8 plg (35 mm) 540/1000 rpm	Disponible	
1-3/4 plg (44 mm), 1000 rpm/1000E rpm	Disponible	
Velocidad de la Toma de Fuerza a las rpm del motor	(1000 rpm TDF @ 2003 rpm del motor, 1000 ECO rpm TDF @ 1596 rpm del motor, y 540 rpm TDF @ 1817 rpm del motor para 16 bpd PST) (1000 rpm TDF @ 2000 rpm del motor, 1000 ECO TDF @ 1594 rpm del motor, y 540 rpm TDF @ 1814 rpm del motor para 17T) (1000 rpm TDF @ 1995 rpm del motor, 1000 ECO TDF @ 1590 rpm del motor, y 540 rpm TDF @ 1810 rpm del motor para e23 PST)	
Enganche de 3 puntos (frontal) - Requiere ILS - Categoría 3H		
Capacidad de levante estándar	Disponible: Cat. 3H enganche frontal, 5200 kg (11464 lb) capacidad de levante	
Auto-Trac Ready		
Tipo	Estándar	
Pantalla CommandCenter™ con procesador 4100		
Descripción	Una entrada de video individual (Conector Tyco PH 776536-1) para la cámara utilizando señal PAL o NTSC. Integrado detrás de la cubierta trasera de la cabina. Cámara y arnés de extensión disponibles a través de Repuestos	
Pantalla CommandCenter™ con procesador 4600		
Descripción	Cuatro entradas de video (Conector Tyco PH 776536-1) para la cámara utilizando señal PAL o NTSC. Integrado detrás de la cubierta trasera de la cabina. Cámara y arnés de extensión disponibles a través de Repuestos	
Capacidades		
Tanque de combustible	719 L (190 gal)	
Sistema de enfriamiento	43.8 L (11.6 gal)	
Distancia entre ejes		
DTM/ILS	3080 mm (121.3 plg)/3050 mm (120.1 plg)	
MFWD DTM/ILS distancia al suelo	686 mm (27 plg)/590 mm (23.2 plg)	
Peso estándar promedio sin contrapesos		
ZWD	12680 kg (27953 lb)	
MFWD	15009 kg (33091 lb)	
ILS	11841 kg (26105 lb)	

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 8245R. Obtenido de John Deere (2022). 8245R tractor de 245 HP. (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-grandes/8245r-245hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

Tabla 40.

Especificaciones técnicas del tractor agrícola 8345R

Potencia		8345R
Potencia de la TDF a velocidad nominal		290 hp (216 kW)
Potencia del motor a velocidad nominal		345 hp (254 kW)
Motor		
Fabricante	Motor Diesel John Deere PowerTech™ 9.0 L (820 Diesel Compatible)	
Aspiración	Turbo cargado (simple con geometría fija), postenfriamiento aire-aire	
Velocidad nominal		2100 rpm
Tipo	Diesel, en línea, 6 cilindros, camisas húmedas, 4 válvulas por cilindro	
Filtro de aire del motor	De doble etapa con aspiración por ventilador de enfriamiento del motor	
Cilindrada		9.0 L (549 plg cil)
Diámetro y carrera	4.66 plg (118.4 mm) x 5.35 plg (136 mm)	
Relación de compresión		16:1
Lubricación	Presión constante, filtración de flujo total con derivación	
Filtro de aceite	Filtro de aceite de tipo cartucho reemplazable	
Sistema de combustible		
Tipo	Riel común de alta presión y bomba de transferencia controlados electrónicamente con función de autocebado	
Sistema del filtro	Dos etapas con separador de agua y luz indicadora de servicio	
Filtro primario	10 micras, cartucho reemplazable con sensor de indicador de agua y desagüe	
Filtro secundario	Elemento spin-on de 2 micras	
Transmisión		
PowerShift 16 x 5 con APS (Auto Power Shift)	NA	
John Deere AutoPowr™ I/II™ (0.050 - 42 km/h (0.030 - 26 mph))	Estándar (42 kph @ 1360 ECO rpm con rodado grupo 49; 42 kph @ 1430 ECO rpm con rodado grupo 48; 42 kph @ 1510 ECO rpm con rodado grupo 47)	
Sistema eléctrico		
Alternador/Batería	200 A/12 V	
Total amperios de arranque en frío	1850 (2-925CCA grupo 31 baterías)	
Eje trasero		
Tipo	Ejes con piñón y cremallera o brida	
Masa sencilla (110 x 3010 mm), rodado simple	NA	
Masa doble (110 x 3010 mm), rodado dual	NA	
Masa doble (120 x 3010 mm), rodado dual	Opcional	
Masa doble (120 x 2438 mm), rodado dual	Opcional	
Equipos rueda trasera		
Descripción	Grupos 47/48/49 disponibles en simples/duales/triples - Ver distribuidor para la selección y las limitaciones de tamaño de los neumáticos	
Eje delantero		
Eje delantero doble tracción serie 1300, rango ancho de trocha 80 a 88 plg (1524 a 2235 mm)	NA	
Eje delantero doble tracción serie 1500, rango ancho de trocha 80 a 144 plg (1524 a 3657 mm)	Estándar con/sin duales	
IL5 - rango ancho de trocha 60 a 144 plg (1524 a 3657 mm)	Estándar con/sin duales	
IL5/1500 ancho de trocha 3 m opcional	Opción de instalación de campo: espacio de banda 3 m disponible con limitaciones de lastre delantero (no duales permitidos)	
IL5 - recorrido de suspensión	Más menos 125 mm a la línea central de rodado con un ancho de trocha de 1680 mm	
IL5 con frenos delanteros, opcional con 40 kph, estándar con 50 kph	Disponible con/sin duales	
Bloqueos del diferencial - Eje delantero		
Eje doble serie 1300	NA	
Eje doble serie 1500	Electrohidráulico de bloqueo completo (accionado al mismo tiempo que diff-lock trasero)	
IL5	Electrohidráulico de bloqueo completo (accionado al mismo tiempo que diff-lock trasero)	

Continuación de tabla 40.

Bloqueo de diferenciales trasero		8345R
Electrohidráulico de bloqueo completo		Estándar
Sistema Hidráulico		
Tipo		Centro cerrado, presión y flujo compensado
Bomba hidráulica, pistones axiales (desplazamiento)		85 cc estándar, Bomba dual (85 cc más 35 cc) disponible
Presión máxima de trabajo - bar		2958 psi (20400 + o - 300 kPa)
Flujo de la bomba hidráulica de 85 cc a velocidad nominal		227.1 L/min (60 gal)
Flujo máximo de la bomba hidráulica de 85 cc a velocidad nominal		321 L/min (85 gal)
Número de Válvulas de Control de Regulación (VCR)		4 estándar, 5 y 6
Flujo disponible en las VCS		132 L/min (35 gal)/153 L/min (40 gal)
Enganche de 3 puntos (trasero) @ 610 mm		
Categoría 3/3H con Quik-Coupler		NA
Sed - Compatible todos los ejes		NA
Categoría 3/3H con Quik-Coupler		NA
Opcional - Eje requerido 120 mm		Disponible: 6396 kg (14100 lb)
Categoría 4H/3 con Quik-Coupler		Disponible: 9072 kg (20000 lb)
Disponible - Eje requerido 120 mm		
Categoría 4H/3 con Quik-Coupler		
Disponible - Eje requerido 120 mm		
Barra de tiro		
Cat. 3 1837 kg (4050 lb) - 2700 kg (6000 lb)		
carga máx. vertical		NA
depende de la posición de la barra de tiro		Estándar
Cat. 4 2245 kg (4950 lb) carga máx. vertical		
Cat. 4 w/HO Soporte 4950 kg (11000 lb)		Disponible
carga máx. vertical		
TDF trasera (Toma de Fuerza trasera)		
Tipo		Independiente
1-3/4 plg (44 mm), 1000 rpm		Estándar
(44 mm), 1000 rpm; opcional de 1-3/8 plg (35 mm) 1540/1000 rpm		Disponible
1-3/4 plg (44 mm), 1000 rpm/1000E rpm		Disponible
Velocidad de la Toma de Fuerza a las rpm del motor		(1000 rpm TDF @ 2003 rpm del motor, 1000 ECO rpm TDF @ 1596 rpm del motor, y 540 rpm TDF @ 1817 rpm del motor para 16 bpd PST) (1000 rpm TDF @ 2000 rpm del motor, 1000 ECO TDF @ 1594 rpm del motor, y 540 rpm TDF @ 1814 rpm del motor para 17T) (1000 rpm TDF @ 1995 rpm del motor, 1000 ECO TDF @ 1590 rpm del motor, y 540 rpm TDF @ 1810 rpm del motor para e23 PST)
Enganche de 3 puntos (frontal) - Requiere ILS - Categoría 3H		
Capacidad de levante estándar		Disponible: Cat. 3H enganche frontal, 5200 kg (11464 lb) capacidad de levante
AutoTrac Ready		
Tipo		Estándar
Pantalla CommandCenter™ con procesador 4100		
Descripción		Una entrada de video individual (Conector Tyco PH 776536-1) para la cámara utilizando señal PAL o NTSC. Integrado detrás de la cubierta trasera de la cabina. Cámara y armés de extensión disponibles a través de Repuestos
Pantalla CommandCenter™ con procesador 4600		
Descripción		Cuatro entradas de video (Conector Tyco PH 776536-1) para la cámara utilizando señal PAL o NTSC. Integrado detrás de la cubierta trasera de la cabina. Cámara y armés de extensión disponibles a través de Repuestos
Capacidades		
Tanque de combustible		719 L (190 gal)
Sistema de enfriamiento		43.8 L (11.6 gal)
Distancia entre ejes		
DTM/ILS		3080 mm (121.3 plg)/3050 mm (120.1 plg)
MFWD DTM/ILS distancia al suelo		686 mm (27 plg)/590 mm (23.2 plg)
Peso estándar promedio sin contrapesos		
ZWD		NA
MFWD		15009 kg (33091 lb)
ILS		11841 kg (26105 lb)

Nota. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 8345R. Obtenido de John Deere (2022). 8345R tractor de 345 HP. (<https://www.deere.com/latin-america/es/tractores/tractores-grandes/8345r-345hp/>). Consultado el 10 de noviembre de 2022. De dominio público.

3.9.2. Inventario de repuestos a reemplazar en cada mantenimiento de los tractores utilizados en producción agrícola de ingenio Pantaleon

Para realizar el inventario de repuestos a reemplazar en cada mantenimiento de los tractores utilizados en producción agrícola de ingenio Pantaleon, se utilizó la información de las guías de partes reemplazables de John Deere que se muestran en los anexos 5 al 12.

Tabla 41.

Inventario de elementos a reemplazar en cada mantenimiento de los tractores

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
6425	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE515335	250
6425	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	250
6425	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	250
6425	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
6425	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573	500
6425	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066	500
6425	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172780	1500
6425	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288	1500
6425	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
6425	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
6425	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
6425	Frenos	Deposito	Purgar		250
6425	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
7425	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE515335	250
7425	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	250
7425	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	250

Continuación de tabla 41.

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
7425	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
7425	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573	500
7425	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066	500
7425	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172781	1500
7425	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288	1500
7425	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
7425	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
7425	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
7425	Frenos	Deposito	Purgar		250
7425	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
7830	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	250
7830	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
7830	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE541922	500
7830	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE522878	500
7830	Filtros	Filtro separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886	500
7830	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE273801	750
7830	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE205726	750
7830	Filtros	Filtro de ventilación de tanque de combustible	Reemplazar	RE52504	750
7830	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE196945	1000
7830	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	RE181915	1000
7830	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
7830	Filtros	Filtro de aceite de toma de fuerza PTO frontal	Reemplazar	LVU14258	1500
7830	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
7830	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
7830	Frenos	Deposito	Purgar		250
7830	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
6105J	Frenos	Deposito	Purgar		250
6105J	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE509208	250
6105J	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	250

Continuación de tabla 41.

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
6105J	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	250
6105J	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
6105J	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573	500
6105J	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066	500
6105J	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172780	1500
6105J	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288	1500
6105J	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
6105J	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
6105J	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
6105J	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
6140M	Frenos	Deposito	Purgar		250
6140M	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	DZ115389	250
6140M	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ115390	250
6140M	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	250
6140M	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
6140M	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL232896	500
6140M	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066	500
6140M	Filtros	Filtro de aceite PTO frontal	Reemplazar	DE30500	500
6140M	Filtros	Filtro de ventilación del cárter	Reemplazar	DZ105100	500
6140M	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL215055	1500
6140M	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
6140M	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL215054	3000
6140M	Filtros	Filtro de línea DEF	Reemplazar	DZ124403	3000
6140M	Filtros	Filtro de bomba de inyección DEF	Reemplazar	DZ114640	3000
6140M	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
6140M	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
6140M	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
6155J	Frenos	Deposito	Purgar		250
6155J	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE509208	250
6155J	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	250
6155J	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	250

Continuación de tabla 41.

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
6155J	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
6155J	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573	500
6155J	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066	500
6155J	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172780	1500
6155J	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288	1500
6155J	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
6155J	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
6155J	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
6155J	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
6170M	Frenos	Deposito	Purgar		250
6170M	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE539279	250
6170M	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
6170M	Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE551147	250
6170M	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE541922	500
6170M	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE541925	500
6170M	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573	750
6170M	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066	750
6170M	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL215053	1500
6170M	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
6170M	Filtros	Filtro de ventilación del cárter	Reemplazar	DZ105100	1500
6170M	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL215054	3000
6170M	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
6170M	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
6170M	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
7210R	Frenos	Deposito	Purgar		250
7210R	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE539279	250
7210R	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
7210R	Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE541834	250
7210R	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	DZ115391	500
7210R	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ115392	500
7210R	Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886	500

Continuación de tabla 41.

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
7210R	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE564863	1000
7210R	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	F071151	1000
7210R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169	1000
7210R	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
7210R	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE577612	1500
7210R	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE577612	1500
7210R	Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061	1500
7210R	Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884	1500
7210R	Filtros	Elemento de filtro OCV	Reemplazar	DZ105796	1500
7210R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169	1500
7210R	Filtros	Filtro de toma de fuerza PTO frontal	Reemplazar	LVU14258	1500
7210R	Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640	3000
7210R	Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304	3000
7210R	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
7210R	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
7210R	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
7230R	Frenos	Deposito	Purgar		250
7230R	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE539279	250
7230R	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
7230R	Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE541834	250
7230R	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	DZ115391	500
7230R	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ115392	500
7230R	Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886	500
7230R	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE564863	1000
7230R	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	F071151	1000
7230R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169	1000
7230R	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
7230R	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE577612	1500
7230R	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE577612	1500
7230R	Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061	1500

Continuación de tabla 41.

