



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA  
JARDINES MIL FLORES, S.A.**

**Kevin David Chamalé Linares**

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, mayo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA  
EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**KEVIN DAVID CHAMALÉ LINARES**

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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 PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de mayo de 2019.

**Kevin David Chamalé Linares**



Guatemala, 06 de marzo de 2020.  
REF.EPS.DOC.209.03.20.

Ingeniero  
Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Kevin David Chamalé Linares, Registro Académico No. 201213195** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A..**

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"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
**Asesora-Supervisora de EPS**  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

NISZ/ra





Guatemala, 06 de marzo de 2020.  
REF.EPS.D.97.03.2020

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Kevin David Chamalé Linares** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora 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"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH /ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.041.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Kevin David Chamalé Linares**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval.

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2020.

/mgp



ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.055.020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Kevin David Chamalé Linares**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2020.

/mgp

DTG. 163.2020.

La Decana 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 Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA JARDINES MIL FLORES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Kevin David Chamalé Linares**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, julio de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por la sabiduría, perseverancia y oportunidad que me ha dado para llegar a culminar una de mis metas.
- Mis padres** Adolfo Chamalé y Yolanda Linares de Chamalé, por su sincero amor y por apoyarme en todas las etapas de mi vida; sin duda no hubiera llegado aquí sin sus consejos y su bendición; les estoy infinitamente agradecido.
- Mis hermanos** Reimer y Almary Chamalé, por estar conmigo en los momentos difíciles y momentos felices, este triunfo es para ustedes.
- Mis amigos** Luis Gálvez, Marcos Hernández, Wellington Flores, David Monge, Geovani Peralta, Jaime Alvarado, a quienes aprecio de corazón.
- Parroquia Episcopal San José** Al Revdo. Antonio Méndez, a Estuardo Hernández y Soraya de Hernández, por ser mis guías espirituales y motivarme para seguir adelante en mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la institución que me permitió crecer como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme los conocimientos y las habilidades que servirán para desempeñar mi vocación laboral.
<b>Unidad de EPS</b>	Por gestionar mi programa de EPS, especialmente, a mi asesora Inga. Norma Sarmiento, por sus sabios consejos.
<b>Jardines Mil Flores</b>	Por la oportunidad de aplicar los conocimientos en la práctica en su distinguida empresa y tenerme en cuenta como profesional en sus proyectos en el tiempo que estuve presente.
<b>Departamento de Operaciones</b>	Por todo el trabajo en equipo realizado para la búsqueda de la mejora continua; los aprecio y motivo a seguir adelante.
<b>Ing. Manuel González</b>	Por abrirme las puertas en una situación muy difícil de mi vida.



2.2.	Jerarquización de maquinaria y equipos .....	57
2.2.1.	Análisis de criticidad .....	57
2.2.2.	Clasificación de equipos con base en su criticidad .....	65
2.3.	Codificación de la maquinaria y equipos .....	68
2.4.	Plan de mantenimiento de maquinaria y equipos.....	71
2.4.1.	Planificación del mantenimiento de maquinaria y equipos .....	80
2.4.2.	Diseño de tareas de mantenimiento de maquinaria y equipos .....	81
2.4.3.	Instructivos de mantenimiento.....	112
2.4.3.1.	Equipos críticos .....	113
2.4.3.2.	Equipos importantes.....	138
2.4.3.3.	Equipos prescindibles .....	155
2.4.4.	Programa de mantenimiento .....	180
2.4.5.	Control y seguimiento del plan propuesto .....	181
2.4.5.1.	Indicadores clave de rendimiento .....	181
2.5.	Costos de la propuesta .....	185
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE CADENA DE SUSTRATO.....	187
3.1.	Análisis del proceso de cadena de sustrato .....	187
3.1.1.	Colado .....	187
3.1.2.	Pasteurización.....	189
3.1.3.	Llenado de bolsa .....	192
3.1.4.	Colocación de bolsa en invernadero .....	194
3.2.	Propuesta de mejora de la cadena de sustrato.....	195
3.2.1.	Colado .....	196
3.2.2.	Pasteurización.....	199

3.2.3.	Llenado de bolsa .....	201
3.2.4.	Colocación de bolsa en invernaderos.....	203
3.3.	Costos de la propuesta.....	204
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN .....	207
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación .....	207
4.2.	Plan de capacitación .....	214
4.3.	Resultados de la capacitación .....	225
4.4.	Costos de la propuesta.....	239
	CONCLUSIONES .....	241
	RECOMENDACIONES.....	245
	BIBLIOGRAFÍA.....	247



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	5
2.	Organigrama del departamento de operaciones .....	10
3.	Aire acondicionado.....	27
4.	Bomba con hidroneumático.....	28
5.	Bomba centrífuga.....	30
6.	Bomba de aspersión motorizada.....	31
7.	Bomba de succión .....	33
8.	Bomba dosificadora de cloro.....	34
9.	Caldera .....	36
10.	Cámara de refrigeración.....	38
11.	Carretón de calderas.....	39
12.	Ciclonete .....	40
13.	Clasificadora de pared .....	42
14.	Compresor .....	43
15.	Congelador.....	44
16.	Deshumificador .....	45
17.	Equipo de proceso de semillas .....	46
18.	Estación de inyección de fertilizante .....	47
19.	Faja transportadora .....	48
20.	Galleta ( <i>pad fan</i> ) .....	49
21.	Inyector de fertilizante .....	50
22.	Retroexcavadora.....	51
23.	Secador de semillas.....	52

24.	Tanque de agua.....	53
25.	Termonebulizadora .....	54
26.	Tómbola.....	55
27.	Tractor de tiro.....	56
28.	Ventilador.....	57
29.	Ecuación de criticidad total por riesgo .....	58
30.	Ecuación de consecuencia de fallos .....	59
31.	Gráfico de barras de valores de criticidad total por riesgo .....	66
32.	Matriz de criticidad de los equipos.....	67
33.	Niveles en la codificación de maquinaria y equipos.....	69
34.	Ecuación para el cálculo del costo total de insumos.....	75
35.	Formato de proyección de insumos de mantenimiento preventivo por equipo .....	76
36.	Formato de programa anual de solicitud de insumos de mantenimiento .....	77
37.	Formato de programación semanal de órdenes de mantenimiento .....	78
38.	Formato de bitácora de maquinaria y equipos.....	79
39.	Instructivo de mantenimiento de calderas.....	113
40.	Instructivo de mantenimiento de bomba de aspersion motorizada .....	116
41.	Instructivo de mantenimiento de retroexcavadora .....	119
42.	Instructivo de mantenimiento del deshumificador .....	124
43.	Instructivo de mantenimiento del aire acondicionado .....	127
44.	Instructivo de mantenimiento de la bomba de succión .....	130
45.	Instructivo de mantenimiento del tanque de agua .....	132
46.	Instructivo de mantenimiento de la cámara de refrigeración.....	134
47.	Instructivo de mantenimiento de la cisterna.....	136
48.	Instructivo de mantenimiento de la estación de inyección de fertilizante .....	138
49.	Instructivo de mantenimiento del tractor de tiro .....	141

50.	Instructivo de mantenimiento del inyector de fertilizante .....	146
51.	Instructivo de mantenimiento de galleta ( <i>pad fan</i> ).....	148
52.	Instructivo de mantenimiento de la máquina de proceso de semilla ..	150
53.	Instructivo de mantenimiento de la bomba sumergible .....	152
54.	Instructivo de mantenimiento del carretón.....	154
55.	Instructivo de mantenimiento de la bomba hidroneumática .....	156
56.	Instructivo de mantenimiento de la bomba centrífuga .....	158
57.	Instructivo de mantenimiento del compresor .....	160
58.	Instructivo de mantenimiento del cicloneo.....	163
59.	Instructivo de mantenimiento del ventilador .....	165
60.	Instructivo de mantenimiento de la clasificadora de pared.....	167
61.	Instructivo de mantenimiento del calentador solar .....	168
62.	Instructivo de mantenimiento del congelador .....	171
63.	Instructivo de mantenimiento de la faja transportadora.....	173
64.	Instructivo de mantenimiento de la tómbola .....	175
65.	Instructivo de mantenimiento de la termonebulizadora .....	178
66.	Ecuación para calcular la frecuencia de fallos .....	182
67.	Ecuación para calcular el número de reportes de falla.....	182
68.	Ecuación para calcular el tiempo medio entre reporte de falla e inicio de reparación de falla.....	183
69.	Ecuación para calcular el número de reportes de falla atendidos .....	183
70.	Ecuación para calcular el tiempo medio entre fallas .....	183
71.	Ecuación para calcular el tiempo medio para reparar .....	184
72.	Ecuación para calcular el porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo .....	184
73.	Diagrama de flujo del proceso de colado de sustrato .....	188
74.	Diagrama de flujo del proceso de pasteurización de sustrato .....	190
75.	Diagrama de flujo del proceso de llenado de bolsa.....	193
76.	Diagrama de flujo del proceso de colocación de bolsa .....	194