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
7230R	Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884	1500
7230R	Filtros	Elemento de filtro OCV	Reemplazar	DZ105796	1500
7230R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169	1500
7230R	Filtros	Filtro de toma de fuerza PTO frontal	Reemplazar	LVU14258	1500
7230R	Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640	3000
7230R	Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304	3000
7230R	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
7230R	Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		1500
7230R	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
8245R	Frenos	Deposito	Purgar		250
8245R	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE509672	250
8245R	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250
8245R	Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE541834	250
8245R	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE539465	500
8245R	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ112918	500
8245R	Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886	500
8245R	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE587793	1000
8245R	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	RE587794	1000
8245R	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
8245R	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE573817	1500
8245R	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE573817	1500
8245R	Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061	1500
8245R	Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884	1500
8245R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169	1500
8245R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169	1500
8245R	Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640	3000
8245R	Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304	3000
8245R	Filtros	Filtro indicador de tanque DEF	Reemplazar	DZ111004	3000
8245R	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
8245R	Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio		1500
8245R	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500
8345R	Frenos	Deposito	Purgar		250
8345R	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE509672	250
8345R	Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	250

Continuación de tabla 41.

Serie	Sistema	Elemento	Acción por realizar	No. Parte	Horas
8345R	Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE541834	250
8345R	Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE539465	500
8345R	Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ112918	500
8345R	Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886	500
8345R	Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE587793	1000
8345R	Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	RE587794	1000
8345R	Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		1500
8345R	Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE573817	1500
8345R	Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE573817	1500
8345R	Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061	1500
8345R	Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884	1500
8345R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169	1500
8345R	Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169	1500
8345R	Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640	3000
8345R	Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304	3000
8345R	Filtros	Filtro indicador de tanque DEF	Reemplazar	DZ111004	3000
8345R	Transmisión	Aceite	Cambio		1500
8345R	Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio		1500
8345R	Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		1500

Nota. Tabla que muestra la clasificación por serie, sistema, elemento y horas de uso del tractor; del inventario que se debe reemplazar en cada mantenimiento de los tractores utilizados en producción agrícola en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.10. Periodos de mantenimiento para los tractores de ingenio Pantaleon

Las diversas partes operativas del tractor se deben controlar, atender o ajustar, después de haber transcurrido determinada cantidad de horas de operación. Para determinar este período o intervalo, en los tractores de ingenio

Pantaleon, se usa el horómetro, que tienen instalado en el tablero los tractores John Deere, instrumento que se activa cuando el motor está en funcionamiento.

Según lo planteado por INTA (s.f.): “en general, estos servicios periódicos se le deben realizar al tractor a intervalos de 10, 50, 250, 500 y 1500 horas de funcionamiento. Estos controles deben llevarse en planillas exclusivas para este uso”. (p. 96)

3.10.1. Servicios que se realizan cada 10 horas

Después de 10 horas de funcionamiento es necesario revisar: el nivel de aceite del cárter, el nivel de agua en el radiador, el filtro de aire, la bomba de dirección, y la bomba de combustible.

- Control del nivel de aceite del cárter: cuando el tractor está apagado se mide el nivel de aceite y se verifica que el rastro se encuentre entre las marcas de la varilla. Si es necesario se completa el nivel de aceite hasta la marca superior.
- Control del nivel de agua en el radiador: se debe agregar agua suficiente hasta completar el nivel y si con el tractor se realizan labores pesadas agregue un refrigerante para ayudar a mantener el agua fría y el sistema limpio. Siempre utilice agua desmineralizada o destilada, de esta forma el sistema durará más tiempo.
- Bomba de dirección: revisar el nivel de aceite; este nivel debe estar 19 mm abajo del borde de la boca del depósito.

- Bomba de combustible: controlar la bomba de combustible y revisar el vaso de sedimentación y los filtros de combustibles; drenarlos si se observa la presencia de agua o materias extrañas.

3.10.2. Servicios que se realizan cada 50 horas

Luego de 50 horas de funcionamiento es necesario revisar la batería, revisar la tensión de la correa del ventilador, el nivel del aceite de la transmisión y del sistema hidráulico, y los elementos de goma como mangueras, acoples y correas.

- Batería: limpiar los bornes de la batería para eliminar rastros de sulfatación que estos tengan.
- Control del nivel de aceite de transmisión y del sistema hidráulico: además, se debe controlar a tiempo cualquier fuga de aceite por alguna manguera o sello del sistema hidráulico.
- Neumáticos: verificar la presión de aire, ajustar tuercas y tornillos, inspeccionar el estado de la banda de rodamiento; además, limpiar sus partes laterales.
- Control de la tensión de la correa del ventilador: hay que estar pendiente de que la correa mantenga su tensión, y si es necesario, ajustarla para evitar problemas con el alternador, o que luego pueda ocasionar otros inconvenientes.

3.10.3. Servicios que se realizan cada 200 - 300 horas

Después de 200 - 300 horas de funcionamiento, se recomiendan las siguientes labores de mantenimiento: cambiar los filtros de aceite del motor; inspeccionar los frenos; verificar el nivel del líquido del depósito de los frenos, inyectores, freno de mano; y controlar el recorrido del pedal de embrague.

- Cambio de aceite del motor: dependiendo del uso al cual el tractor se somete y de la calidad del aceite que se utiliza, este servicio puede adelantarse o atrasarse. Para realizar esta operación hay que quitar el tapón de drenaje del cárter y dejar que se vacíe, colocando nuevamente el tapón y agregando la cantidad y calidad de aceite necesario e indicada por el manual. Revisar y limpiar el tapón, si tiene arandela de presión cámbiela por una nueva.
- Filtros de aceite del motor: mientras se efectúa el drenaje del cárter, se reemplaza el filtro de aceite, teniendo en cuenta siempre que el aro de goma que lleva el filtro esté bien colocado y que tenga una ligera capa de aceite para facilitar la operación y evitar posibles fugas; no es necesario apretar excesivamente el filtro.
- Frenos: vaciar el aire que pueda existir en el sistema (purgar depósito).
- Nivel del líquido del depósito de los frenos: verificar el nivel del líquido y reponerlo hasta el nivel indicado si es necesario.
- Freno de mano: con la palanca de freno desactivada, soltar la contratuerca de la horquilla, y el pin de ambos brazos, luego se ajusta hasta que la horquilla quede en posición de colocar los pines.

- Cambio de los filtros de combustible: los filtros de combustibles impiden que llegue sucio a la bomba de inyección, y, por lo tanto, que esta se dañe, al igual que los inyectores. Esta frecuencia de servicio dependerá de la limpieza del combustible utilizado y del cuidado que se tenga en su almacenamiento. Para reemplazarlos, se cierra la llave de paso en la parte inferior del tanque y se quitan los filtros para su reemplazo. Después que se colocan, se abre la llave de paso y se procede a quitar, si es necesario, el aire en el sistema.
- Control del recorrido del pedal de embrague: se realiza con el motor operando a más de 2.200 rpm, verificando la distancia libre del pedal antes del desembragar, la cual deberá ser de aproximadamente 44,5 mm. Para realizar esta labor se utiliza el tornillo de ajuste.

3.10.4. Servicios que se realizan cada 500 o 600 horas

Luego de 500 o 600 horas de funcionamiento, se recomiendan las siguientes labores: control del filtro de aire, inspección de la admisión de aire, graduación de las válvulas de admisión y escape, revisión de los rodamientos, verificación del nivel de aceite del sistema de dirección, y reemplazo de los filtros de transmisión.

- Control de conexiones del filtro de aire: ajustando las abrazaderas sobre las mangueras, se evita que penetre sucio al sistema.
- Mangueras de admisión de aire: revisar conexiones de mangueras al motor y sustituirlas en caso necesario.

- Válvulas de admisión y escape: graduar válvulas del cilindro No. 1 con un calibrador de láminas, verificar la "luz" de cada válvula y el balancín correspondiente (se recomienda prestar especial atención a lo indicado en el manual). Es conveniente que lo realice alguien especializado.
- Rodamientos de ruedas delanteras: revisar cada uno de los rodamientos, engrasar y en caso de desgaste proceder a cambiarlos.
- Aceite del sistema de dirección: chequear el nivel de aceite luego de quitar el tapón.

3.10.5. Servicios que se realizan cada 1500 horas

- Cambio de aceite del sistema hidráulico, del sistema de dirección y de la transmisión: hay que drenar el aceite que está en uso y luego llenar el depósito con aceite nuevo.
- Limpieza y ajuste de inyectores: para el ajuste de inyectores se procede a desmontar el inyector se coloca en un probador de inyectores, se coloca combustible al probador de inyectores, se procede a bombear constantemente el combustible en el probador de inyectores para corroborar que el combustible salga pulverizado (que haya aspersión) en el inyector, luego se procede a bombear y mantener una presión determinada para corroborar que el inyector no tenga ningún goteo de combustible, si lo hay es porque las piezas del inyector ya tienen demasiado desgaste y hay que realizar su cambio.

Para realizar la limpieza de inyectores es necesario adquirir un aditivo limpia inyectores para diésel, verterlo en el depósito de combustible, luego es

recomendable poner en marcha el tractor durante un lapso corto para que el aditivo no se quede estancado y puede circular por todo el depósito de combustible.

- Cambio de agua o refrigerante: hay que drenar el agua o refrigerante que está en uso y luego llenar el depósito con agua o refrigerante nuevo hasta completar el nivel indicado en el depósito.
- Cambio de filtros de aire (en seco): se debe retirar el filtro primario y luego el secundario del depósito donde se ubican los filtros, se procede a limpiar el depósito, después colocar el nuevo filtro secundario luego el filtro primario y por último cerrar con la tapa el depósito.

Figura 51.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 6105J John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6153J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 7830	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8245R	Serie 8345R	Serie 8345R	
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172780						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE509208	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													✓
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración							✓						✓
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 6105J John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 52.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 6140M John Deere

Serie 610SJ	Serie 6140M	Serie 615SJ	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R					
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL215055						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL215054												✓
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	DZ115389	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ115390	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Inyectores	Limpieza y ajuste							✓						✓
Sistema de combustible	Bomba Inyectora	Servicio													✓
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración							✓						✓
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL232896		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓
Filtros	Filtro de línea DEF	Reemplazar	DZ124403												✓
Filtros	Filtro de bomba de inyección DEF	Reemplazar	DZ114640												✓
Filtros	Filtro de aceite PTO frontal	Reemplazar	DE30500		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Filtros	Filtro de ventilación del cárter	Reemplazar	DZ105100		✓		✓		✓		✓		✓		✓

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 6140M John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 53.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 6155J John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6155J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R					
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172780						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE509208	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													✓
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración							✓						✓
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 6155J John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 54.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 6170M John Deere

Serie 610SJ	Serie 6140M	Serie 615SJ	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R					
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL215053						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL215054												✓
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE541922		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE541925		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓
Sistema de combustible	Bomba Inyectora	Servicio													✓
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE539279	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración													✓
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓						✓		✓
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓				✓				✓
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573			✓			✓			✓			✓
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066			✓			✓			✓			✓
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓
Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE551147	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtros	Filtro de ventilación del cárter	Reemplazar	DZ105100						✓						✓

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 6170M John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 55.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 6425 John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6155J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R						
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas	
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172780						✓						✓	
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288						✓						✓	
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE515335	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓	
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio														
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓				✓		✓	
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración							✓						✓	
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓	
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓	
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓	
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓	

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 6425 John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 56.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 7210R John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6155J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R						
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas	
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE564863				✓				✓				✓	
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	F071151				✓				✓				✓	
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	DZ115391		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ115392		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓	
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													✓	
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE539279	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE577612						✓						✓	
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓	
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE577612						✓						✓	
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓	
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓	
Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061						✓						✓	
Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884						✓						✓	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169				✓				✓				✓	
Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640												✓	
Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304												✓	
Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE541834	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Filtros	Elemento de filtro OCV	Reemplazar	DZ105796						✓						✓	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169						✓						✓	
Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886		✓		✓				✓		✓		✓	
Filtros	Filtro de toma de fuerza PTO frontal	Reemplazar	LVU14258						✓						✓	

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 7210R John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 7230R John Deere

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 7230R John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 58.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 7425 John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6155J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R					
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	AL172781						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	AL150288						✓						✓
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE515335	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RE62419	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración							✓						✓
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓				✓				✓
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	AL169573		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	AL221066		✓		✓		✓		✓		✓		✓
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 7425 John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 59.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 7830 John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6155J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R						
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas	
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE196945				✓				✓				✓	
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	RE181915				✓									
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RES41922		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	RES22878		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓	
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													✓	
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE504836	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración													✓	
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓	
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓								✓	
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE273801			✓			✓						✓	
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓	
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE205726			✓			✓				✓		✓	
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓	
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓	
Filtro	Filtro de ventilación de tanque de combustible	Reemplazar	RES2504			✓			✓				✓		✓	
Filtro	Filtro de aceite de toma de fuerza PTO frontal	Reemplazar	LVU14258						✓						✓	
Filtro	Filtro separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886		✓		✓		✓		✓		✓		✓	

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 7830 John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 60.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 8245R John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6155J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R						
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas	
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RE587793				✓				✓				✓	
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	RE587794				✓				✓				✓	
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RE539465		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ112918		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓	
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													✓	
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RE509672	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓		✓		✓		✓		✓	
Sistemas hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RE573817						✓						✓	
Sistemas hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓	
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RE573817						✓						✓	
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓	
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓	
Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061						✓						✓	
Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884						✓						✓	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169						✓						✓	
Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640												✓	
Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304												✓	
Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RE541834	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169						✓						✓	
Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Filtros	Filtro indicador de tanque DEF	Reemplazar	DZ111004												✓	

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 8245R John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 61.