77.	Plano de redistribución de área de sustrato.....	197
78.	Diagrama del proceso de colado mejorado .....	198
79.	Diagrama del proceso de pasteurización mejorado .....	200
80.	Diagrama del proceso de llenado de bolsa mejorado .....	202
81.	Diagrama del proceso de colocación de bolsa mejorado.....	204
82.	Diapositivas de la capacitación 1 .....	226
83.	Resultados de la capacitación 1 .....	228
84.	Diapositivas de la capacitación 2.....	229
85.	Resultados de la capacitación 2 .....	233
86.	Diapositivas de la capacitación 3.....	234
87.	Resultados de la capacitación 3 .....	236
88.	Diapositivas de la capacitación 4.....	237
89.	Resultados de la capacitación 4 .....	239

## TABLAS

I.	Puestos del departamento de operaciones.....	9
II.	Matriz FODA .....	15
III.	Matriz de estrategias FODA.....	17
IV.	Listado de maquinaria y equipos .....	24
V.	Escala de impacto operacional .....	60
VI.	Escala de impacto por flexibilidad operacional .....	60
VII.	Escala para cálculo de impacto en costos de mantenimiento.....	61
VIII.	Escala para cálculo de impacto en salud y seguridad ocupacional .....	62
IX.	Escala para cálculo de Impacto a medio ambiente.....	62
X.	Escala para cálculo de frecuencia de fallo.....	63
XI.	Valores del análisis de criticidad de la maquinaria y equipos .....	64
XII.	Código de los departamentos .....	69

XIII.	Listado de la maquinaria y equipos codificados .....	70
XIV.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la caldera .....	81
XV.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de bomba de aspersión motorizada .....	83
XVI.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la retroexcavadora .....	84
XVII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del deshumificador....	86
XVIII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del aire acondicionado .....	87
XIX.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del aire acondicionado .....	88
XX.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del tanque de agua ...	90
XXI.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la cámara de refrigeración .....	90
XXII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la cisterna.....	92
XXIII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la estación de inyección de fertilizante .....	92
XXIV.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del tractor de tiro .....	94
XXV.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del inyector de fertilizante .....	95
XXVI.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la galleta ( <i>pad fan</i> ) .....	96
XXVII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la máquina de proceso de semilla .....	97
XXVIII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba sumergible.....	98
XXIX.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del carretón .....	99
XXX.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba hidroneumática.....	99

XXXI.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga.....	100
XXXII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del compresor .....	101
XXXIII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del cicloneo.....	102
XXXIV.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del ventilador .....	103
XXXV.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la clasificadora de pared .....	104
XXXVI.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del calentador solar .	105
XXXVII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del congelador .....	106
XXXVIII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la faja transportadora.....	107
XXXIX.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la tómbola .....	108
XL.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la termonebulizadora .....	109
XLI.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba dosificadora de cloro.....	110
XLII.	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del secador de semillas.....	111
XLIII.	Programa anual de mantenimiento .....	180
XLIV.	Costos de la propuesta .....	185
XLV.	Costos de la propuesta .....	206
XLVI.	Resultados de competencias del supervisor de operaciones .....	208
XLVII.	Resultados de competencias del operario de montajes.....	209
XLVIII.	Resultados de competencias del operario de desinfección de materiales .....	210
XLIX.	Resultados de competencias del operario de maquinaria específica .	211
L.	Resultados competencias del piloto/tractorista .....	211
LI.	Resultados competencias del operario de trabajos en alturas.....	212
LII.	Resultados de competencias del operario de calderas.....	213

LIII.	Resultados de competencias del operario de taller.....	213
LIV.	Plan anual de capacitaciones.....	222
LV.	Costos del plan de capacitación propuesto.....	239



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Ampere
<b>C</b>	Consecuencia de fallos
<b>CTR</b>	Criticidad total por riesgo
<b>FF</b>	Frecuencia de fallos
<b>h</b>	Hora
<b>km</b>	Kilómetro
<b>m</b>	Metro
<b>min</b>	Minutos
<b>t</b>	Tiempo
<b>V</b>	Voltio
<b>Vol.</b>	Volumen
<b>X</b>	Distancia



## GLOSARIO

<b>Análisis de riesgos</b>	Estudio de las causas de las posibles amenazas y los probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que generarían.
<b>Bagazo</b>	Residuos que se obtienen después de haber extraído la semilla de las cápsulas que la contienen.
<b>Borne</b>	Parte metálica de una máquina o dispositivo eléctrico donde se produce la conexión con el circuito exterior al mismo.
<b>Cisterna</b>	Contenedor de agua montado en un chasis con llantas que se engancha con un tractor para almacenar o esparcir agua.
<b>Cultivo de tejidos</b>	Técnicas de cultivo en un medio en el que se incuban plantas en condiciones ambientales controladas para multiplicar especies con la genética deseada.
<b>Deshumificador</b>	Aparato que reduce la humedad ambiental filtrando el aire de la habitación, depositando el agua resultante en un depósito de condensado.

<b>Esqueje</b>	Talla, rama o retoño de una planta que se injerta en otra o se introduce en la tierra para multiplicar la planta.
<b>Fitopatología</b>	Estudio de las enfermedades de las plantas.
<b>Germinación</b>	Proceso en el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta.
<b>HSE</b>	Salud, seguridad y ambiente (por sus siglas en inglés: <i>health, safety &amp; environment</i> ).
<b>Incrustación</b>	Formación de una costra mineral precipitada a partir de sustancias disueltas en el agua.
<b>LOTO</b>	Procedimiento de bloqueo-etiquetado (por sus siglas en inglés: <i>lockout-tagout</i> ) para proteger la activación inesperada de máquinas y equipos.
<b>Pasteurización</b>	Proceso térmico utilizado con la intención de reducir la presencia de agentes patógenos que puedan contener los elementos expuestos a las altas temperaturas.
<b>RCM</b>	Mantenimiento centrado en confiabilidad (por sus siglas en inglés: <i>reliability centered maintenance</i> ) cuyo principio es implementar mejoras para manejar las fallas funcionales de la maquinaria y los equipos en situaciones específicas.

**Sustrato**

Material sólido distinto del suelo que es colocado en un contenedor para permitir el anclaje de las raíces de una planta.

**Tómbola**

Equipo cuya función es revolver su contenido.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación fue realizado en la modalidad de ejercicio profesional supervisado en la empresa Jardines Mil Flores, S.A. La empresa es de giro comercial agrícola, y su actividad principal es la producción de semillas de flores para su exportación.

Se realizó un análisis de la situación actual de la empresa por medio de la herramienta de diagnóstico FODA para determinar las estrategias que generen un beneficio a la organización. Una estrategia que se identificó, fue la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento, pues la gestión apropiada del mantenimiento tiene una repercusión en la mejora de la productividad y el control en la seguridad ocupacional. Asimismo, se realizó un análisis del mantenimiento actual, que describe el mantenimiento y el uso que se le da a la maquinaria y los equipos para identificar las principales necesidades que permitan definir las tareas óptimas de mantenimiento.

Para el diseño del plan de mantenimiento se realizó un análisis de criticidad para jerarquizar la maquinaria como críticos, importantes o prescindibles, desde el punto de vista de la seguridad y producción. Se realizaron los objetivos estratégicos de mantenimiento con actividades necesarias para garantizar la calidad en el mantenimiento y cuyos resultados pueden ser medibles por medio de indicadores clave de rendimiento. Se identificaron las tareas de mantenimiento y su frecuencia de la maquinaria y los equipos, las cuales se describen en instructivos de mantenimiento y en el programa anual de mantenimiento.