Periodo de servicios de mantenimiento para tractor serie 8345R John Deere

Serie 6105J	Serie 6140M	Serie 6153J	Serie 6170M	Serie 6425	Serie 7210R	Serie 7230R	Serie 7425	Serie 7830	Serie 8245R	Serie 8345R						
Sistema	Elemento	Acción a realizar	Numero de parte	250 horas	500 horas	750 horas	1000 horas	1250 horas	1500 horas	1750 horas	2000 horas	2250 horas	2500 horas	2750 horas	3000 horas	
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RES87793				✓				✓				✓	
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	RES87794													
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	RES39465		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ112918		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste							✓						✓	
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio													✓	
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RES09672	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración													✓	
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio							✓						✓	
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar			✓				✓				✓		✓	
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio					✓								✓	
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RES73817						✓						✓	
Sistemas Hidráulicos	Aceite	Cambio							✓						✓	
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RES73817						✓						✓	
Transmisión	Aceite	Cambio							✓						✓	
Frenos	Deposito	Purgar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Frenos	Freno de mano	Calibración		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar			✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio							✓						✓	
Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061						✓						✓	
Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884						✓						✓	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169						✓						✓	
Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640												✓	
Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304												✓	
Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RES41834	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169						✓						✓	
Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Filtros	Filtro indicador de tanque DEF	Reemplazar	DZ111004												✓	

Nota. Figura que muestra los periodos de servicios de mantenimiento para la tractor serie 8345R John Deere de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4. INDUCCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS TRACTORES UTILIZADOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL INGENIO PANTALEON

4.1. Importancia de realizar actividades de mantenimiento con planificación

Según lo planteado por Predyc, (s.f.):

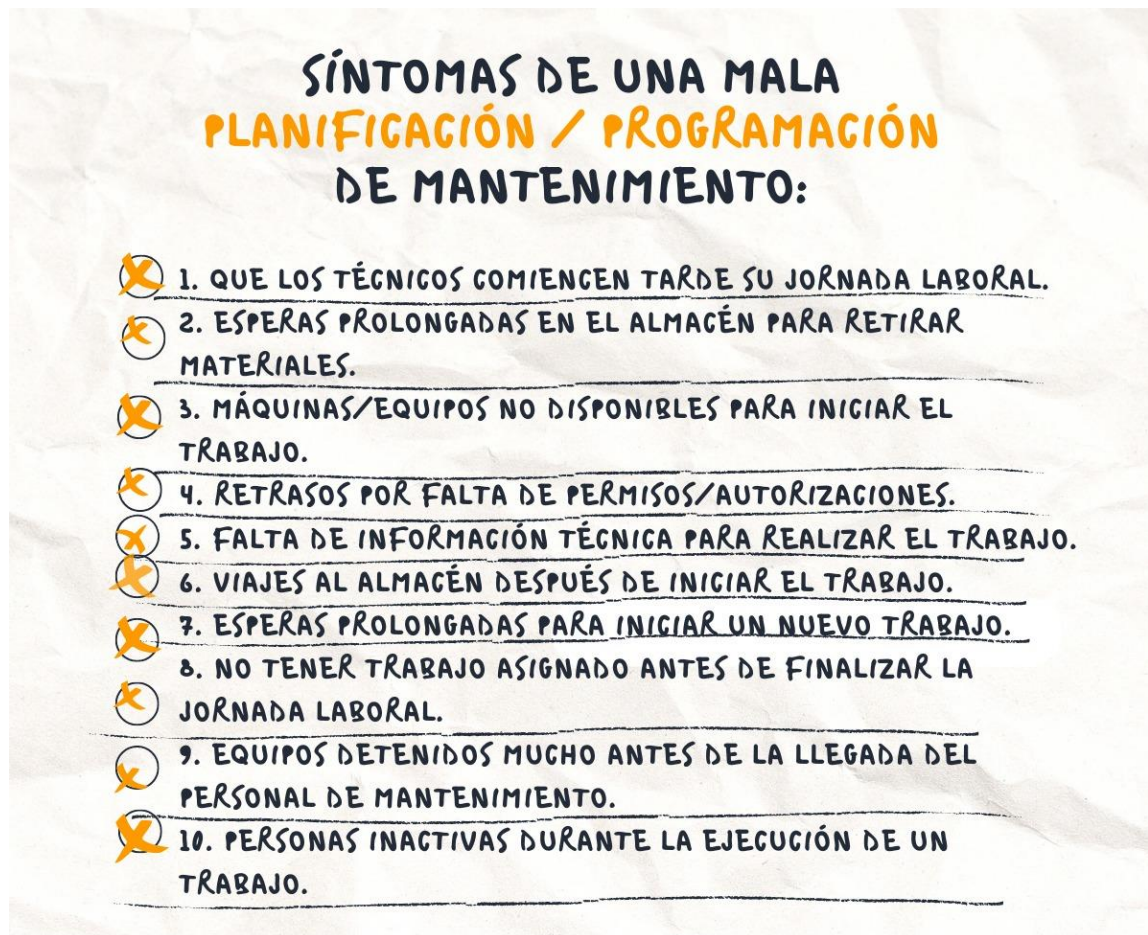
la planificación del mantenimiento es el proceso de determinar qué trabajos de mantenimiento deben realizarse y cómo deben llevarse a cabo; cuándo y con qué frecuencia. El proceso también implica la identificación de los recursos necesarios para el mantenimiento, ya sean humanos o materiales. Por ejemplo, que habilidades debe poseer el especialista/técnico que realizará el trabajo de mantenimiento; qué piezas de repuesto y materiales se necesitan. La planificación del mantenimiento garantiza que los activos estén en buenas condiciones de funcionamiento y puede ayudar a cualquier organización a estar preparada para problemas menores o averías importantes. (párr. 1)

4.1.1. Síntomas de una planificación ineficaz

Al no contar con una correcta planificación del mantenimiento cuando una máquina sufre una falla y paraliza su trabajo generalmente los técnicos capaces de resolver el problema no están presentes, suelen no estar disponibles para reparar la falla de inmediato y, cuando lo hacen, necesitan tiempo para diagnosticar lo que ocurre, conseguir los repuestos necesarios y ejecutar el trabajo.

Figura 62.

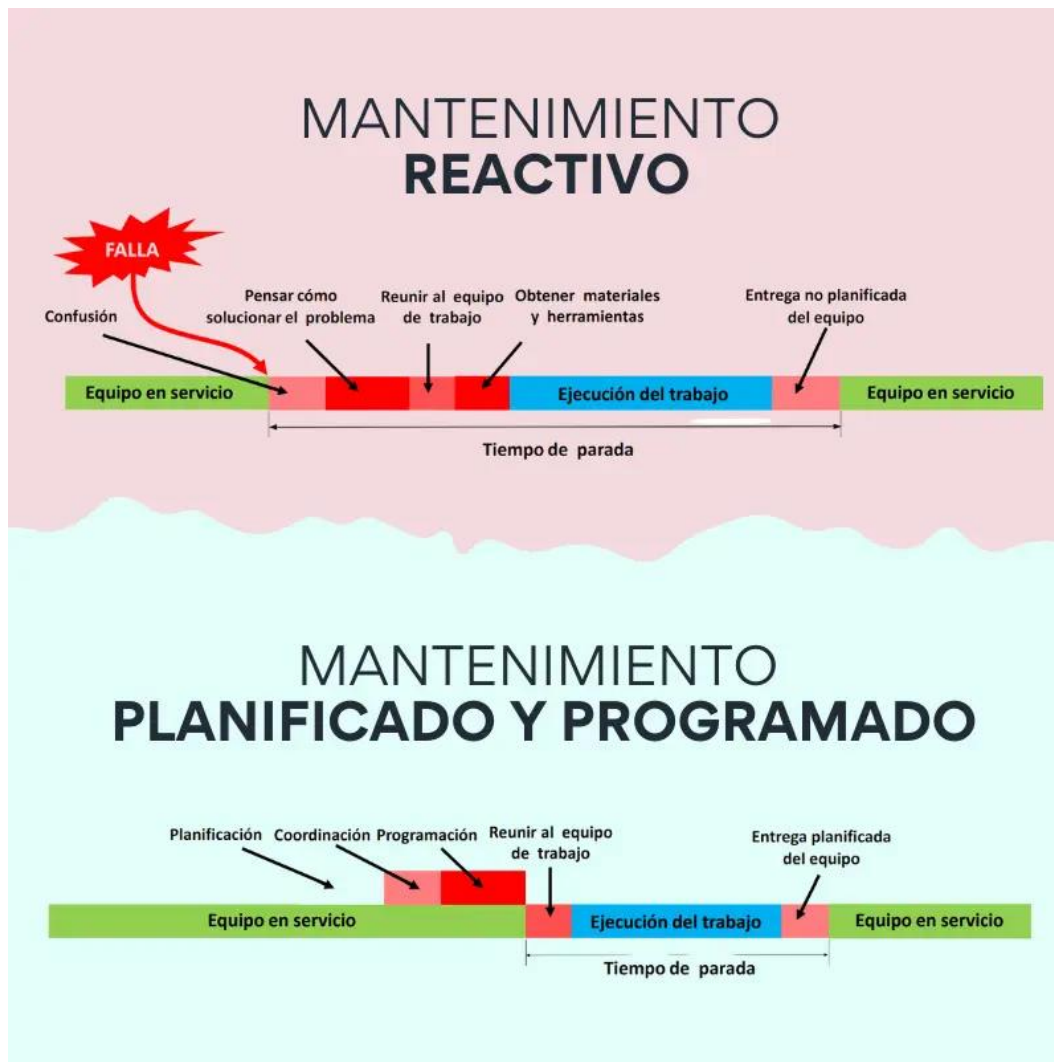
Síntomas de una mala planificación de mantenimiento



Nota. El gráfico muestra los síntomas de una mala planificación de mantenimiento. Obtenido de Predyc (2023). *Capacítate en planificación, programación y costos de mantenimiento.* (<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=536569031998194&set=pb.100069353066568.-2207520000.&type=3>). Consultado el 23 de abril de 2023. De dominio público.

Figura 63.

Tiempos de un mantenimiento reactivo versus un mantenimiento planificado



Nota. El gráfico muestra la comparación de comportamiento de tiempos en un mantenimiento reactivo versus un mantenimiento planificado y programado. Obtenido de Predyc (2023). *Planificación, programación y costos de mantenimiento.* (<https://predyc.com/landing-curso/Planificaci%C3%B3n.-Programaci%C3%B3n-y-Costos-de-Mantenimiento>). Consultado el 23 de abril de 2023. De dominio público.

4.1.2. Proceso de planificación del mantenimiento

La planificación del mantenimiento comienza con una orden de trabajo. A partir de ahí, los planificadores de mantenimiento planifican las tareas de mantenimiento.

Este proceso consta de los siguientes pasos:

- Identificar el problema.
- Inspeccionar el activo y las instalaciones.
- Determinar cómo debe realizarse el trabajo.
- Conseguir las piezas y materiales necesarios.
- Priorizar las tareas.
- Programar y completar las órdenes de trabajo.
- Recopilar datos y hacer un seguimiento.

Cada uno de estos pasos es una parte importante de la planificación del mantenimiento, pero el último es quizás el más vital. El uso de los datos para mejorar la planificación del mantenimiento produce los métodos más seguros y eficaces para mantener los equipos clave.

4.1.3. Las ventajas de una correcta planificación del mantenimiento

Cuando se hace bien, la planificación del mantenimiento produce una serie de beneficios, entre los que se incluyen:

- Un entorno de trabajo más ordenado.
- Mayor productividad del mantenimiento con menores costes.

- Aumento de la vida útil de los activos.
- Menor tiempo de inactividad de los equipos.
- Un lugar de trabajo más seguro.
- Una cultura de trabajo más proactiva.

En última instancia, una sólida planificación del mantenimiento consolida la fiabilidad de los equipos, mejora la producción y aumenta la rentabilidad.

4.1.4. Mejorar la planificación del mantenimiento

Para llevar la planificación del mantenimiento al siguiente nivel, hay que considerar la implementación de estas mejores prácticas:

- Utilizar indicadores clave, como el cumplimiento del programa, para planificar las tareas.
- Dar prioridad a los equipos críticos y de alto riesgo sobre los activos no críticos y de bajo riesgo.
- Mantener en stock las piezas necesarias.
- No malgastar el presupuesto de Mantenimiento, repuestos y operaciones en piezas innecesarias (que a menudo constituyen el 68 % de todos los tipos de artículos).
- Examinar los flujos de trabajo y eliminar los obstáculos.
- Mantener una comunicación abierta con los operadores y técnicos.
- Examinar los equipos en persona.

En última instancia, la planificación del mantenimiento mejora a medida que los planificadores vigilan los datos y colaboran con otros departamentos.

4.2. Importancia de una orden de trabajo

Según lo definido por Dombroysk, (2022):

Es a través de la orden de trabajo que se formaliza la realización de los trabajos por parte del equipo de mantenimiento. En este documento se realiza una solicitud de verificación de inspección de alguna parte, componente o equipo.

La orden de trabajo registra información detallada sobre la tarea a realizar, los materiales, herramientas, responsables, equipos que se utilizarán para realizar el trabajo.

En una situación hipotética en la que sea necesario cambiar el rodamiento de un cojinete. En este caso, puede crear una orden de trabajo anotando el problema, el precio de la reparación, la prioridad y el técnico más adecuado para la actividad. Todo ello plasmado objetivamente en un único documento.

Una orden de trabajo se considera una guía indispensable para el buen funcionamiento del sector de mantenimiento, así como un registro histórico de ocurrencias, por lo que es importante que su diligenciamiento sea correcto. (párr. 1-3)

4.2.1. Checklist de mantenimiento preventivo

Según la definición de Tecnología para la industria, (s.f.):

Un *checklist* de mantenimiento preventivo o lista de comprobación de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas que el técnico debe completar para cerrar una orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

El objetivo de un *checklist* de mantenimiento preventivo es garantizar que las tareas de mantenimiento preventivo se realicen correctamente y en la misma secuencia de pasos, independientemente del miembro del equipo de mantenimiento que las realice. (párr. 1)

4.2.2. Beneficios de un checklist de mantenimiento preventivo

Los miembros del equipo de mantenimiento probablemente puedan recitar los pasos de ciertas tareas de memoria. Pero no todos tienen necesariamente la misma información, especialmente si son nuevos en el trabajo. Una lista de comprobación formal de mantenimiento preventivo facilita el acceso a estos conocimientos.

4.2.2.1. Las tareas y los resultados están estandarizados

Las listas de comprobación crean una forma estándar de realizar las tareas de mantenimiento preventivo y las inspecciones periódicas, lo que conduce a resultados fiables. No hay conjeturas ni errores de comunicación, lo

que reduce las posibilidades de error y la necesidad de costosas reparaciones. La fiabilidad ayuda a planificar mejor y a mitigar los efectos de la rotación de personal, ya que garantiza la continuidad de los procesos, aunque no haya continuidad en el equipo. También hace que la formación sea más eficaz, mejora la seguridad y evita que se dependa demasiado de una sola persona.

4.2.2.2. El trabajo es más eficiente y la mano de obra se maximiza

Los *checklist* de mantenimiento preventivo facilitan a los técnicos la realización de los PM, lo que los hace más rápidos. Esto reduce el tiempo de inactividad y permite a los técnicos pasar a tareas más cualificadas en menos tiempo. Las listas de comprobación detalladas también liberan tiempo a los técnicos al permitir que otros miembros de la instalación, como los operarios de las máquinas, se encarguen de las tareas rutinarias. De este modo, las listas de comprobación son una parte integral del establecimiento de un gran programa de mantenimiento productivo total.

4.2.2.3. La resolución de problemas y la elaboración de informes son más fáciles

Dado que los *checklist* de mantenimiento preventivo proporcionan consistencia, crean una gran línea de base para medir la actividad de mantenimiento. Esta línea de base le ayuda a informar con más certeza y a determinar si una determinada acción ha dado o no mejores resultados. Cuando todas las tareas se hacen de la misma manera, una y otra vez, también se elimina el número de razones por las que puede surgir un problema. Al reducir el número de posibles problemas, facilita mucho la resolución de estos.

4.2.3. Órdenes de trabajo tipo checklist para tractores de ingenio Pantaleon

Para la elaboración de las órdenes de trabajo de los tractores utilizados en producción agrícola de ingenio Pantaleon, se optó por realizarlo tipo *checklist* por los beneficios ya mencionados, para los servicios que se realizan cada 10 horas a los tractores se estableció que estas tareas se realicen de manera diaria, esto debido a que la jornada laboral de los trabajadores del taller de maquinaria de ingenio Pantaleon es de 12 horas, si se tiene en cuenta que los tractores estarán en uso aproximadamente un 80 % de este tiempo realizando las actividades que se tienen establecidas, por lo cual en este lapso se cumpliría las 10 horas de uso para realizar las tareas de mantenimiento planificadas; el mismo criterio se estableció para los servicios que se realizan cada 50 horas en los tractores, estas tareas se realizarán de manera semanal con el fin facilitar el control de las tareas de mantenimiento planificadas a los técnicos, en el *checklist* de mantenimiento semanal se tendrán asignadas también las acciones recomendadas establecidas en el análisis de modo y efecto de falla para los componentes críticos de los tractores agrícolas (batería y alternador).

Para los servicios de cada 250 horas, 500 horas y 1500 horas se creó un formato para una orden de trabajo en una hoja de cálculo en Microsoft Excel, en el cual de manera automática realiza el *checklist* con las tareas correspondientes dependiendo de la serie del tractor a realizar mantenimiento y las horas de servicio correspondientes, estas divididas en 250 horas hasta llegar a 3000 horas, esto se realizó de esta manera debido a que cada serie de tractor tiene diferentes partes reemplazables.

Figura 64.
Checklist de servicio diario para tractores de ingenio Pantaleon

 Pantaleon		Checklist de servicio diario																															
Unidad																																	
Mes																																	
Componente	Servicio	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Carter	Revisar nivel de aceite																																
Radiador	Controlar nivel de líquido refrigerante/ nivel de agua																																
Bomba de combustible	Controlar vaso de sedimentación																																
Eje delantero	Engrasar																																
Bomba de dirección	Revisar nivel de aceite																																
Tanque de combustible	Dejar el tanque de combustible lleno																																
sistema de combustible	Revisar pérdidas de combustible																																
sistema de combustible	Purgar trampas de agua																																
sistema de enfriamiento	Revisar pérdidas en el circuito																																
sistema de lubricación	Revisar pérdidas de aceite																																
Observaciones																																	
Nombre del ejecutante											Nombre del supervisor																						
Firma _____											Firma _____																						

Nota. Figura que muestra el checklist de servicios de mantenimiento diarios para un tractor de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 65.

Checklist de servicio semanal para tractores de ingenio Pantaleon

 Pantaleon			Checklist de servicio Semanal									
Unidad												
Mes												
Componente	Servicio	Fecha		Fecha		Fecha		Fecha		Fecha		
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
Filtro de aire primario	Limpiar filtro (sopletear de adentro hacia afuera)											
Ventilador de Radiador	revisar y ajustar la correa											
Batería	Revisar y limpiar si los bornes estan sulfatados											
Batería	Realizar mediciones de amperaje y voltaje que coincidan con lo indicado a las especificaciones											
Regulador de voltaje	Revisar que funcione correctamente											
Batería	Con motor apagado revisar el voltaje en los bornes debe de ser aprox. 12.6V DC, menor a 12V DC problema con la batería											
Batería	Con motor encendido revisar el voltaje en los bornes debe de ser aprox. 14.2 V DC, menor a 13.8V DC problema con el alternador											
Batería	Apriete de conexiones de cableado a los bornes											
Alternador	Comprobar que los cojinetes no esten friccionados											
Alternador	Revisar que el puente rectificador no este en corto											
Alternador	Revisar tensión de correa del alternador											
Cableado	Revisar cables y conexiones no esten sueltas											
Transmision/ sistema hidraulico	Controlar nivel de aceite											
Ruedas delanteras y traseras	Ajustar tuercas y tornillos											
Neumáticos	Revisar presión de aire											
eje delantero	Lubricar articulación eje delantero											
Barra de dirección	Lubricar											
Brazos hidráulicos	Lubricar											
Embrague toma fuerza	Lubricar											
Todos los puntos que se puedan engrasar	Lubricar											
Sistema hidraulico y de transmisión	Controlar nivel de aceite											
Observaciones												
Nombre del ejecutante		Nombre del supervisor										
Firma _____		Firma _____										

Nota. Figura que muestra el checklist de servicios de mantenimiento semanal para un tractor de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Figura 66.

Checklist para servicios de 250, 500 y 1500 horas para tractores

[illegible]

Nota. Figura que muestra el formato de orden de trabajo tipo checklist de servicios de mantenimiento de 250 horas, 500 horas y 1500 horas para un tractor de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

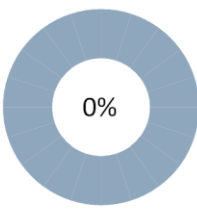
Figura 67.

Ejemplo checklist para servicio de 3000 horas para tractores de serie 7230R

 Pantaleon		Orden de trabajo		No.	
Aviso:		Unidad:		Serie 7230R	
Horometro		Horas de servicio 3000			
Fecha de Inicio:		Fecha Finalizada:			
Sistema	Elemento	Acción a realizar	No. Parte	Check	
Frenos	Deposito	Purgar		☐	
Frenos	Freno de mano	Calibración		☐	
Sistema de alimentación de aire	Mangueras de admisión	Ajustar		☐	
Sistema de combustible	Válvulas de admisión y escape	Calibración		☐	
Sistema de enfriamiento	Termostato	Revisar		☐	
Sistema eléctrico	Alternador y batería	Revisar		☐	
Sistema eléctrico	Regulador de voltaje	Revisar		☐	
Sistema eléctrico	Motor de arranque	Servicio		☐	
Sistema de combustible	Injectores	Limpieza y ajuste		☐	
Sistema de lubricación	Manómetro	Calibración		☐	
Sistema de combustible	Bomba inyectora	Servicio		☐	
Sistema de lubricación	Filtro de aceite	Reemplazar	RES39279	☐	
Sistema de lubricación	Aceite	Cambio	15W-40	☐	
Frenos	Líquido de frenos	Nivelar		☐	
Filtros	Filtro de partículas diésel	Reemplazar	RES41834	☐	
Sistema de combustible	Filtro primario	Reemplazar	DZ115391	☐	
Sistema de combustible	Filtro secundario	Reemplazar	DZ115392	☐	
Filtros	Separador de agua y combustible	Reemplazar	N378886	☐	
Sistema de alimentación de aire	Filtro primario	Reemplazar	RES64863	☐	
Sistema de alimentación de aire	Filtro secundario	Reemplazar	F071151	☐	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque de combustible	Reemplazar	H216169	☐	
Sistema de enfriamiento	Agua y refrigerante	Cambio		☐	
Sistemas Hidráulicos	Filtro de aceite	Reemplazar	RES77612	☐	
Transmisión	Filtro de aceite	Reemplazar	RES77612	☐	
Filtros	Filtro de aceite SCV	Reemplazar	RE269061	☐	
Filtros	Cartucho de secador de freno de remolque neumático	Reemplazar	AL204884	☐	
Filtros	Elemento de filtro OCV	Reemplazar	DZ105796	☐	
Filtros	Filtro de ventilación del tanque DEF	Reemplazar	H216169	☐	
Filtros	Filtro de toma de fuerza PTO frontal	Reemplazar	LVU14258	☐	
Filtros	Filtro del módulo de suministro DEF	Reemplazar	DZ114640	☐	
Filtros	Filtro en línea DEF	Reemplazar	DZ100304	☐	
Transmisión	Aceite	Cambio		☐	
Sistemas Hidráulicos	aceite	Cambio		☐	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección y reductores finales	Nivelar		☐	
Sistema de dirección	Aceite del sistema de dirección	Cambio		☐	
Transmisión	Pedal de embrague	Ajustar		☐	
Sistema de dirección	Rodamientos de ruedas delanteras	Limpiar, Lubricar y ajustar		☐	
Observaciones:					
Nombre del Ejecutante			Nombre del Supervisor		
Firma _____			Firma _____		

Tareas Asignadas	37
Tareas Realizadas	0
Tareas Pendientes	37

AVANCE



0%

Limpiar

Nota. Figura que ejemplifica el uso del formato de orden de trabajo tipo checklist para un servicio de mantenimiento de 3000 horas de una tractor serie 7230R de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.3. Capacitación en el plan de mantenimiento preventivo al personal técnico encargado del mantenimiento de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon

La capacitación en cualquier sector según lo definido por Gonsa qualitat empresarial, (s.f.):

Es uno de los requisitos primordiales cuya finalidad es preparar a los trabajadores a fortalecer su capacidad de respuesta a los cambios del entorno o de los requerimientos laborales, incrementar su productividad y mejorar el uso adecuado de herramientas, equipos y/o maquinarias disponibles. Por ello, contar con un plan de capacitación adecuado permitirá mayor eficiencia en los equipos de trabajo y el cumplimiento de los objetivos planteados.

Para elaborar con éxito un plan de capacitación, es necesario seguir los siguientes pasos:

- Detectar y clasificar las necesidades de capacitación
- Definir objetivos
- Elaborar el programa de capacitación
- Ejecutar el programa de capacitación
- Evaluar los resultados

(párr. 1-3)

A continuación, se detalla el plan de capacitación, para el personal técnico encargado de mantenimiento de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon, en el plan de mantenimiento preventivo de los tractores utilizados en producción agrícola.

Tabla 42.

Plan de capacitación para el personal técnico de ingenio Pantaleon

Plan de capacitación en el plan de mantenimiento preventivo de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon	
Empresa: Ingenio Pantaleon	
Lugar de capacitación: Ludoteca de taller de maquinaria	
Número de personas a capacitar: 26 técnicos y supervisor a cargo del mantenimiento de tractores agrícolas	
Objetivos generales	• Capacitar al personal técnico en el plan de mantenimiento preventivo de los tractores agrícolas
Objetivos específicos	• Explicar cómo mejorar la situación actual de los equipos por medio de un mantenimiento planificado • Explicar el uso correcto de formatos de ordenes de trabajo
Recursos	• Laptop • Presentaciones
Contenido	• ¿Qué es mantenimiento preventivo? • Importancia de realizar actividades de mantenimiento con planificación • Generación de ahorro mediante la planificación de mantenimiento • Que es un plan de mantenimiento preventivo • Mantenimiento RCM y pasos para elaborarlo • Análisis de criticidad y matriz de criticidad de los componentes de los tractores agrícolas • Análisis de modo y efecto de falla a componentes críticos de los tractores agrícolas • Explicación de uso de formatos de análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla • Periodos de mantenimiento para los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon • Importancia de una orden de trabajo • Explicación de uso de formatos de ordenes de trabajo tipo checklist para los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon
Metodología	• Se utilizaron presentaciones con diapositivas en Power Point explicando cada tema mostrado para facilitar la comprensión del personal técnico en el mismo.

Continuación de tabla 42.

- Se utilizaron presentaciones con diapositivas en Power Point explicando cada tema mostrado para facilitar la comprensión del personal técnico en el mismo. - Se realizaron ejemplos de cómo ingresar datos con los formatos entregados al taller de maquinaria para facilitar la comprensión de estos.												
Cronograma de capacitación												
	Minutos											
Tema	5	15	30	35	45	55	65	75	85	90	100	120
¿Qué es mantenimiento preventivo?	■											
Importancia de realizar actividades de mantenimiento con planificación		■										
Generación de ahorro mediante la planificación de mantenimiento			■									
Que es un plan de mantenimiento preventivo				■								
Mantenimiento RCM y pasos para elaborarlo					■							
Análisis de criticidad y matriz de criticidad de los componentes de los tractores agrícolas						■						
Análisis de modo y efecto de falla a componentes críticos de los tractores agrícolas							■					
Explicación de uso de formatos de análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla								■				
Periodos de mantenimiento para los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon									■			
Importancia de una orden de trabajo										■		
Explicación de uso de formatos de ordenes de trabajo tipo checklist para los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon											■	
Preguntas y ejemplos de uso de formatos												■

Nota. Tabla que muestra el plan de capacitación del personal técnico para el plan de mantenimiento preventivo de los tractores utilizados en producción agrícola en ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. El impacto que hay al realizar actividades de mantenimiento con planificación se ven reflejadas en la productividad durante la jornada laboral del personal técnico encargado del mantenimiento de tractores agrícolas, debido a que el personal al contar con tareas proactivas asignadas ya no pierde el tiempo en espera de realizar tareas de mantenimiento reactivas, por consiguiente, la inversión económica que realiza ingenio Pantaleon en mano de obra se aprovecha de una mejor manera.
2. Al tener planificado las actividades de mantenimiento de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon, se conoce la demanda de los repuestos a utilizar en los mantenimientos y a la vez se disminuye las cantidades excesivas almacenadas en repuestos, los requerimientos de compras de emergencia para repuestos disminuyen, por lo cual el impacto en reducción de costos de compras de repuestos es significativo, esto conlleva a tener un ahorro en gestión de inventarios de los repuestos usados en los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon, tal como se muestra en el análisis con el método de cantidad económica a ordenar realizado en el capítulo 1.
3. Mediante el análisis de criticidad aplicado a los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon, se determinó que los componentes críticos son: el alternador y baterías en el sistema eléctrico, debido a la frecuencia de fallas que se presentan, para mitigar las fallas de estos componentes se realizó un análisis de modo y efectos de fallas en donde las acciones

recomendadas surgidas a partir de este análisis se añadieron al plan de mantenimiento preventivo de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon.