El proceso de cadena de sustrato es una etapa de preparación previa a la plantación que se debe realizar para garantizar que el sustrato que se utiliza para cumpla requerimientos de control de calidad, y consta de las etapas de: colado, pasteurización, llenado de bolsas y colocación de bolsas en invernadero. Para el diagnóstico se realizó un análisis de cada subproceso por separado para conocer los aspectos que afectan al proceso desde el punto de vista de los procesos, la maquinaria, el medio ambiente, la materia prima y el método. El análisis dio como resultados los factores que repercuten en la ineficiencia del proceso y las propuestas de mejora, que se dividen por etapa del proceso.

Se realizó un plan anual de capacitación para el personal del departamento de operaciones, teniendo en consideración las debilidades encontradas a partir de un diagnóstico de necesidades de capacitación. Las capacitaciones están orientadas a incrementar las competencias de personal específico del área de operaciones para desempeñar de mejor forma el puesto de trabajo.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un plan de mantenimiento para la maquinaria y los equipos del área productiva.

### **Específicos**

1. Analizar los procedimientos de mantenimiento actuales de la maquinaria y los equipos del área productiva.
2. Realizar un análisis de criticidad para identificar las necesidades óptimas de mantenimiento.
3. Determinar las tareas de mantenimiento de acuerdo con el tipo de mantenimiento de cada maquinaria o equipo.
4. Realizar un programa de mantenimiento anual que establezca los recursos y las tareas de mantenimiento a fin de maximizar la efectividad en el funcionamiento de la maquinaria y los equipos.
5. Establecer procedimiento de planificación de mantenimiento que describa las herramientas necesarias para proveer un adecuado servicio de mantenimiento.

6. Diseñar una propuesta de mejora en la eficiencia del proceso de cadena de sustrato.
7. Diseñar un plan de capacitación para el departamento de operaciones con base en el diagnóstico de necesidades de capacitación.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial ha evolucionado su enfoque a través del tiempo; actualmente, muchas empresas tienen una visión hacia la gestión eficaz del mantenimiento para evitar fallas, incidentes o accidentes graves, realizando análisis de riesgos. Una buena gestión de las actividades de mantenimiento puede marcar la diferencia real en la productividad al reducir el tiempo de inactividad, mejorar el entorno de trabajo y obtener más beneficios de la inversión.

Jardines Mil Flores, S.A. es una finca productora de semillas de flores ubicada en Amatitlán; es una empresa líder en la innovación en tecnología agrícola. El compromiso de la empresa para gestionar los riesgos en los puestos de trabajo dirige la implementación de técnicas de gestión de mantenimiento para garantizar la productividad de los cultivos, proteger la seguridad ocupacional de los colaboradores y velar por el cuidado del medio ambiente.

En el primer capítulo se presentan las generalidades de la empresa que inciden en el desarrollo del EPS: descripción general de la empresa, visión, misión y valores, estructura organizacional y los aspectos más relevantes del departamento de operaciones.

En el segundo capítulo se desarrolla lo referente al diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y los equipos del área productiva, por medio de herramientas de diagnóstico para identificar las necesidades para gestionar estratégicamente el mantenimiento. El diseño del plan de mantenimiento parte de un análisis de criticidad de la maquinaria y los equipos

del área productiva, procedimientos de gestión, tareas de mantenimiento e indicadores cruciales para el control y seguimiento del presente plan.

En el tercer capítulo, se presenta el diagnóstico del proceso de cadena de sustrato por medio de la descripción del proceso y sus diferentes problemáticas para encontrar la mejora para cada subproceso. Todos los aspectos inciden en las propuestas presentadas para incrementar la eficiencia los procesos de colado, pasteurización, llenado de bolsa y colocación de bolsa en invernadero.

En el cuarto y último capítulo se presenta el diagnóstico de necesidades de capacitación del departamento de operaciones y el plan de capacitación anual propuesto. Se impartieron las capacitaciones que conciernen al diseño de plan de mantenimiento y propuesta de mejora del proceso de cadena de sustrato. Los costos de la propuesta de capacitación se mostrarán al final del capítulo.

# **1. GENERALIDADES DE JARDINES MIL FLORES, S.A.**

## **1.1. Descripción**

Jardines Mil Flores S.A. fue fundada en Amatitlán en el año de 1966. Su principal actividad de negocio es la producción a gran escala de semillas de flores para exportación. Entre las variedades de flores que se cultivan se pueden mencionar: marigold, pensamiento, gazania, vinca, petunia, geranio, clavellina, penta, dragón, entre otros.

La empresa actualmente labora con 693 colaboradores, 89 invernaderos para el proceso de producción de semillas de flores, y con un laboratorio de cultivo de tejidos, laboratorio de fitopatología, cámaras de germinaciones con condiciones controladas, que forman parte de las técnicas de agricultura moderna que se utilizan para garantizar que las semillas producidas cumplan con los requisitos de calidad y estándares para su exportación.

En 2008, la compañía multinacional Syngenta AG adquiere las fincas productoras de flores a cargo de Goldsmith Seeds en Guatemala Las Vertientes, S.A., Esquejes, S.A., y Jardines Mil Flores, S.A.

En el año 2015, Jardines Mil Flores recibe el reconocimiento Galardón como Mejor Exportador del Año, en la Gala Nacional a la Exportación 2015 evento organizado por Agexport.

## **1.2. Visión**

“Ser ejemplo de producción y exportación de productos en la agricultura no tradicional de Guatemala y el mundo entero”.<sup>1</sup>

## **1.3. Misión**

“Producir la mejor calidad de semillas y esquejes de plantas ornamentales de forma sostenible, para satisfacer las demandas de nuestros clientes, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales y con responsabilidad social”.<sup>2</sup>

## **1.4. Valores**

Los valores que forman parte de la filosofía de trabajo de la empresa y sus colaboradores son los siguientes:

- **Pasión por los clientes:** brindamos productos, servicios y soluciones que los clientes valoran. Damos servicio a productores y a distribuidores allí donde estén. Entendemos las necesidades de los clientes y esto hace más sencilla nuestra interacción.
- **Mirada a largo plazo:** lo que hacemos hoy fortalece el mañana tanto de Syngenta como de la cadena alimentaria a nivel económico, ambiental y social. Invertimos e innovamos a largo plazo. Creamos alianzas duraderas.
- **Crecimiento para todos:** para nuestros colaboradores, nuestros clientes, nuestras comunidades y nuestros socios en la cadena alimentaria. Compartimos el valor de lo que producimos. Nuestra productividad financia nuestra inversión en crecimiento.
- **Implementar con determinación:** nos ganamos la confianza de nuestros clientes al cumplir nuestros compromisos. Asumimos responsabilidades y cumplimos lo

---

<sup>1</sup> Jardines Mil Flores. *Inducción*. pp.3 – 4.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

que prometemos. Valoramos a colaboración para lograr mejores resultados. Somos disciplinados, enfocados, y lo hacemos simple.<sup>3</sup>

## **1.5. Estructura organizacional**

La organización tiene una estructura de carácter funcional, en la cual cada departamento tiene una función o actividades relacionadas. La comunicación entre niveles es directa y bidimensional, que permite que la retroalimentación sirva para una mejor toma de decisiones.

La línea de mando está conformada por gerentes, coordinadores, supervisores y colaboradores, los cuales responden a una cadena de comunicación directa y bidireccional, de tal forma que la toma de decisiones sea ágil y acertada debido a la propia retroalimentación entre la línea de mando.

Los principales puestos la empresa son los siguientes:

- Gerente de sitio: responsable de garantizar que la organización funcione adecuadamente, que cumpla con los objetivos planteados y rendir cuentas con los directivos regionales de la corporación multinacional.
  - Alta gerencia: son los responsables de planificar, organizar, dirigir y controlar los requerimientos la empresa y tomar decisiones para la resolución de problemas. En esta línea de mando se encuentra la Gerencia de producción y la Gerencia administrativa.