4. Con la elaboración de los formatos de análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla, se estima que los demás vehículos que tiene a cargo el taller de maquinaria de ingenio Pantaleon, sean analizados y así se logre planificar acciones de mejora que mitiguen las fallas que los componentes críticos presentan.
5. Mediante el plan de mantenimiento preventivo elaborado a los tractores utilizados en producción agrícola de ingenio Pantaleon, se estima que los tractores aumenten en disponibilidad y confiabilidad, también que el reporte de fallas en los componentes críticos disminuya considerablemente, y conjuntamente con las órdenes de trabajo elaboradas para las actividades de mantenimiento preventivo, se estable un sistema de documentación de las intervenciones realizadas a cada tractor, la cual será de precisa y accesible de manera inmediata.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el método de cantidad económica a ordenar. Para optimizar la gestión de repuestos en tractores utilizados en producción agrícola.
2. Agregar un arrancador de batería o *jump starter* a las herramientas de mantenimiento de tractores. Para permitir resolver problemas de carga de las baterías de manera directa, segura y eficiente, evitando daños y reduciendo costos, así como solicitudes de reemplazo urgente en baterías.
3. Implementar un sistema de detección de sobrecalentamiento en los cables del alternador, como el del anexo 4. Para prevenir daños mayores y costosos en el sistema eléctrico de los tractores.
4. Optar por componentes de marca reconocida y confiable. Para garantizar un rendimiento óptimo para el sistema eléctrico.
5. Implementar guardas de protección en el cableado eléctrico de los tractores. Para evitar daños al cableado durante el lavado de los tractores con agua a presión.
6. Realizar un análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla para los demás vehículos bajo la responsabilidad del taller de maquinaria de Ingenio Pantaleon, utilizando los formatos proporcionados. Para permitir identificar y abordar de manera efectiva los problemas y mejorar la gestión de mantenimiento de los vehículos en el taller de maquinaria.

7. Implementar tareas proactivas en la jornada laboral, incluyendo chequeos y revisiones periódicas de los tractores, control de repuestos para futuros mantenimientos, y enfocarse en reparaciones preventivas en lugar de correctivas. Para así elevar la productividad del equipo técnico.
8. Evaluar la frecuencia de reemplazo del cableado en los tractores debido al deterioro actual. Para permitir reducir las averías y mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico de los tractores.
9. Aplicar medidas de prevención de la sulfatación en las baterías de tractores, como colocar arandelas anticorrosión en las terminales y la posterior aplicación de limpiador en las terminales, como los sugeridos en el apéndice 6 y 7 respectivamente. Para evitar problemas en el arranque los tractores y garantizar un funcionamiento óptimo.

REFERENCIAS

- Aula 21. (s.f.). *Qué es el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*. Aula 21. Centro de formación técnica para la industria: <https://www.cursosaula21.com/que-es-el-mantenimiento-centrado-en-la-confiabilidad-rcm/>
- Contreras, J. (23 de Octubre de 2018). *Gestión y Optimización de Inventarios para Mantenimiento - BIMAN* [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=6IEujlp_1gk
- Contreras, J. (19 de Julio de 2020). *Como Generar Ahorros en el Mantenimiento mediante la Planificación - BIMAN* [video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=p8Ya8YPjIvc&list=PLJ7xuP5K92ETZgTb-LgByc_iG_pP_7xvx&index=6
- Di Prinzio, A., Magdalena, C., & Behemer, S. (2011). *El tractor en cultivos intensivos. Nociones de uso y funcionamiento*. Argentina: Área comunicaciones del INTA Alto Valle.
- Dombroysk, L. (2022). *Orden de trabajo de mantenimiento: La guía completa [2022]*. Tractian: <https://traction.com/es/blog/orden-de-trabajo-de-mantenimiento-la-guia-completa-2022>
- Gonsa qualitat empresarial. (s.f.). *Plan de capacitación eficiente. ¿cómo lograrlo?* Gonsa qualitat empresarial: <https://www.gonsaqualitat.com/gqe-blog/plan-de-capacitacion-eficiente-como-lograrlo>

Heizer, J., & Hender, B. (2009). Administración de inventarios. En *Principio de administración de operaciones* (Séptima ed., págs. 490-494). México: Pearson educación.

INTA. (s.f.). *Manual de mecánica Agrícola*. Buenos Aires: Ministerio de agroindustria.

Lean solutions. (s.f.). *AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla*. Lean solutions: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

Mantenimiento.win. (s.f.). *Que es mantenimiento*. Mantenimiento.win: <https://mantenimiento.win/>

Maquinas Pesadas. (29 de Marzo de 2015). *El tractor. Tipos y componentes*. Maquinarias Pesadas: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1798-manual-tractor-agricola-partes-tipos-componentes>

Mendizabal, A. (s.f.). *¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento preventivo?* Gestión de mantenimiento | Angelmendizabal.com: <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/como-implantar-un-programa-de-mantenimiento-preventivo/>

Mendizabal, A. (s.f.). *Ejemplo práctico para realizar un análisis de criticidad*. Gestión de mantenimiento | Angelmendizabal.com: <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/ejemplo-practico-para-realizar-un-analisis-de-criticidad/>

Nyman, D., & Levitt, J. (2010). *Maintenance planning, coordination and scheduling*. New York: Industrial Press Inc.

Pantaleon. (s.f.). *Nuestra Visión*. Pantaleon: <https://www.pantaleon.com/#vision>

Pantaleon. (s.f.). *Nuestro Propósito*. Pantaleon: <https://www.pantaleon.com/#proposito>

Pantaleon. (s.f.). *Nuestros Valores*. Pantaleon: <https://www.pantaleon.com/#valores>

Predyc. (s.f.). *Curso de planificación en mantenimiento*. Predyc: <https://blog.predyc.com/curso-planificacion-e-mantenimiento/>

Prueba de ruta. (s.f.). *Alternador, partes y principales fallas*. pruebaderuta.com: <https://www.pruebaderuta.com/alternador-partes-y-principales-fallas.php>

Suazo, L. (s.f.). *¿Cómo hacer un plan de mantenimiento?* Obtenido de Tractian: <https://traction.com/es/blog/como-hacer-un-plan-de-mantenimiento>

Tecnología para la industria. (s.f.). *7 pasos para crear un Checklist de mantenimiento preventivo eficaz*. Obtenido de Tecnología para la industria: <https://tecnologiaparalaindustria.com/7-pasos-para-crear-un-checklist-de-mantenimiento-preventivo-eficaz/>

Tractian. (2022). *Mantenimiento preventivo la guía definitiva*. 5-7, 10-13. Tractian: <https://traction.com/es/guias/mantenimiento-preventivo#forms>

Universidad Agrícola. (s.f.). *Clasificación de los Tractores Agrícolas*. Universidad Agrícola: <https://universidadagricola.com/clasificacion-de-los-tractores-agricolas/>

Vallejos, A. G. (s.f.). *El tractor agrícola*. Spain Documents: <https://documents.es/document/capitulo-5-el-tractor-agrcola-tractor-agrcolael-tractor-esta-equipado-con.html?page=1>

Yuasa. (s.f.). *Características de las baterías y diagnóstico de las averías*. Yuasa: <https://www.yuasa.es/informacion/automocion-comercial-servicios-nautica/caracteristicas-de-las-baterias-y-diagnostico-de-las-averias/>

[illegible]

Continuación de apéndice 1

[illegible]

Age Group	Percentage
18-24	15%
25-34	20%
35-44	25%
45-54	20%
55-64	15%
65-74	10%
75-84	5%
85+	5%

251

Apéndice 2. Taller de maquinaria de ingenio Pantaleon



Nota. Taller de maquinaria de ingenio Pantaleon, espacio asignado para las intervenciones de mantenimiento de los tractores agrícolas. Elaboración propia.

Apéndice 3. Intervención reactiva a camión contraincendios



Nota. Intervención reactiva a camión contraincendios en campo por falla en batería, el modo de falla detectado fue sulfatación en las terminales, se procedió a realizar limpieza en las terminales de la batería para solventar la falla. Elaboración propia.

Apéndice 4. Análisis de modo y efecto

Nombre del componente	Batería	Fuente	Severidad	Posible causa de falla	Ocurrencia	Control	Detección	Número de prioridad de riesgo (PNR)	Riesgo de falla real	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	Número de prioridad de riesgo (PNR)
Modo de falla	Efecto de falla													
Sulfatación	La sulfatación se manifiesta como un delgado recubrimiento blanco a gris en la placa positiva y un fondo negro en la placa negativa. Alguna vez, cuando se desconecta la batería, se puede observar un olor fuerte al azufre.	Muy alto	El producto, al estar almacenado por un tiempo prolongado, puede sufrir de sulfatación, lo que reduce su capacidad de almacenamiento.	1 en 8	Inspección visual, no frecuente.	Indicando	320.00	Riesgo de falla medio	Al momento de cargar la batería durante la inspección visual se observó un ligero recubrimiento blanco en la placa positiva y un fondo negro en la placa negativa. Se recomienda lavar la batería con agua limpia y secarla con un paño limpio. Se debe evitar el contacto con el ácido.	Muy alto	1 en 20	Alto	320.00	
	Al analizar que la batería estaba cargada en el CTE cuando se cargó a 14V, los indicadores internos del motor de la batería de la batería. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V.	Muy alto	Si una batería se somete a descargas profundas, ésta se debilita y su capacidad de almacenamiento se reduce. Esto puede ser causado por un uso prolongado de la batería en condiciones de carga profunda.	1 en 80	Descartar la batería para comprobar el nivel de electrolito y verificar el nivel de electrolito. Si el nivel de electrolito es bajo, se debe agregar agua destilada.	Indicando	340.00	Riesgo de falla medio	Verificar que la capacidad de la batería sea la adecuada para su uso. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda.	Muy alto	1 en 80	Muy alto	340.00	
Sobrecarga	La batería se sobrecarga cuando se carga a 14V y se cargó a 14V. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V.	Alto	Si el regulador de voltaje no funciona correctamente, la batería se sobrecarga y se debilita. Esto puede ser causado por un uso prolongado de la batería en condiciones de carga profunda.	1 en 80	Se debe verificar el nivel de electrolito y verificar el nivel de electrolito. Si el nivel de electrolito es bajo, se debe agregar agua destilada.	Alto	320.00	Riesgo de falla medio	Se recomienda que el regulador de voltaje sea el adecuado para su uso. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda.	Alto	1 en 80	Casi seguro	42.00	
	Si la batería no recibe suficiente carga, ésta se debilita y se reduce su capacidad de almacenamiento. Esto puede ser causado por un uso prolongado de la batería en condiciones de carga profunda.	Muy alto	Si la batería no recibe suficiente carga, ésta se debilita y se reduce su capacidad de almacenamiento. Esto puede ser causado por un uso prolongado de la batería en condiciones de carga profunda.	1 en 8	Se debe verificar el nivel de electrolito y verificar el nivel de electrolito. Si el nivel de electrolito es bajo, se debe agregar agua destilada.	Casi seguro	64.00	Riesgo de falla bajo	Revisar que el alternador entregue la carga adecuada para su uso. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda.	Muy alto	1 en 8	Casi seguro	64.00	
Carga insuficiente	La batería se carga insuficientemente cuando se carga a 14V y se cargó a 14V. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V. Cabe mencionar que la batería se cargó a 14V y se cargó a 14V.	Moderado	Un mal ajuste de los cables en la batería puede causar corrosión electrolítica. Esto puede ser causado por un uso prolongado de la batería en condiciones de carga profunda.	1 en 20	Se debe verificar el nivel de electrolito y verificar el nivel de electrolito. Si el nivel de electrolito es bajo, se debe agregar agua destilada.	Casi seguro	42.00	Riesgo de falla bajo	Revisar que la conexión de los cables en la batería sea la adecuada para su uso. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda.	Moderado	1 en 20	Casi seguro	42.00	
	La corrosión electrolítica se manifiesta como un delgado recubrimiento blanco a gris en la placa positiva y un fondo negro en la placa negativa. Alguna vez, cuando se desconecta la batería, se puede observar un olor fuerte al azufre.	Moderado	La corrosión electrolítica se manifiesta como un delgado recubrimiento blanco a gris en la placa positiva y un fondo negro en la placa negativa. Alguna vez, cuando se desconecta la batería, se puede observar un olor fuerte al azufre.	1 en 20	Se debe verificar el nivel de electrolito y verificar el nivel de electrolito. Si el nivel de electrolito es bajo, se debe agregar agua destilada.	Casi seguro	42.00	Riesgo de falla bajo	Revisar que la conexión de los cables en la batería sea la adecuada para su uso. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda. Se debe evitar el uso de la batería en condiciones de carga profunda.	Moderado	1 en 20	Casi seguro	42.00	

Nota. Análisis de modo y efecto de falla de las baterías de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 5.
 Análisis de modo y efecto de falla