---

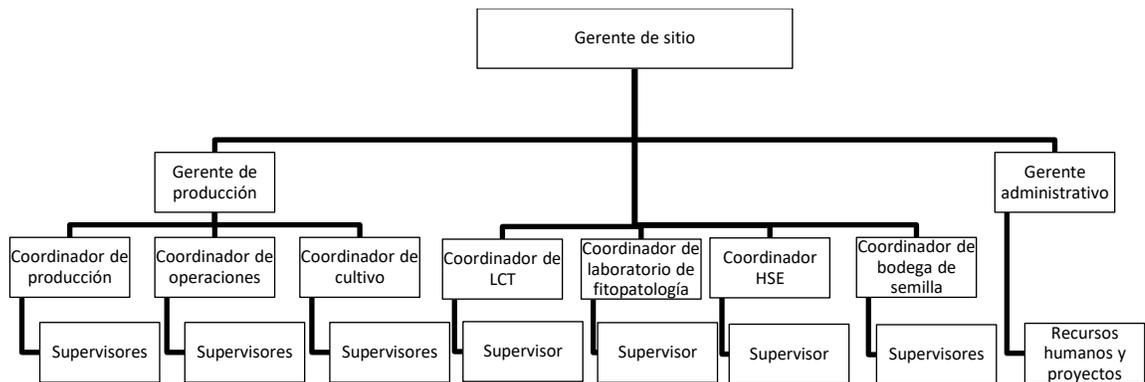
<sup>3</sup> Jardines Mil Flores. *Inducción*. pp. 5 – 8.

- Coordinadores: mandos intermedios cuya función es coordinar el departamento responsable para realizar sus funciones de acuerdo a lo planificado, y otorgar resultados a su jefe inmediato.
  - Departamento de laboratorio de cultivo de tejidos: encargado de la propagación y control de tejidos vegetales en condiciones controladas.
  - Departamento de laboratorio de fitopatología: responsable del control fitosanitario del proceso productivo.
  - Departamento de salud, seguridad y ambiente (HSE por sus siglas en inglés): responsable en la aplicación de normas de seguridad y verificación de su cumplimiento.
  - Departamento de bodega de semilla: responsable del procesado final de la semilla, empaque y almacenamiento del producto terminado.
  - Departamento de producción: planificar y ejecutar planes de producción, garantizando la calidad y eficiencia.
  - Departamento de operaciones: responder a las necesidades de mantenimiento, preparación de ciclos productivos, etc.
  - Departamento de cultivo: garantizar que las plantas reciban los nutrientes e insumos necesarios para su crecimiento, así como el control de plagas.

- Recursos humanos y proyectos: personal encargado de los asuntos financieros de la empresa.
- Supervisores: son los encargados de ejecutar los planes anuales y ordenes junto al personal, velar por las actividades diarias, controlando por que se realicen de forma adecuada y brindar retroalimentación a su jefe inmediato.

A continuación, en la figura 1 se presenta el organigrama de la empresa.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

### 1.6. Departamento de operaciones

El departamento de operaciones responde a la gerencia de producción y está a cargo del coordinador de operaciones. Tiene como principales atribuciones la coordinación de montajes, mantenimiento de maquinaria y equipos, edificios e instalaciones de la finca, desinfección de materiales, reparación de invernaderos,

limpieza general de la finca, jardinería en áreas verdes, coordinación del proceso de cadena de sustrato, uso de maquinaria específica como calderas y bomba de succión, y traslado de materiales con tractores y vehículos.

La misión del departamento de operaciones es la siguiente: “somos un departamento de servicio amplio y constante dedicado a brindar el apoyo y soporte solicitado por parte de nuestros clientes internos y externos”.<sup>4</sup>

La visión del departamento de operaciones se define de la siguiente forma: “la proyección de cada trabajo o labor, analizando a detalle y de una manera racional el consumo de materiales, el uso de maquinaria y equipo como el empleo eficiente del recurso humano”.<sup>5</sup>

A continuación, se describen cada una de las funciones atribuidas al departamento de operaciones:

El mantenimiento que contempla los servicios mecánicos, de albañilería, fontanería, carpintería, soldadura, electricidad y automotriz.

Se coordina la desinfección de materiales y herramientas que se usan en los invernaderos.

Montajes, los cuales son procesos programados usados para acondicionar los invernaderos y proveer los insumos necesarios para iniciar una vuelta de producción tal como:

- Remover las plantas que han cumplido su vuelta

---

<sup>4</sup> Jardines Mil Flores. *Inducción del Departamento de Operaciones*. p. 2.

<sup>5</sup> *Ibíd.*

- Colado, pasteurizado, llenado de bolsa con sustrato
- Colocación de bolsas de sustrato pasteurizado previo al ciclo productivo
- Nivelación de suelo en invernaderos
- Colocación de bancas dentro de invernaderos
- Colocación de sistemas de riego
- División de variedades de plantas
- Entre otros

Reparación de invernaderos consiste en el cambio de plásticos o madera, elementos principales de fabricación de los invernaderos.

Limpieza general de la finca, jardinería y cuidado de sus áreas verdes.

Operación de maquinaria y equipos varios tales como calderas, bombas de succión, manejo de tractores de tiro y tractores de cargador frontal.

El departamento de operaciones cuenta con 51 colaboradores los cuales tienen especificaciones de la tarea de acuerdo a sus perfiles de puesto, y se dividen de la siguiente manera:

- Un supervisor de taller.
- Un supervisor de reparación de invernaderos, maquinaria específica y áreas varias.
- Un supervisor de montajes.
- Un supervisor de mantenimiento de edificios e instalaciones.

- Un gestor de salud, seguridad y ambiente en el departamento de operaciones se encarga de realizar la documentación de seguridad a la cual el departamento es responsable.
- Tres técnicos mecánicos.
- Dos albañiles y fontaneros.
- Un carpintero.
- Veintiún operarios de montaje.
- Cinco pilotos.
- Un soldador.
- Un electricista.
- Un operario para desinfección de materiales.
- Tres operarios encargados de uso de maquinaria específica para sus actividades diarias.
- Un operario de calderas.
- Ocho operarios de trabajos en alturas.

A continuación, en la tabla I se presenta el listado que resume la cantidad y los puestos del departamento de operaciones.

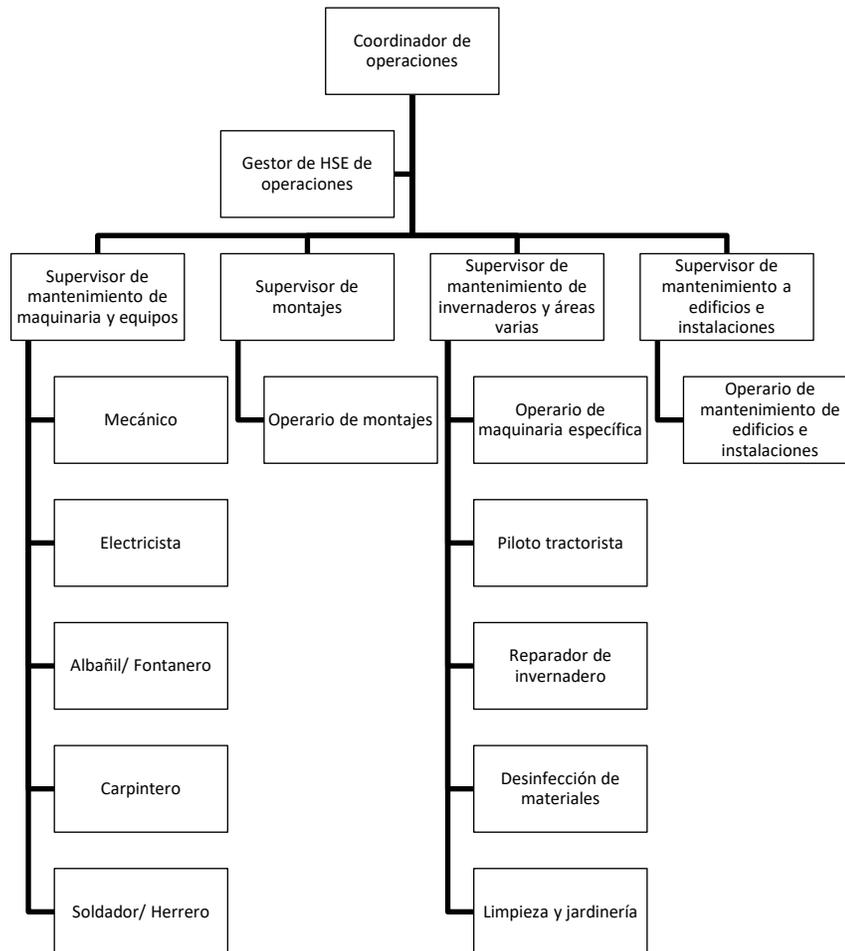
Tabla I. **Puestos del departamento de operaciones**

<b>Nombre del puesto</b>	<b>Cantidad</b>
Mecánico	3
Albañil y fontanero	2
Carpintero	1
Soldador	1
Electricista	1
Operario de montajes	21
Operario de desinfección de materiales	1
Operario de maquinaria específica	3
Tractorista y piloto	5
Operario de trabajo en alturas	8
Operario de calderas	1
Supervisor de taller	1
Supervisor de montajes	1
Supervisor de reparación de áreas varias	1
Supervisor de mantenimiento de edificios e instalaciones	1
Gestor de HSE en operaciones	1
<b>Total</b>	<b>51</b>

Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se presenta el organigrama del departamento de operaciones.