Analisis de modos y efectos de fallas												
Nombre del componente	Alternador	Función	Es el elemento del circuito eléctrico del vehículo que tiene como misión transformar la energía mecánica en energía eléctrica, proporcionando así suministro eléctrico durante la marcha del vehículo.					Evaluación de mejora				
Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Posible causa de falla	Ocurencia	Control	Detección	Número de prioridad de riesgo (NPR)	Acciones recomendadas	Severidad	Ocurencia	Detección	Número de prioridad de riesgo (NPR)
Cableado Dañado	El alternador tiene dos juegos de bobinas. Un conjunto de cables se envía alinductor del rotor, que gira dentro del alternador. Estos devanados producen un campo magnético que induce la corriente en los otros devanados (bobinas de la bobina de la bobina o estator). La rotura o el daño de uno de los cables individuales del rotor o del estator puede reducir la corriente de salida del alternador o hacer que se detenga por completo. El cableado del alternador puede ser dañado por un problema de conexión, como un cable suelto o una conexión que suministra tensión al rotor y conducen la corriente desde las bobinas de campo al sistema eléctrico. Si una de las conexiones está defectuosa (suelta, corroída o dañada), puede interrumpir la alimentación del generador.	peligroso; sin alarma	Conexiones defectuosas (sueltas, corroídas, dañadas o sobrecalentadas)	1 en 80	No existe	Casi imposible	600.00	En cada mantenimiento programado comprobar la salud de tensión entre los terminales. Colocar un sistema de detección que indique cualquier problema de cableado, ya que esto es uno de los fallas más recurrentes.	peligroso; sin alarma	1 en 80	Alto	180.00
Rodamientos en Mal Estado	Los rodamientos del eje que hace girar el rotor del alternador pueden desgastarse con el tiempo. Los cojinetes desgastados pueden producir un ruido (ruidoso o chirrido) y reducir el rendimiento. Si el alternador se atascara, la correa tensora no podrá hacer fuerza.	Alto	Los daños en los rodamientos también pueden ser causados por la suciedad o el agua. Conducir el vehículo en agua lo suficiente puede dañar los cojinetes del alternador y posiblemente las escobillas y la electrónica interna. El agua también puede causar corrosión. La suciedad dañada el	1 en 20	Inspección sonora hasta prestar fallas	Casi imposible	490.00	En cada mantenimiento programado revisar los cojinetes no se encuentran lubricados, los cojinetes desgastados desmontando al alternador y colocando cojinetes nuevos.	Alto	1 en 20	Modératame no Alto	190.00
Correa/faja rota	Los alternadores utilizan la potencia mecánica de una correa y una polea para generar la energía eléctrica del vehículo. El problema es que la correa y las poleas no son inmortalas. Con el tiempo, las poleas y las correas se desgastan y se rompen. Si la correa se rompe, el alternador no puede funcionar. Las correas son más ligeras y se rompen después de estirarse lo suficiente. Si cualquiera de estas cosas sucediere, no se generaría energía mecánica para que el alternador la convirtiera en energía eléctrica.	Alto	Faja rota o estirada	1 en 20	Inspección visual hasta prestar fallas	Casi imposible	490.00	En cada mantenimiento programado revisar la faja para comprobar que no se encuentren desgastados, de ser el caso reemplazarlos	Alto	1 en 20	Modératame no Alto	190.00
Diodos Rectificadores en Mal Estado	El rectificador consta de tres pares de diodos (6 en total) que convierten la corriente alterna (CA) del alternador en la corriente continua (CC). Un diodo dañado puede fallar en la conducción de la corriente, causando una pérdida de energía. Si la corriente alterna no puede fluir a través de la energía de CA al sistema eléctrico del vehículo, cuando las ondas de tensión que penden interrumpir el funcionamiento normal de algunos módulos de a bordo. Un diodo con fugas también puede filtrar una pequeña cantidad de corriente a la batería cuando el motor está apagado, haciendo que la batería se descargue cuando el coche no está en uso.	peligroso; sin alarma	Las altas temperaturas y las altas cargas de corriente pueden dañar los diodos con el tiempo y hacer que fallen. Los diodos pueden sobrecalentarse si el alternador se utiliza demasiado tiempo. El exceso de corriente de aire a través del alternador puede ser suficiente para evitar el sobrecalentamiento de los diodos. Esto suele ocurrir cuando la temperatura del aire exterior es alta y el motor está al ralentí durante mucho tiempo con el aire acondicionado, los faros, la radio, etc. encendidos.	1 en 20	Se miden las polaridades de la placa de bornes, hasta prestar alguna falla	Moderado	350.00	En cada mantenimiento programado comprobar que los diodos o puente rectificador no se encuentren en corto (que no marque continuidad entre sus extremos)	peligroso; sin alarma	1 en 20	Alto	210.00
Fusible defectuoso	Algunos vehículos usan fusibles para mantener el alternador en funcionamiento. Si un fusible se quemara después de un tiempo o cuando hay una sobretensión. En estos casos, el alternador fallaría y la batería no se cargaría.	Muy Alto	Fusible fundido (500 AMP)	1 en 20	Medición cuando indique el sistema de control del motor de la batería	Moderado	280.00	En caso de encontrar el fusible fundido que mantiene en funcionamiento al alternador reemplazarlo	Muy Alto	1 en 20	Alto	188.00
Escobillas Dañadas	Las escobillas del alternador están en contacto directo con los anillos de contacto del eje del rotor. Esto permite que la corriente fluya hacia el rotor, para que el generador pueda generar energía. Si las escobillas y/o los anillos de contacto están desgastados, corroídos o quemados, se interrumpirá el flujo de corriente, lo que reduce la potencia del generador.	De menor importancia	Escobillas y/o los anillos de contacto están desgastados, corroídos o quemados	1 en 20	Inspección visual hasta prestar fallas	Casi imposible	210.00	En cada mantenimiento programado revisar las escobillas para comprobar que no se encuentran desgastados, de ser el caso reemplazarlos	De menor importancia	1 en 20	Alto	63.00

Nota. Análisis de modo y efecto de falla de los alternadores de los tractores agrícolas de ingenio Pantaleon. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 6. Arandelas propuestas para evitar exceso



Nota. Arandelas propuestas para evitar exceso de sulfatación en las terminales de las baterías de los tractores de ingenio Pantaleon. Elaboración propia.

Apéndice 7. Protector y sellador propuesto para evitar exceso de sulfatación



Nota. Protector y sellador propuesto para evitar exceso de sulfatación en las terminales de las baterías de los tractores de ingenio Pantaleon. Elaboración propia.

Apéndice 8. Factura de arandelas y protector propuestas

CEMACO
Nuevos Almacenes, S.A.
CEMACO ESCUINTLA
Kilometro 60 Centro Comercial Interplaza
Escuintla de la Autopista que Conduce de
Escuintla a Escuintla Escuintla
NIT: 2237591-3
DOCUMENTO TRIBUTARIO ELECTRONICO
FACTURA ELECTRONICA
Caja: 31006 Trans: 26442
Cajero: JORGE DANIEL ARRIVILLAGA MONTOYA

DESCRIPCION

121131	1 P.U.	16.99	
ARANDELAS ANTICORROSIVAS VIC			16.99
621768	1 P.U.	42.99	
PROTECTOR DE TERMINALES 5 ON			42.99

Articulos:	2
SUBTOTAL:	59.98
TOTAL FACTURADO:	59.98
TARJETA:	59.98

Serie: F75B33DC
Numero: 3354807742
Fecha: 15/12/2022 11:52
Cliente: EDUARDO XAJIL
Direccion: CIUDAD
Nit: 8408380-8

Nota. Factura en donde se puede observar los precios de las arandelas y el protector propuestas para evitar exceso de sulfatación en las terminales de las baterías de los tractores de ingenio Pantaleon. Elaboración propia.

Apéndice 9. Factura de cinta termosensible propuesta

DOCUMENTO TRIBUTARIO ELECTRONICO

C E L A S A
DE TODO EN ELECTRICIDAD

Celasa, Ingeniería y Equipos, S.A.
NIT 153916-7
AVENIDA PETAPA 40-19 ZONA 12
GUATEMALA GUATEMALA

FACTURA
Serie: 811109ED - Numero: 3788391317
Numero de Autorizacion
811109ED-E1CE-4395-A0BC-1DE4E15FB298

Fecha: 19/11/2022

DATOS DEL COMPRADOR
N.I.T.: 84083808
Nombre: XAJIL,CUY,,JOS ,CARLOS EDUARDO
Direccion: .

VI265 JORGE TOBAR
18834475 09:04:22

DESCRIP	CANT	P.U.	P.TOTAL
THE0001	1	56.00	56.00
STICKER AUTOADHESIVO TERMOSENSIBLE (CAJA 6U) 'TH ERMOALERT'			
Total :			56.00

CINCUENTA Y SEIS QUETZALES EXACTOS

SUJETO A PAGOS TRIMESTRALES
Agente de Retencion del IVA

DATOS DEL CERTIFICADOR
NIT : 5640773-4
GUATEFACTURAS SOCIEDAD ANONIMA

DATOS ADICIONALES
Numero de Acceso
Serie Admin C103-C0
Numero Admin 151663

Revise la mercaderia antes de retirarse
No se aceptan devoluciones despues de 5
dias de emitida la factura.
La mercaderia viaja por cuenta y riesgo
del comprador.

CANCELADO

Ahora mas facil y rapido llame al 1741
OFICINAS CENTRALES : 2270-7377
www.celasa.com.gt www.celasa.com.gt
www.celasa.com.gt

PETAPA

Nota. Factura en donde se puede observar los precios de la cinta termosensible propuesta como sistema de detección de sobrecalentamiento para el cableado de los alternadores de los tractores de ingenio Pantaleon. Elaboración propia.

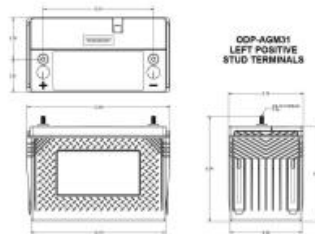
[illegible]

Anexo 2. Ficha técnica de las baterías usadas en los tractores

ODYSSEY
BATTERY



Drawings & Terminal Position



Handling and Storage

- Can be mounted or stored in any orientation except inverted
- 2-years storage life at 77°F (25°C) without needing to charge. Recharge when the OCV is <12.2V (50% SOC).
- Classified as non-spillable and approved as non-hazardous cargo for ground, sea and air transportation in accordance with the requirements of IMDG (International Maritime code for Dangerous Goods) and ICAO (International Civil Aviation Organisation)

Charging and Self-Discharge

Type of charging curve	IUU
Charger voltage at 68°F (20°C)	14.4V to 14.8V
Self-discharge per month at 68°F (20°C)	1.25%
Self-discharge per month at 104°F (40°C)	5%
80% depth of discharge cycles	400

PDF Generated at <https://www.odysseybattery.com>
05/02/2023 20:29:20
Information correct at time of exporting PDF. Please check website for updates.

Technical Data Sheet

ODP-AGM31

(31-925S)

Battery Type

- Group 31, stainless steel 3/8" posts
- Absorbed Glass Mat (AGM) with Thin Plate Pure Lead (TPPL)
- Advanced dual purpose battery for engine start and deep cycle use

Power and Performance

Voltage	12V
Pulse (5 second) Hot Cranking Amps (PHCA)	1750A
Cold Cranking Amps (CCA)	925A
HCA	1325A
MCA	1150A
20Hr Nominal Capacity (Ah)	100Ah
10Hr Nominal Capacity (Ah)	92Ah
Reserve Capacity Minutes	200 mins
Terminal	3/8-16" Stud
Torque Spec in-lbs (Nm max)	200 (22.6)
Internal Resistance (mΩ)	2.6 mΩ
Short Circuit (A)	2600A

Dimensions and Weight

Length	13 in / 330 mm
Width	6.8 in / 173 mm
Height (terminals included)	9.6 in / 244 mm
Height (container)	8.6 in / 218 mm
Weight	69.5 lbs / 31.5 kg

Temperature

Operating temperature range	-40°F / -40°C to 140°F / +60°C
Optimum storage temperature	68°F / +20°C

Accreditations

The management systems governing the manufacture of this product are ISO 9001 and ISO 14001 certified.

*Cold Start Performance S.A.E. J537 Apr 2016



EnerSys World Headquarters
2365 Bernville Road
Reading, PA 19605, USA
Tel: +1-800-964-2837

EnerSys EMEA
EH Europe GmbH
Baarenstrasse 18
6300 Zug, Switzerland

EnerSys Asia
152 Beach Road
#11-08 Gateway East
Building
Singapore 189721
Tel: +65 6416 4800

Want more info?
Scan code to access
the ODYSSEY Battery
Literature Library



© 2023 EnerSys. All rights reserved. Trademarks and logos are the property of EnerSys and its affiliates unless otherwise noted. Subject to revisions without prior notice. E&OE.
Date Downloaded: May 2, 2023

www.odysseybattery.com
www.enersys.com

Nota. Especificaciones técnicas de las baterías usadas en los tractores de ingenio Pantaleon. Obtenido de Odyssey Battery (2022). *Odyssey performance battery, ODP-AGM31.* (<https://www.odysseybattery.com/products/odp-agm31-battery-31-925s/>). Consultado el 23 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 3. Ficha técnica del protector y sellador propuesto

		Toll Free: 87 PERMATEX (877-376-2839) 10 Columbus Blvd., Hartford, Connecticut 06106 6875 Parkland Boulevard, Solon Ohio 44139	Technical Data Sheet Permatex® Battery Protector & Sealer INDUSTRIAL												
PRODUCT DESCRIPTION S.I.N.: 834-300 Permatex® Battery Protector & Sealer is an aerosol product for sealing and coating the terminals of a battery and eliminating the formation of acid salt corrosion that is typically found when terminals are untreated.		GENERAL INFORMATION This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected for use with chlorine or other strong oxidizing materials. For safe handling information on this product, consult the Material Safety Data Sheet, (MSDS).													
PRODUCT BENEFITS - Prevents terminal corrosion - Prevents battery drain - Increases battery life - Improves electrical flow		ORDERING INFORMATION <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part Number</th> <th>Container Size</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80370 (SA-9)</td> <td>6 oz. aerosol can</td> </tr> </tbody> </table>		Part Number	Container Size	80370 (SA-9)	6 oz. aerosol can								
Part Number	Container Size														
80370 (SA-9)	6 oz. aerosol can														
TYPICAL APPLICATIONS - Batteries - Cables - Terminals		STORAGE Products shall be ideally stored in a cool, dry location in unopened containers at a temperature between 8 to 28 C (46 to 82 F) unless otherwise labeled. Optimal storage is at the lower half of this temperature range.													
DIRECTIONS FOR USE - Provide adequate ventilation. - Clean parts to be treated with Permatex® Battery Cleaner. - Shake can with ball agitator for one minute. For best results, aerosol can should be at room temperature before spraying. - Holding can 8 to 10 inches from the surface to be coated, press the nozzle and discharge the product onto the terminal areas. The product discharges as a heavy film. - For best results, apply two light coats. Note: Enough aerosol product to coat terminals on 25 batteries		NOTE The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. Permatex, Inc. specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Permatex, Inc. products and disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.													
For Cleanup - Turn can upside-down and spray to clear nozzle. - Clean hands with Permatex® brand hand cleaners.															
PROPERTIES OF MATERIAL <table> <tr> <td>Chemical Type</td> <td>Typical Value</td> </tr> <tr> <td>Appearance</td> <td>Silicone grease</td> </tr> <tr> <td>Odor</td> <td>Purple film</td> </tr> <tr> <td>Flash Point,</td> <td>Solvent</td> </tr> <tr> <td>NFPA 704 Flammability Rating</td> <td>Aerosol, contents under pressure, consult MSDS</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 (Highly flammable)</td> </tr> </table>		Chemical Type	Typical Value	Appearance	Silicone grease	Odor	Purple film	Flash Point,	Solvent	NFPA 704 Flammability Rating	Aerosol, contents under pressure, consult MSDS		4 (Highly flammable)		
Chemical Type	Typical Value														
Appearance	Silicone grease														
Odor	Purple film														
Flash Point,	Solvent														
NFPA 704 Flammability Rating	Aerosol, contents under pressure, consult MSDS														
	4 (Highly flammable)														
NOT FOR PRODUCT SPECIFICATIONS. THE TECHNICAL DATA CONTAINED HEREIN ARE INTENDED AS REFERENCE ONLY. PLEASE CONTACT PERMATEX, INC. TECHNICAL SERVICE DEPARTMENT FOR ASSISTANCE AND RECOMMENDATIONS FOR YOUR SPECIFIC APPLICATION. PERMATEX, INC., HARTFORD SQUARE NORTH, 10 COLUMBUS BOULEVARD, HARTFORD, CT 06108 PHONE - (1-877-PERMATEX) Revised 10/02															

Nota. Especificaciones técnicas del protector y sellador propuesto para evitar exceso de sulfatación en las baterías de los tractores de ingenio Pantaleon. Obtenido de Permatex (2022). Sellador y protector de batería Permatex. (<https://www.permatex.com/products/specialized-maintenance-repair/body-underhood/permatex-battery-protector-sealer-5-oz/>). Consultado el 12 de diciembre de 2022. De dominio público.