Figura 2. Organigrama del departamento de operaciones



Fuente: elaboración propia.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA Y LOS EQUIPOS**

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

Para identificar la situación que genera el mantenimiento inconsistente en la empresa se realizó un diagnóstico de la situación actual por medio de un análisis FODA y de los principales aspectos que inciden en el funcionamiento de la maquinaria y su mantenimiento.

#### **2.1.1. Análisis FODA**

La herramienta FODA a emplear servirá para determinar estrategias y acciones encaminadas al desarrollo de proyectos de mejora. Para la obtención de la información, se realizaron entrevistas no estructuradas a los coordinadores, supervisores y operarios.

- Las fortalezas que se evidenciaron son las siguientes:
  - La empresa tiene equipos, espacios físicos y personal capacitado para innovar con nuevas tecnologías para producir flores con las características genéticas de la mejor calidad y esplendorosas para cautivar a los clientes.
  - La empresa está gestionando los riesgos en la salud, seguridad y medio ambiente de todas las tareas que se realizan en la

organización y esto contribuye a la mejora en la calidad de vida de sus colaboradores, así como para con el medio ambiente.

- La producción es alta y es controlada mediante los mecanismos necesarios para reducir las pérdidas por los diversos factores que pueden afectar el crecimiento de las plantas.
  - Aunque muchos de los procesos de producción se realizan manualmente, existe un compromiso por los colaboradores y tienen un alto rendimiento de las para realizar procesos minuciosos.
  - El ambiente es propicio para crecer pues existen oportunidades y beneficios de desarrollo como es la oportunidad de sacar estudios universitarios en fines de semana.
  - El mantenimiento correctivo de maquinaria y equipos se realiza con inmediatez.
- Las oportunidades que se evidenciaron fueron las siguientes:
    - Debilitamiento del segmento del mercado de la competencia por no poseer certificaciones necesarias para la exportación requeridas por los clientes.
    - Tendencias favorables del mercado para el comercio agrícola
    - Incremento de poder adquisitivo del mercado internacional de flores

- Mercado de variedades específicas de flores mal atendido por la competencia.
- Las debilidades que se evidenciaron fueron las siguientes:
  - Algunas máquinas para el procesado de semillas, y maquinaria agrícola son muy antiguas, y esto puede generar dificultad para conseguir repuestos, fallas constantes por desgaste general de los equipos y mayor incidencia de fallo.
  - La comunicación para la toma de decisiones efectivas no se realiza de forma oportuna; y esto puede generar contradicciones, confusiones o la no realización de actividades programadas.
  - Cambio de imprevisto de tareas y responsabilidades diarias por parte de los supervisores para con los operarios, esto debido a la urgencia de incidencias que se deben realizar, provoca demoras en el cumplimiento de programaciones previamente establecidas.
  - No existe una forma para identificar si un equipo tiene un alto impacto en caso que falle ya sea para la salud, seguridad ambiente, producción, entre otros, lo cual genera que no haya priorización o gestión de los recursos a la maquinaria de forma apropiada.
  - No existe una gestión adecuada del mantenimiento, ya que el mantenimiento prevalente es el mantenimiento correctivo, una práctica poco recomendable para garantizar la conservación de los equipos.

- Las amenazas que se evidenciaron fueron las siguientes:
  - La competencia de mercado de semillas de flores a nivel nacional e internacional puede estar incrementando su capacidad de producción, lo cual podría resultar en pérdida del mercado de la empresa.
  - Posibilidad de variación en el precio de la materia prima e insumos utilizados para la producción en el mercado nacional o internacional, dando como resultado un mayor costo unitario para producir.
  - Innovación por la competencia para producir de forma más eficiente, introduciendo plantas más resistentes a las plagas o de un crecimiento a un ritmo difícil de superar con la genética de las semillas actuales.
  - Las condiciones naturales como fuertes lluvias, vendavales u ondas de calor, o aquellas debidas a la ubicación geográfica como la posibilidad de erupciones de los volcanes de Pacaya y de Fuego, sismos o terremotos amenazan la producción ante calamidades de la naturaleza.
  - La falta de repuestos a precio razonable por tener maquinaria demasiado antigua y difícil de conseguir en proveedores nacionales e internacionales puede provocar el desuso de la maquinaria, afectando en la productividad.

La información se resume en una matriz FODA que se puede visualizar en la tabla II.

Tabla II. **Matriz FODA**

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• F1: se cuenta con el recurso material, tecnológico y humano para innovar para producir flores que cautiven a los clientes.</li> <li>• F2: gestión HSE promueve mejoras para la producción segura.</li> <li>• F3: capacidad de producción alta y con controles de calidad para tener buena productividad.</li> <li>• F4: compromiso del personal.</li> <li>• F5: ambiente con oportunidades de desarrollo para los trabajadores.</li> <li>• F6: mantenimiento actúa con inmediatez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O1: debilitamiento del segmento del mercado de la competencia por no poseer certificaciones necesarias.</li> <li>• O2: tendencias favorables del mercado para el comercio agrícola.</li> <li>• O3: incremento de poder adquisitivo del mercado internacional de flores.</li> <li>• O4: mercado de variedades específicas de flores mal atendido por la competencia.</li> </ul>

Continuación de la tabla II.

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D1: maquinaria muy antigua.</li> <li>• D2: falta de comunicación efectiva.</li> <li>• D3: cambios en programaciones por actividades urgentes.</li> <li>• D4: falta de jerarquización de maquinaria y equipos conduce a mala administración de los recursos.</li> <li>• D5: gestión del mantenimiento inadecuada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A1: pérdida del mercado.</li> <li>• A2: variación en el precio de la materia prima e insumos.</li> <li>• A3: innovación por la competencia.</li> <li>• A4: condiciones naturales que amenazan a la producción.</li> <li>• A5: repuestos a precios poco razonables.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III se muestra la matriz de las estrategias que se identificaron al contrastar los aspectos a maximizar y minimizar con la intención de mejorar la situación general de la empresa.

Tabla III. **Matriz de estrategias FODA**

<b>Factores internos</b>  <b>Factores externos</b>	<b>Lista de fortalezas</b> <b>F1, F2, ..., F6</b>	<b>Lista de debilidades</b> <b>D1, D2, ..., D5</b>
<b>Lista de oportunidades</b> <b>O1, O2, ..., O4</b>	<p style="text-align: center;"><b>FO (Maxi-Maxi)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de mantenimiento de maquinaria y equipos (F2, F6, O3, O4).</li> <li>• Planificar proyectos a largo plazo de innovación en tecnologías agrícolas modernas relacionadas al giro del negocio. (F1, F2, F3, O1, O3, O4).</li> <li>• Involucramiento para trabajar en equipo en estrategias para producir eficientemente orientado a resultados (F2, F4, F5, O1, O3).</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>DO (Mini-Maxi)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de mantenimiento de maquinaria y equipos (D1, D4, D5, O3, O4).</li> <li>• Planificar proyectos a largo plazo de innovación en tecnologías agrícolas modernas relacionadas al giro del negocio (D1, D4, D5, O1, O3, O4).</li> </ul>

Continuación de la tabla III.

	<b>FA (Maxi-Mini)</b>	<b>DA (Mini-Mini)</b>
<p><b>Lista de amenazas A1, A2, ..., A5</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer pactos de confianza con los clientes y proveedores con compromiso en el cumplimiento de metas (F1, F4, A1, A2, A5).</li> <li>• Plan de contingencia en caso de desastres naturales, reforzando la comunicación (F2, A1, A4).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de contingencia en caso de desastres naturales, reforzando la comunicación (D2, D4, A1, A4).</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.2. Análisis del mantenimiento actual**

Se realizó el análisis del estado de la maquinaria y equipos del área productiva para determinar el diseño del plan de mantenimiento. Para la evaluación del mantenimiento actual se describió la maquinaria que interviene en los procesos de producción, los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo y el estado del mantenimiento de los equipos.

### **2.1.2.1. Descripción del proceso de producción**

El proceso de siembra inicia con el llenado de bandejas con sustrato, las cuales se transportan y se humedecen en el recorrido en una banda transportadora. El operador coloca las semillas de las variedades de flores requeridas en cada celda de la bandeja. Las bandejas se trasladan a las cámaras de germinación, en las cuales las condiciones de humedad deben ser controladas, y para ello se utiliza un sistema de aspersion que mantiene periódicamente un ambiente de neblina.

Cuando las semillas ya han germinado, se trasladan al invernadero que proveerá las condiciones óptimas de humedad para que la planta se desarrolle, mediante el sistema de extracción de aire pan fan y ventiladores. En la noche, la temperatura baja, y para incrementar el calor que reciben las plantas, debajo de las bandejas circula agua caliente. El agua caliente almacenada usada ha sido calentada en el día con un calentador solar. Las plantas se trasladan a otros invernaderos para los procesos de floración y producción de semilla.

Los operarios realizan el montaje de las bancas solicitadas dentro de los invernaderos optimizando el espacio donde se colocarán las bolsas que contendrán a las plantas, y para todo el proceso de movimiento de tierras se utilizan tractores y carretones. Durante la preparación del sustrato a utilizar, se realiza un proceso de pasteurización del sustrato usando las calderas.

En las flores productoras de polen, se extrae el polen de las flores en los invernaderos mediante un sistema de presión negativa; dicho sistema de vacío es suministrado por bombas de succión.

El polen se traslada en frío a las bodegas de polen, y se almacena en con cámaras de refrigeración para mantener a bajas temperaturas previo a su procesado, el cual también se realiza a bajas temperaturas, las cuales se mantienen por el aire acondicionado en el área de preparación. En periodos secos o de verano, se utiliza una cisterna de agua móvil para mojar el suelo de las áreas externas a invernaderos y bodega de polen para evitar que el exceso de polvo de las calles interactúe con el polen.

Durante el tiempo que las plantas están en el proceso de producción reciben los nutrientes por agua que contiene fertilizante, la preparación se realiza por medio de las estaciones de inyección, siendo responsable de esto el departamento de cultivo. Existen otros tipos inyectores de fertilizante que bombean en menor cantidad fertilizante con otros agentes nutrientes para plantas de variedades específicas.

Las plantas son tratadas con agroquímicos para reducir la posibilidad de infectarse por plagas. Para ello, el departamento de cultivo programa la fecha y el tiempo de exposición de los operarios de las bombas de aspersión motorizada móviles utilizadas para dicho proceso.

Cuando llega el proceso de extracción de semilla, las operarias del área de producción, recogen y guardan las semillas en bolsas y se trasladan al área de bodega de semillas. Cada variedad recibirá un procesado específico para eliminar los residuos y/o semillas de calidad inferior para ser aprobada por el control de calidad. Algunos procesos de semilla se realizan con un equipo de proceso de semilla cuya función es eliminar el bagazo y cabeza de la flor; la clasificadora de pared que separa la semilla al hacer pasar una corriente de aire que separa los residuos de la semilla limpia, la tómbola de secado o secadores de semilla cuya función es secar la semilla previo a su almacenamiento.

Las semillas se almacenan en un contenedor de semillas, el cual conserva condiciones de temperatura y humedad controladas. El ambiente utiliza un sistema de extracción de calor por medio de deshumificadores y sistemas de aire acondicionado que son monitoreados constantemente para asegurar que no exista variabilidad en las condiciones.

#### **2.1.2.2. Descripción del mantenimiento actual**

Actualmente, el área de mantenimiento opera con dos tipos de mantenimiento: el mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento preventivo se basa en el uso de un programa de mantenimiento anual, en el cual se indica la periodicidad de mantenimiento, el tipo de mantenimiento a realizar, y departamento responsable. El supervisor del taller asigna semanalmente al personal las tareas de mantenimiento que se realizarán según el programa anual y los mantenimientos correctivos urgentes. Al terminar el mantenimiento preventivo, el técnico de mantenimiento llena la documentación conocida como hoja de servicios, la cual sirve de registro que indica las tareas de mantenimiento realizadas.

El proceso de mantenimiento correctivo inicia con la identificación de la falla en la maquinaria equipo o sistema por el usuario, quien reporta a su superior, quien es un supervisor o coordinador de departamento. El departamento reporta al supervisor de taller ya sea por medio oral (personalmente, o vía telefónica), escrita (por correo electrónico o mensaje instantáneo) o hace llegar una solicitud de mantenimiento, documento que no se usa de forma regular debido al desconocimiento general del personal de esta herramienta. Posteriormente, el supervisor de taller evalúa la urgencia del mantenimiento para programarlo o directamente asignar el personal para solucionar las fallas.

La cantidad de mantenimientos correctivos es mayor a la del mantenimiento preventivo, siendo los primeros de urgencia dando como resultado un mantenimiento preventivo ineficiente e insostenible pues, a pesar de que se programan fechas de mantenimiento, no se cumplen a su totalidad en el tiempo propuesto.

El indicador clave de rendimiento con el que cuenta el departamento para evaluar la gestión de mantenimiento es el porcentaje de cumplimiento de programa anual de mantenimiento. Este indicador sirve para evaluar el avance de cumplimiento de en las ordenes de mantenimiento programadas y las que han sido completadas y, actualiza de forma mensual el porcentaje representado de forma gráfica.

A pesar de que el área de taller trabaja para cumplir con lo requerido para tener la maquinaria y equipos en buenas condiciones, no existe un plan estratégico que oriente al área de taller a realizar ciertos procedimientos de forma estándar para que se pueda cumplir con los objetivos trazados por la organización.

El programa de mantenimiento actual tiene una periodicidad que no toma en cuenta aspectos de mantenimientos mayores o menores, lo que genera confusión en cuanto a la de importancia y recursos necesarios de cada mantenimiento. No se proyectan los mantenimientos de acuerdo al programa de mantenimiento, y cuando se realizan no se estiman los insumos a utilizar a tiempo.

La maquinaria y equipos no están estructurada de forma jerárquica. Esta carencia impacta en la toma de decisiones para invertir mejor el presupuesto asignado al área de mantenimiento, pues no todos los equipos tienen la misma

importancia en su impacto en la salud, seguridad, ambiente y producción. La carencia de dicha estructura jerárquica ha provocado que cuando fallan los equipos y no hay repuestos en existencia, se mantengan fuera de servicio por un tiempo prolongado, teniendo en cuenta el tiempo de demora por la logística de adquisición de repuestos y reparación o equipos nuevos, se genera ineficiencia en los procesos. También, es importante reconocer cuales son los equipos críticos y establecer rutinas de mantenimiento especiales adicionales al mantenimiento preventivo, ya que en caso que fallen, pueden causar pérdidas económicas significativas, o accidentes graves, entre otros.

Se identificó que la maquinaria y equipos no tienen un nombre y código asignado apropiado ya que actualmente se nombran ya sea por la marca, modelo del equipo, o por un nombre adquirido a través del tiempo, lo que genera confusión e interpretaciones erróneas.

Actualmente, no se cuenta con registros de fallas, cambios de piezas o modificaciones importantes en la maquinaria y equipos o cualquier documento que sirva de historial.

Las rutinas de mantenimiento preventivo actuales se basan en servicios de mantenimiento preventivo genéricos transmitidos de forma oral y práctica para cumplir su propósito. Se desconocen las instrucciones recomendadas por el fabricante para la conservación de los equipos, y no hay procedimientos internos que indiquen las instrucciones para realizar las tareas de mantenimiento de la maquinaria y equipos.

La empresa cuenta con algunos manuales de servicio de sus equipos, pero no se hace uso regular de los mismos, posiblemente porque la información está en otros idiomas. Las rutinas de mantenimiento se deben basar en lo

recomendado por el fabricante, ya que con esta referencia se puede identificar los servicios de mantenimiento, frecuencia, formas de reparación y notas de seguridad que no deben pasar desapercibidas.