Anexo 4. Ficha técnica de cinta termosensible

¿QUÉ SON?

Adhesivos cuya función principal es alertar visualmente los sobrecalentamientos en conductores / cables provocados por los fallos eléctricos como el falso contacto, la sobrecarga de línea o el desbalance eléctrico.

Funciona por medio de un cambio de color de negro a naranja fluorescente al superar los 60°C, permitiendo alertar a cualquier persona de la existencia de una falla eléctrica previa a provocarse una catástrofe.

BENEFICIOS

- Asegurar la disponibilidad de producción alimentando a las programadas.
- Permitir realizar mantenimientos rápidos a fallas.
- Contribuir a la eficiencia en mantenimiento.
- Evitar mayores costos de reparación al prevenir incidentes eléctricos.

FUNCIONAMIENTO

- Diseñado para instalarse en cualquier cable o conductor eléctrico, tanto a conexión a cualquier sistema existente.
- Efecto reversible e irreversible para prevención de mantenimiento y control de puntos críticos.
- Se coloca inmediatamente en cualquier problema y secundario de potencia y control.

TIPOS DE FALLAS ELÉCTRICAS

SUB DIMENSIONAMIENTO

SOBRECARGA DE LÍNEA

DESBALANCE

FALSO CONTACTO

INSTALACIÓN

1. Limpieza del cable con alcohol.
2. Aplicación de la cinta termosensible.
3. Retiro de la cinta termosensible.
4. Aplicación de la cinta termosensible.
5. Retiro de la cinta termosensible.

VENTAJAS

OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

DISPONIBILIDAD DEL 7 DE EQUIPO

FAVORABLE DETECCIÓN DE FALLAS ELÉCTRICAS

EFICIENCIA EN MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN

THERMOALERT® SECURE-BUILDING es un producto predictivo eléctrico tipo autoadhesivo de alta resistencia con tinta sensible a sobrecalentamientos. Esta especialmente diseñado para cambiar de color negro a color naranja fluorescente a los 60°C / 140°F, haciendo visible la falla eléctrica. Su diseño es único e instalable en cualquier barra conductora, diámetro de cable conductor. El accionamiento de cambio de color reacciona únicamente por cambio de temperatura sin importar el voltaje o amperaje del equipo eléctrico al cual está adherido, (resistente a todo tipo de voltaje).

MATERIAL
Poliéster / microfibra (material dieléctrico), dimensionalmente estable, altamente cargado, de una sola capa. Su composición lo convierte en un material orgánico no abrasivo en un 80% de peso y el 65% del volumen en aire. La naturaleza porosa del material lo hace un excelente dieléctrico resistente a altas temperaturas, voltajes y altamente flexible.

TIPO Poliéster / microfibra

COLOR F Blanco

PESO 115 g/m² a 10%

ESPESOR 170 µm a 10%

MATERIAL TERMOSENSIBLE

Este producto contiene pigmento capaz de cambiar su tonalidad de color con respecto a la temperatura (unimodal). Su comportamiento reversible cambia de tonalidad a naranja a partir de los 50°C / 122°F y a naranja fluorescente a partir de los 60°C / 140°F. La exposición directa a los rayos UV y algunas luces fluorescentes degradarán la intensidad de reacción y dañará las características de cambio de color. Larga exposición a temperaturas mayores a 85°C / 185°F causarían efecto irreversible.

Este producto contiene químicos no volátiles ni inflamables y no son requeridos para ser listados en la Sección II de OSHA, Hazard Communication Standard 29 CFR 1908.0. Debe almacenarse en lugares frescos sin exposición a luz solar directa.

COLOR ADHESIVO	TEMPERATURA	EFFECTO REVERSIBLE DE COLOR	EFFECTO IRREVERSIBLE DE COLOR
Blanco	50°C / 122°F	Si	No
Naranja	60°C / 140°F	Si	No
Naranja fluorescente	85°C / 185°F	No	Si

ADHESIVO

El producto THERMOALERT® SECURE-BUILDING cumple con las normas para uso en alimentos BG/IV y también está aprobado para contacto directo sobre la piel humana. Posee un adhesivo de alta adhesión en sustratos apolares tales como el polietileno y el polipropileno con pruebas en varios tipos de superficies. También posee aplicaciones en la gama alta en metales rígidos o semirígidos.

REFERENCIA Adhesivo especializado

TIPO ADHESIVO Adhesivo Acrílico

TEMPERATURA DE OPERACIÓN -40 °C / +150 °C

COHESIÓN A 10.0 N [unche]

PREL ADHESIVO Revestimiento plástico 26.5 N [unche] Aluminio y cobre

LOUP TACK Revestimiento plástico 17 N [unche] Aluminio y cobre

*Pruebas realizadas mediante procedimiento FPMAT

VIDA UTIL

La vida útil del producto THERMOALERT® SECURE-BUILDING es de 24 meses dentro de su empaque original. Una vez aplicado el producto, se recomienda reemplazarlo cada 18 meses (tomando en cuenta una óptima instalación sin errores de aplicación ni sujeción).

MARCA	LÍNEA	NÚMERO DE PIEL
1	THERMOALERT®	Secure Building

DESCRIPCIÓN

MARCA: THERMOALERT®
LÍNEA: Secure Building

Autoadhesivos termosensibles para la detección de fallas eléctricas o "Puntos calientes" en toda conexión de paneles eléctricos de potencia y control, barra y cables conductores.

b. Presentación de 5, 25, 50 y 75 autoadhesivos termosensibles con cambio de color a 50°C y 60°C.

c. Cantidad: 75 Unidades (TASB-1)

d. Cambio de color en alerta: Negro – Naranja fluorescente

APROBACIONES

1. REACH Compliant
2. RoHS Directive 2002/95/EC Compliant
3. UL and CSA compliance
 - a. UL recognized acc. To UL969
 - b. CSA recognized acc. To UL C22.2 No. 0.15
4. Prueba de resistencias aprobadas sin cambios en:
 - a. Aceite de freno, aceite de motor, diésel, agua destilada, agentes químicos de limpieza, cloro y amoníaco.

Nota. Especificaciones técnicas del sistema propuesto de detección de sobrecalentamiento para el cableado de los alternadores de los tractores de ingenio Pantaleon. Obtenido de Thermo Alert (2022). *Detección efectiva de puntos calientes en conexiones industriales, residenciales y comerciales.* (<https://www.thermoalert.com/secure-building>). Consultado el 17 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 5. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6425

REPLACEMENT PARTS GUIDE

6 Series - 6425 Tractor (Mexico Edition)

ENGINE



PRIMARY FUEL FILTER
RE515335



SECONDARY FUEL FILTER
RE62419

Replace after every 250 hours.
Replace as required.



PRIMARY AIR FILTER
AL172780



SECONDARY AIR FILTER
AL159289

Replace after every 1500 hours
or 2 years (whichever comes
first) or after 5 cleanings of the
primary element. change as
required.



OIL FILTER
RE504836

Change after first 100 hours then
after every 250 hours. (when
using John Deere PLUS-50™
Engine Oil service time is after
500 hours.)



TRANSMISSION



OIL FILTER
AL221066

Replace after first 100 hours
then after 500 hours or
annually.

HYDRAULIC



OIL FILTER
AL169573

Replace after first 100 hours
then after 500 hours or annually.

Apr 2022. Release Date.



JOHN DEERE
Genuine Parts and Service

CLICK PART NUMBER TO BUY

*See operator's manual for additional details.

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6425. Obtenido de John Deere (2022). 6 series – 6425 tractor (Mexico edition) replacement parts guide. (https://partscatalog.deere.com/jdrcservices/v1/image/getAttachment/6_Series_6425_Tractor_Mexico_Edition_Replacement_Parts_Guide?a=11376345&br=1179&locale=es-ES). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 6. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere



Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6105J y 6155J. Obtenido de John Deere (2022). 6 series –6105J, 6140J, 6140JH, 6155J and 6155JH tractors filter overview with service intervals and capacities. (https://partscatalog.deere.com/jdrc-services/v1/image/getAttachment/6J_Series_6105J_6140J_6140JH_6155J_and_6155JH_Tractors_Filter_Overview_with_Service_Intervals_and_Capacities?a=4368567&br=1179&locale=es-ES). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 7. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6140M

REPLACEMENT PARTS GUIDE
6M Final Tier 4 (FT4) MY20 Series Tractors – 6130M, 6140M, 6145M

ENGINE	CAB
DEF LINE FILTER DZ110513 Replace after every 4500 hours or 3 years, whichever occurs first.	FRESH AIR FILTER (QTY 2) AL225552 Replace after every 1500 hours, or 2 years, or with Engine Primary Air Filter, whichever occurs first.
DEF INJECTION PUMP FILTER DZ114640 Replace after every 4500 hours or 3 years, whichever occurs first.	(ACTIVATED CARBON KIT) AL158986 Never clean. Replace after every 500 hours or 1 year or with Engine Primary Air Filter, whichever occurs first.
PRIMARY FUEL FILTER - DZ115389 FINAL FUEL FILTER - DZ115390 Replace after every 500 hours.	RECIRCULATION AIR FILTER (QTY 2) L214634 (Cellulose) RECIRCULATION AIR FILTER (QTY 2) TY27779 (Anti-Allergen) Replace after every 1500 hours, or 2 years, or with Engine Primary Air Filter, whichever occurs first.
SECONDARY AIR FILTER - AL215054 Replace at every fourth change of Primary Air Filter, or after 4500 hours or 2 year, whichever occurs first.	(ACTIVATED CARBON KIT) AL158986 Never clean. Replace after every 500 hours or 1 year or with Engine Primary Air Filter, whichever occurs first.
PRIMARY AIR FILTER AL215055 (6130M - 6140M) AL215053 (6145M) Replace after every 1500 hours, or 2 years whichever occurs first, or if the relevant information is displayed on the CommandCenter™.	HYDRAULICS OIL FILTER AL232896 Replace after first 100 hours then after first 500 hours and every 500 hours thereafter. Change Transmission Oil Filter as well.
FRONT PTO OIL FILTER DE30500 Replace after every 500 hours.	TRANSMISSION OIL FILTER AL221066 Replace after first 100 hours then after first 500 hours and every 500 hours thereafter. Change Transmission Oil Filter as well.
CRANKCASE VENTILATION FILTER DZ105100 Replace after every 500 hours.	
OIL FILTER - RE504636 Replace after first 100 hours and every 500 hours thereafter or annually. The extended 500 hour interval is only allowed if using Plus-50™ II oil, JD OEM Oil Filter and diesel fuel with sulfur content less than 15mg/kg (15 ppm). Change Oil and Filter after every 250 hours, if conditions are not met.	

JOHN DEERE
 Genuine Parts and Service

Apr 2022. Release Date. CLICK PART NUMBER TO BUY
*See operator's manual for additional details.

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6140M. Obtenido de John Deere (2022). 6M final tier 4 (FT4) MY20 series tractors – 6130M, 6140M, 6145M replacement parts guide. ([https://partscatalog.deere.com/jdrc-services/v1/image/getAttachment/6M Final Tier 4 FT4 MY20 Series Tractors 6130M 6140M 6145M Replacement Parts Guide?a=10603026&br=1179&locale=es-ES](https://partscatalog.deere.com/jdrc-services/v1/image/getAttachment/6M%20Final%20Tier%204%20FT4%20MY20%20Series%20Tractors%206130M%206140M%206145M%20Replacement%20Parts%20Guide?a=10603026&br=1179&locale=es-ES)). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 8. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6170M

FILTER OVERVIEW WITH SERVICE INTERVALS AND CAPACITIES
6M iT4 Series Tractors - 6105M, 6115M, 6125M, 6140M, 6150M and 6170M

ENGINE
OPEN CRANKCASE VENTILATION (OCV) FILTER –
[DZ105100](#) (W/ DIESEL OXIDATION CATALYST AND DIESEL PARTICULATE FILTER)
[DZ105796](#) (W/ DIESEL OXIDATION CATALYST)
Replace after every 1500 hours or 2 years, whichever occurs first.

ENGINE
SECONDARY AIR FILTER – [AL215054](#)
Replace at every fourth change of Primary Air Filter, or after 4500 hours or 5 years, whichever occurs first.

ENGINE
PRIMARY AIR FILTER –
[AL215055](#) (6105M, 6115M, 6125M)
[AL215053](#) (6140M, 6150M, 6170M)
Replace after every 1500 hours or 2 years, whichever occurs first. Change Cab Air Filters as well.

TRANSMISSION
OIL FILTER – [AL221066](#)
Replace after first 100 hours, then after first 750 hours and every 750 hours thereafter. Change Hydraulic Oil Filter as well.