### 2.1.2.3. Maquinaria y equipos

A continuación, en la tabla IV, se muestra el listado de la maquinaria y los equipos y el departamento responsable de los mismos.

Tabla IV. Listado de maquinaria y equipos

No.	Maquinaria / equipo	Cantidad	Departamento responsable
1	Aire acondicionado	7	Bodega de semillas
		3	Invernadero germinador
		1	Producción
2	Bomba con hidroneumático	2	Cultivo
		2	Invernadero germinador
3	Bomba de agua	22	Varios
4	Bomba de aspersión motorizada	16	Cultivo
5	Bomba de succión	15	Producción
6	Bomba dosificadora de cloro	2	Cultivo
7	Bomba sumergible	7	Cultivo
8	Caldera	3	Operaciones
9	Calentador solar	1	Bodega de semillas
		1	Invernadero germinador

Continuación de la tabla IV.

10	Carretón	28	Operaciones
		4	Producción
		1	Invernadero germinador
11	Ciclonete	5	Bodega de semillas
12	Clasificadora de pared	2	Bodega de semillas
13	Compresor	3	Operaciones
		4	Bodega de semillas
		1	Invernadero germinador
14	Congelador	7	Producción
15	Deshumificador	2	Bodega de semillas
16	Estación de inyección de fertilizante	2	Cultivo
17	Faja transportadora	2	Invernadero germinador
18	Galleta ( <i>pad fan</i> )	1	Invernadero germinador
19	Inyector de fertilizante	12	Cultivo
20	Equipo de proceso de semillas	19	Bodega de semillas
21	Cámara de refrigeración	21	Producción
22	Retroexcavadora	3	Operaciones
23	Secador de semillas	10	Bodega de semillas
24	Tanque de agua	7	Cultivo
25	Termonebulizadora	2	Cultivo
26	Tómbola	2	Bodega de semillas
27	Tractor de tiro	7	Operaciones
25	Termonebulizadora	2	Cultivo
26	Tómbola	2	Bodega de semillas

Continuación de la tabla IV.

27	Tractor de tiro	7	Operaciones
28	Ventilador	91	Varios
29	Cisterna	1	Operaciones

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describirán las generalidades de la maquinaria y los equipos que intervienen en el proceso de producción de las semillas de flores, el tipo de mantenimiento realizado, si se realiza de manera interna o por servicios de subcontratación, la periodicidad del mantenimiento y las tareas de mantenimiento principales. Finalmente, se describirá la marca, el modelo y si cuenta manual el equipo en cuestión.

- Aire acondicionado

Es utilizado comúnmente para reducir la temperatura de espacios en los cuales la temperatura se debe mantener en un cierto parámetro. Se utiliza en las cámaras de germinación, en las bodegas de semillas y en bodega de polen. El impacto en la producción es alto, ya que las fallas de este equipo afectan significativamente a la empresa, que pone en riesgo procesos intermedios como el procesado del polen, bodega de semillas y en laboratorios. Existe cierta flexibilidad operacional para cubrir de forma parcial el impacto en caso que el equipo fallase.

El servicio de mantenimiento es subcontratado y se realizan tres mantenimientos anuales. El mantenimiento realizado en los aires acondicionados incluye limpieza de filtros, servicio al evaporador, condensador, motores del

ventilador, revisión de presión de carga del refrigerante, revisiones eléctricas, ajuste de elementos móviles, y revisión de vibraciones, entre otros. En general, se considera que no hay fallas recurrentes; sin embargo, no están exentos de fallas, pues, durante el periodo de realización del EPS se han apreciado fallas por falta o exceso de refrigerante, fallas eléctricas y fallas en el condensador. Los costos de mantenimiento y reparación son bajos.

No se ha identificado que este equipo genere impacto al medio ambiente o a la salud y seguridad.

Las marcas de algunos equipos son AirOne modelo KF-61GW-R y Samsung modelo AR-HCFN. Si se cuenta con manuales de operación. A continuación, en la figura 3 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 3. **Aire acondicionado**



Fuente: elaboración propia.

- **Bomba con hidroneumático**

Su función es incrementar la presión del agua que pasa a través del sistema. Se utiliza para generar la neblina en las cámaras de germinación a presión También, se utilizan para el traslado de agua a tanques elevados. El equipo tiene un impacto en la producción alto pues es responsable de un proceso automatizado y continuo, en el cual si existiese una falla puede llegar a afectar el

plan de producción. No existe demasiada flexibilidad operacional para cubrir el impacto del equipo en caso que fallase, pues no se cuenta con repuestos.

El mantenimiento que se realiza es subcontratado, teniendo una periodicidad anual. Entre algunos servicios que recibe el equipo es la verificación de funcionamiento eléctrico y de sistema de presión, revisión de condiciones del impulsor de la bomba, sello mecánico e instrumentos. Cada dos años se realiza la prueba hidrostática, que consiste en permitir el ingreso de agua a una presión específica cuyo resultado garantiza que durante la operación el equipo no tenga posibilidades de estallar. Durante la realización del EPS se identificó que no existe una medida de seguridad que indique si el equipo está funcionando; también se aprecia que es necesario reforzar el mantenimiento preventivo eléctrico en general para todos los equipos.

Normalmente, el equipo no representa un riesgo para la salud y seguridad, y no se genera un impacto al medio ambiente y los costos de mantenimiento del equipo son relativamente bajos. La marca del equipo es Pro-Source modelo PSP 195-T02, si se cuenta con el manual de operación. A continuación, en la figura 4 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 4. **Bomba con hidroneumático**



Fuente: elaboración propia.

- Bomba centrífuga

Se utilizan para diversos propósitos, ya que el proceso de agricultura así lo demanda. Las bombas de agua centrífugas se utilizan para el funcionamiento de las estaciones de inyección de agua, para el funcionamiento de las calderas, calentadores solares, galleta, traslado de agua desde tanques de almacenamiento, entre otros. El impacto en la producción el alto, y pueden afectar al plan de producción por retrasos del mismo. Se cuenta con inventario de reserva que pueda cubrir un inconveniente e igualmente existen sistemas alternos para traslado de agua en algunos casos.

El mantenimiento que se realiza es subcontratado e interno, teniendo una periodicidad anual. Los servicios que se realizan son la revisión de funcionamiento eléctrico, análisis de ruido de cojinetes, funcionamiento del impulsor y sello mecánico.

Se ha identificado fallos en bombas mínimos, y se ha observado que no existe una inspección de las condiciones de las mismas de forma periódica. Los costos de mantenimiento y reparación son bajos y el impacto en la salud, seguridad y ambiente son bajos y remotos.

Se utilizan varios modelos, pero las bombas centrífugas que tienen manual de servicio son Pentair Sta-Rite DS3 Series.

A continuación, en la figura 5 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 5. **Bomba centrífuga**



Fuente: elaboración propia.

- **Bomba de aspersión motorizada**

Es una estructura móvil que consta de un tanque de almacenamiento, un motor y una bomba de aspersión. El tanque de almacenamiento almacena los agroquímicos que se aplican a las plantas, un motor ya sea eléctrico o de combustión interna a gasolina y una bomba de aspersión que es accionada por el motor. El departamento de cultivo periódicamente hace aspersiones de agroquímicos para reducir las plagas en los invernaderos.

El impacto a la salud y seguridad durante la operación del equipo es alto, esto debido a que el contenido químico del tanque y durante la aspersión es toxico, por ese motivo los operadores usan equipo de protección personal especial y realizan la limpieza apropiada del equipo después de su uso. El impacto al medio ambiente es significativo, y puede contaminar suelos y atmosfera.

Este equipo tiene alta flexibilidad operacional, pues se cuenta con varias unidades para cubrir el impacto de producción en caso que el equipo fallase.

El mantenimiento se realiza de forma interna por el departamento de operaciones cada 50 horas. Para cada servicio se hace un servicio al motor de combustión interna, en el cual se hace cambio de aceite, limpieza de filtro de aire y de gasolina, limpieza de carburador y bujía, se revisan las poleas, fajas escape y resto de estructura del motor. Para la bomba de aspersión, se revisa el aceite, funcionamiento de las llaves y la regulación, y su funcionamiento general.

También, se realiza una revisión al tanque de almacenamiento de agroquímicos, revisión y ajuste de la estructura móvil y llantas. La limpieza de las mangueras, boquillas y equipo la realiza el departamento de cultivo después de su uso, asegurándose de dejarla libre de residuos químicos antes de su almacenamiento. Los costos de mantenimiento son bajos.