HYDRAULICS
OIL FILTER – [AL169573](#)
Replace after first 100 hours, then after first 750 hours and every 750 hours thereafter. Change Transmission Oil Filter as well.
(Click here for [capacity](#))

ENGINE
OIL FILTER –
[RE504836](#) (6105M, 6115M, 6125M, 6140M)
[RE539279](#) (6150M, 6170M)
Replace after first 100 hours, then after first 500 hours and every 500 hours thereafter or annually, whichever occurs first.
The extended 500 hour interval is only allowed if using Plus-50™ II oil, JD OEM Oil Filter and diesel fuel with sulfur content less than 15mg/kg (15 ppm).
Change Oil and Filter after every 250 hours, if conditions are not met.
(Click here for [capacity](#))

ENGINE
DIESEL PARTICULATE FILTER
[RE551147](#) (6105M, 6115M, 6125M)
[RE551148](#) (6140M, 6150M, 6170M)
Replace within 250 hours after exhaust filter and warning light indicators are alerted on display.

CAB
AIR FILTER W / AC – [L214634](#) (Qty.2)
AIR FILTER W/O AC – [L152026](#) (Qty.2)
FRESH AIR FILTER – [AL225552](#) (Qty.2)
Clean as required. Replace after every 1500 hours, or 2 years, or with Engine Primary Air Filter, whichever occurs first.

ENGINE
FUEL / WATER SEPARATOR –
[RE546336](#) (6105M, 6115M, 6125M, 6140M)
[RE541922](#) (6150M, 6170M)
Replace after every 500 hours.

ENGINE
FUEL FILTER –
[RE544394](#) (6105M, 6115M, 6125M, 6140M)
[RE541925](#) (6150M, 6170M)
Replace after every 500 hours.

JOHN DEERE
Genuine Parts and Service

November 2020. Subject to change without notice.

Apr 2021. Release Date.

https://www.deere.com/en_US/parts/parts_by_industry/ag/fm/filter_maintenance_information.page

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 6170M. Obtenido de John Deere (2022). 6M final tier 4 (FT4) MY20 series tractors - 6105M, 6115M, 6125M, 6140M, 6150M and 6170M filter overview with service intervals and capacities. (https://partscatalog.deere.com/jdrcservices/v1/image/getAttachment/6M_Series_Tractors_iT4_6105M_6115M_6125M_6140M_6150M_and_6170M_Filter_Overview_with_Service_Intervals_and_Capacities?a=1878932&br=1179&locale=es-ES). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 9. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere

REPLACEMENT PARTS GUIDE
7R Final Tier 4 (FT4) Series Tractors (080001-110100) – 7210R, 7230R, 7250R, 7270R, 7290R and 7310R
FILTER OVERVIEW WITH SERVICE INTERVALS

AIR DRYER	HYDRAULIC/TRANSMISSION	SCV	ENGINE	CAB
AIR TRAILER BRAKE DRYER CARTRIDGE AL204884 USE WITH AL202707 HXE135862 USE WITH AL231942 Replace every 1500 hours or every two years of operation, whichever occurs first.	OIL FILTER ELEMENT RE577612 Replace every 1500 hours.	OIL FILTER RE269061 Replace after every 1500 hours.	FUEL TANK VENT FILTER H216169 Replace every 1000 hours. (Interval may vary according to operating conditions.)	RECIRCULATION AIR FILTER RE291412 RE333569 (Carbon) Replace every 1000 hours or annually, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions).
PRIMARY AIR FILTER RE564863 Replace after every 1000 hours, annually, or as indicated, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions).	DEF SUPPLY MODULE FILTER DZ114640 Replace every 4500 hours or every three years of operation, whichever occurs first.	PRIMARY FUEL FILTER FILTER ELEMENT (9L) - RE539465 FILTER ELEMENT (6.8L) - DZ115391 Replace after every 500 hours, or as indicated, whichever occurs first.	DIESEL PARTICULATE FILTER RE563694 (Engine Option Code 6171, 61FA, 6159) RE561836 (7230R, 7250R, 7270R, 7290R, 7310R Engine Option Code 6186, 6128) RE541834 (7210R, 7230R, 7250R, 7270R, 7290R Engine Option Code 61AD, 6107) DZ104596 (7210R, 7230R, 7250R, 7270R Engine Option Code 6109, 61JK) DZ100484 (Engine Option Code 61DQ, 61JL, 61FX) Replace within 250 hours after warning light indicators are illuminated. See your John Deere dealer or qualified service provider.	FRESH AIR FILTER RE284091 RE333567 (Carbon) Replace every 1000 hours or annually, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions).
SECONDARY AIR FILTER F071151 Replace after every 1000 hours, annually, or as indicated, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions).	PRIMARY FUEL FILTER FILTER ELEMENT (9L) - RE539465 FILTER ELEMENT (6.8L) - DZ115391 Replace after every 500 hours, or as indicated, whichever occurs first.	SECONDARY FUEL FILTER FILTER ELEMENT (9L) - DZ112918 FILTER ELEMENT (6.8L) - DZ115392 Replace after every 500 hours, or as indicated, whichever occurs first.	FUEL WATER SEPARATOR N378886 (If equipped) Replace after every 500 hours.	ENGINE OIL FILTER FILTER ELEMENT (9L) - RE509672 FILTER ELEMENT (6.8L) - RE539279 Initial oil change is 100 hours, then every 500 hours and annually. The extended 500 hour interval is only allowed if using Plus-50™ II oil with a John Deere™ filter and diesel fuel with sulfur content less than 15mg/kg (15ppm). If all the conditions are not met, change oil and filter at 250 hours of operation.
FUEL FILTER KIT (INCLUDES PRIMARY AND SECONDARY) RE541746 (7210R, 7230R ENGINE OPTION CODE 350C, 35HB) RE556406 (7210R, 7230R, 7250R, 7270R ENGINE OPTION CODE 350S) Replace after every 500 hours, or as indicated, whichever occurs first.	DEF TANK VENT FILTER H216169 Replace every 1500 hours or every three years of operation, whichever occurs first.	FRONT PTO FILTER LXU14258 (If equipped) Initial change at 250 hours, then replace every 1500 hours.	DEF TANK VENT FILTER H216169 Replace every 1500 hours or every three years of operation, whichever occurs first.	

For Company Use : RX532579
 Apr. 2022. Release Date: 1

JOHN DEERE
 Power to the People

CLICK PART NUMBER TO BUY
 (See operator's manual for additional details.)

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 7210R y 7230R. Obtenido de John Deere (2022). 7R final tier 4 (FT4) series tractors (0800001-110100) – 7210R, 7230R, 7250R, 7270R, 7290R and 7310R replacement parts guide. ([https://partscatalog.deere.com/jdrc-services/v1/image/getAttachment/7R Final Tier 4 FT4 Series Tractors S N 080001 11 0100 7210R 7230R 7250R 7270R 7290R and 7310R Replacement Parts Guide?a=10491983&br=1179&locale=es-ES](https://partscatalog.deere.com/jdrc-services/v1/image/getAttachment/7R%20Final%20Tier%204%20FT4%20Series%20Tractors%20S%20N%20080001%20110100%207210R%207230R%207250R%207270R%207290R%20and%207310R%20Replacement%20Parts%20Guide?a=10491983&br=1179&locale=es-ES)). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 10. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere

REPLACEMENT PARTS GUIDE
8R Final Tier 4 (FT4) Series Tractors (090001-170000) – 8245R, 8270R, 8295R, 8320R, 8335R, 8345R, 8370R, 8400R
FILTER OVERVIEW WITH SERVICE INTERVALS

HYDRAULIC / TRANSMISSION	ENGINE	CAB
OIL FILTER ELEMENT RE573817 Replace every 1500 hours.	FUEL WATER SEPARATOR (If equipped) N378886 (TSN 09001-152365) AT365869 (TSN 152366-) Replace after every 500 hours.	RECIRCULATION AIR FILTER RE281412 RE333569 (Carbon) Replace every 1000 hours or annually, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions).
PRIMARY FUEL FILTER RE539465 SECONDARY FUEL FILTER DZ112918 FUEL FILTER KIT (INCLUDES PRIMARY AND SECONDARY) RE525523 (T2, T3 Engine, 10 Micron and 2 Micron) (Except 8400R) Replace after every 500 hours, annually, or as indicated, whichever occurs first. Always replace both filters at same time.	FRESH AIR FILTER RE284081 RE333567 (Carbon) Replace every 1000 hours or annually, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions).	SCV OIL FILTER RE269061 Replace after every 1500 hours.
OIL FILTER RE509672 Initial oil and filter change at 100 hours and then after every 500 hours or annually, whichever comes first. The extended 500 hour interval is only allowed if using Plus-50™ II oil with a John Deere filter and diesel fuel with sulfur content less than 15mg/kg (15ppm). If all conditions are not met, change oil and filter at 250 hours of operation.	FUEL TANK VENT FILTER H216169 Replace after every 1500 hours.	ENGINE AIR TRAILER BRAKE DRYER CARTRIDGE AL204884 Use With AL202707 HXE135862 Use With AL231942 Replace filter at least every 2 years, regardless of operating hours.
DIESEL PARTICULATE FILTER DZ100174 (Engine Option Code 6168, 6171, 6172, 6164, 6165, 6180) (Except 8335R) RE561836 (Engine Option Code 6153, 6162, 6129) (Except 8400R) RE541834 (Engine Option Code 6106) (Except 8400R, 8335R, 8320R, 8345R, 8370R) DZ100484 (Engine Option Code 6182, 618C, 61AY) (Except 8400R AND 8335R) RE561840 (Engine Option Code 6142, 6143) (Except 8400R AND 8335R) Replace within 250 hours after warning light indicators are illuminated. See your John Deere dealer or qualified service provider.	DEF TANK HEADER FILTER DZ111004 (25 Micron) Replace after every 3000 operating hours or 3 years, whichever comes first.	PRIMARY AIR FILTER RE587793 (TSN 090001-110759); Filter Housing RE325735 RE587781 (TSN 110760-); Filter Housing RE580335 Replace after every 1000 hours, annually, or as indicated, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions.)
DEF INLINE FILTER DZ100304 Replace after every 3000 operating hours or 3 years, whichever comes first.	SECONDARY AIR FILTER RE587794 (TSN 090001-110759); Filter Housing RE325735 RE587792 (TSN 110760-); Filter Housing RE580335 Replace after every 1000 hours, annually, or as indicated, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions.)	DEF TANK VENT FILTER BREATHER H216169 Replace after every 1500 hours.
DEF SUPPLY MODULE FILTER DZ114640 Replace after every 3000 operating hours or 3 years, whichever comes first.		

For Company Use : RX532582
 Apr 2022. Release Date.

JOHN DEERE
 Genuine Parts and Service

CLICK PART NUMBER TO BUY
 *See operator's manual for additional details.

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 8245R y 8345R. Obtenido de John Deere (2022). 8R final tier 4 (FT4) series tractors (090001-170000) – 8245R, 8270R, 8295R, 8320R, 8335R, 8345R, 8370R, 8400R replacement parts guide. (https://partscatalog.deere.com/jdrcservices/v1/image/getAttachment/8R_Final_Tier_4_FT4_Series_Tractors_S_N_090001_170000_8245R_8270R_8295R_8320R_8335R_8345R_8370R_8400R_Replacement_Parts_Guide?a=10477128&br=1179&locale=es-ES).

Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 11. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 7830

REPLACEMENT PARTS GUIDE
7030 Large Frame Series Tractors - 7630, 7730, 7830, 7930
FILTER OVERVIEW WITH SERVICE INTERVALS

ENGINE	ENGINE
FUEL TANK VENT FILTER RE52504 Replace after every 750 hours.	FUEL WATER SEPARATOR FILTER N378886 (If equipped) Replace after every 500 hours.
PRIMARY AIR FILTER RE196945 Replace after every 1000 hours, annually or as indicated, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions.)	CAB
SECONDARY AIR FILTER RE181915 Replace after every 1000 hours, annually or as indicated, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions.)	RECIRCULATION FILTER RE187966 Clean after every 250 hours. Replace after every 1000 hours, annually or as required, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions.)
PRIMARY FUEL FILTER RE541922 Replace after every 500 hours and as required. (Interval can vary according to operating conditions.)	FRESH AIR FILTER RE24619 RE237395 (Carbon) Clean after every 250 hours. Replace after every 1000 hours, annually or as required, whichever occurs first. (Interval may vary according to operating conditions.)
SECONDARY FUEL FILTER RE522878 Replace after every 500 hours and as required. (Interval can vary according to operating conditions.)	TRANSMISSION
OIL FILTER RE504836 Initial oil and filter change at 100 hours and then after every 250 hours. Scheduled interval of 250 hours can be extended to 500 hours if John Deere Plus-50 oil and John Deere filter are used.	OIL FILTER RE161181 (IVT™ Transmission) OIL FILTER RE205726 (PowrQuad™) Initial filter replacement at 100 hours maximum of operation and then after every 750 hours. (Interval can vary according to operating conditions.)
FRONT PTO	HYDRAULIC
OIL FILTER FRONT PTO LVU14258 Initial change at 250 hours, then replace every 1500 hours.	FILTER ELEMENT RE273801 Initial filter replacement at 100 hours maximum of operation and then after every 750 hours. (Interval can vary according to operating conditions.)

For Company Use : RX532594
Apr 2022. Release Date.

JOHN DEERE
Genuine Parts and Service

CLICK PART NUMBER TO BUY
*See operator's manual for additional details.

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 7830. Obtenido de John Deere (2022). 7030 large frame series tractors – 7630, 7730, 7830, 7930 replacement parts guide. (https://partscatalog.deere.com/jdrcservices/v1/image/getAttachment/7030_Large_Frame_Series_Tractors_7630_7730_7830_7930_Replacement_Parts_Guide?a=10474635&br=1179&ocale=es-ES). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.

Anexo 12. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 7425

REPLACEMENT PARTS GUIDE 7425 and 7525 Tractors



May 2022, Release Date.



CLICK PART NUMBER TO BUY
See operator's manual for additional details.

Nota. Guía de partes a reemplazar de los tractores John Deere serie 7425. Obtenido de John Deere (2022). 7425 and 7525 tractors replacement parts guide. (https://partscatalog.deere.com/jdrcservices/v1/image/getAttachment/7425_and_7525_Tractors_Replacement_Parts_Guide?a=11368804&br=1179&locale=es-ES). Consultado el 30 de noviembre de 2022. De dominio público.