El motor del equipo es un motor Honda Modelo GX270 y la bomba de aspersión es una bomba Maruyama modelo MS413 ECH. Para ambos sistemas se cuenta con el manual de fabricante. A continuación, en la figura 6 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 6. **Bomba de aspersión motorizada**



Fuente: elaboración propia.

- Bomba de succión

Es utilizada en los invernaderos para proveer presión de aire negativa en sistemas de succión que se utilizan para extraer el polen de las flores. Existen de dos tipos: las bombas de paletas y las bombas de lóbulos. La succión de polen es una actividad que demanda alta disponibilidad del equipo, por tanto, su impacto en la producción es muy alto. Existe cierta flexibilidad operacional pues el sistema de vacío está interconectado con otras bombas de succión en caso que una fallase. El equipo no genera impacto al medio ambiente o afecciones a la salud apreciables.

El mantenimiento se realiza internamente y se realiza de forma semestral. El servicio incluye la limpieza y cambio de filtros de aire, cambio de aceite, limpieza y cambio de filtro de aceite, revisión de funcionamiento del radiador y ventilador, cojinetes, instrumentación, verificación de funcionamiento eléctrico, entre otros. No se apreció una frecuencia de fallos recurrentes, pero no está exento de las mismas. Los costos de mantenimiento y reparación de la maquinaria son bajos.

La marca es Gardner Denver Serie Sutorbilt Legend y si se cuenta con el manual de fabricante.

A continuación, en la figura 7 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 7. **Bomba de succión**



Fuente: elaboración propia.

- **Bomba dosificadora de cloro**

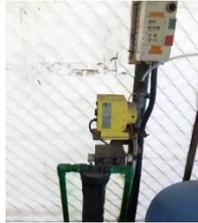
Se utiliza para introducir para tratar el agua y volverla potable de modo que sea utilizada en áreas administrativas, para cocina, y algunos procesos productivos. El impacto en la producción del equipo es bajo pues el equipo no afecta la calidad en el producto final, y no tiende a dar fallas. Si el equipo llegase a fallar existen formas para cubrir parcialmente el proceso realizado.

El mantenimiento realizado es subcontratado y se hace de forma anual. El servicio consta de la revisión del equipo y sus válvulas, mangueras, tanque.

Los costos de mantenimiento del equipo son bajos, y el impacto a la salud, seguridad y medio ambiente son menores y remotas.

La marca es LiquiPro 300 series PW15, si se cuenta con el manual de fabricante. A continuación, en la figura 8 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 8. **Bomba dosificadora de cloro**



Fuente: elaboración propia.

- **Bomba sumergible**

Está instalada en los pozos mecánicos y se encarga de extraer el agua para el consumo diario de la finca. El impacto en la producción es alto pues es un elemento importante para extraer el agua usada para el proceso de agricultura. Existe cierta flexibilidad operacional para cubrir parcialmente el impacto en la producción en caso que el equipo fallase.

El mantenimiento se realiza de forma interna. El mantenimiento para la bomba sumergible que se realiza únicamente consiste en la verificación del funcionamiento eléctrico a partir del tablero eléctrico. El equipo tiene un tiempo de vida, y cuando está por cumplirse se realiza el proceso de compra de una nueva bomba sumergible, por lo que los costos de mantenimiento a largo plazo son altos. El equipo no afecta a la salud, la seguridad y el medio ambiente.

Únicamente, se cuenta sabe que la marca es Franklin Electric, no existe manual de fabricante.

- Caldera

Se utiliza para la pasteurización de sustrato, así como esterilización de otros insumos del área de producción como las bolsas de almacenamiento de semillas. La falla de una o varias calderas repercute en el plan de producción y puede generar retrasos. Las calderas tienen cierta flexibilidad, pues se cuenta con tres a disposición para los mismos procesos.

El mantenimiento menor consiste en eliminar todos los residuos que se depositan en el interior de la cámara de agua de la caldera que se generan por la separación de los minerales durante el proceso. Sin embargo, se ha identificado que esta actividad como mantenimiento no es suficiente, perjudicando el tiempo de vida del equipo y eficiencia del proceso.

Se planificaron tres mantenimientos mayores al año. Durante los mantenimientos mayores se revisa el estado de la tubería de agua, válvulas, instrumentación (manómetro de vapor, de bomba de agua y del quemador), visores de caldera, bomba de diésel, acoples, válvulas de seguridad, filtros de bomba de agua, depósito de agua, estructura metálica, y verificación de funcionamiento eléctrico de contactores, protectores de voltaje, sistema de alarma, y funcionamiento eléctrico general.

Debido a que no se cuenta con un historial o bitácora no se ha podido corroborar los cambios o mantenimientos mayores realizados. El riesgo en la salud y seguridad es alto si se tiene en cuenta que se trabaja con un equipo de altas presiones y temperaturas y si este no recibe el mantenimiento apropiado, pero a pesar de ello, las condiciones de operación siempre han sido estables y seguras. El impacto al medio ambiente es casi inexistente, porque el humo se recupera y se aprovecha en el proceso térmico.

Las calderas no reciben tratamiento químico para controlar el pH y dureza del agua que ingresa al equipo, acción que deteriora la eficiencia de la caldera generando exceso de los lodos e incrustaciones aislando el intercambio de calor de las cámaras internas. Se ha identificado una frecuencia de fallos recurrente en el equipo, pero, los costos de mantenimiento son bajos.

El equipo es de marca York-Shipley Series 300VTB de 30 Hp. A continuación, en la figura 9 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 9. **Caldera**



Fuente: elaboración propia.

- **Calentador solar**

Se utiliza para calentar el agua utilizada en las noches para circular agua caliente debajo de las plantas que están en crecimiento. El impacto en la producción es alto, siendo importante para cumplir con el plan de producción. El equipo cuenta con formas para cubrir el impacto en la producción en caso que fallase.

El mantenimiento se realiza de forma interna con una periodicidad anual. Se realiza un mantenimiento a los paneles solares, tanque de almacenamiento

de agua caliente, sistema de bombas, así como revisión de un sistema auxiliar de un calderín y revisión general del sistema eléctrico.

Estos equipos no tienen tratamiento de agua, y por dicha razón existe incrustación en la tubería del tanque, lo que causa un desgaste prematuro del equipo. Actualmente, la frecuencia de fallos es mínima. Los costos de mantenimiento son altos, y es necesario subcontratarlos en caso de un mantenimiento correctivo. El equipo no es riesgoso para la salud ni genera un impacto al medio ambiente. No hay información disponible de la marca y no se cuenta con manual de fabricante.

- Cámara de refrigeración

Son refrigeradoras en las cuales se almacena todo el polen que producen las flores dentro de los invernaderos. El polen extraído de la flor debe ser almacenado a bajas temperaturas para mantener la viabilidad, es decir, la capacidad de polinizar a otra flor en la cual es aplicada. Ya que el polen es muy susceptible a perder su viabilidad si la temperatura no se controla, se monitorea la temperatura indicada por un termostato. El impacto en la producción es alto pues mantiene a bajas temperaturas el polen para mantener su viabilidad. Se cuenta con varios equipos que realizan la misma función, por tanto, tiene flexibilidad operacional.

El mantenimiento se realiza de forma interna de forma semestral. No existe un proceso de verificación de funcionamiento adecuado del termostato, o formas para protegerlas en caso de un apagón prolongado. El proceso de mantenimiento consiste en las tareas de revisión general de los equipos, verificación de funcionamiento del termostato, y del funcionamiento eléctrico. La frecuencia de fallos es mínima, pero se ha podido identificar desperfectos en el presostatos y

aumentos de temperatura en las cámaras de refrigeración. Los costos de mantenimiento son bajos. La salud, seguridad y ambiente no representan un peligro.

La marca es Fogel modelo VR-17 Series R97-06-1096. A continuación, en la figura 10 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 10. **Cámara de refrigeración**



Fuente: elaboración propia.

- **Carretón**

Se utilizan por el departamento de operaciones para el traslado de materiales e insumos, procesado de sustrato durante pasteurización, existiendo diferentes tipos de carretones. Los carretones tienen una estructura metálica con ruedas y un sujetador con el que se enganchan con un tractor de tiro. En el área productiva se utilizan para el traslado de bandejas. El impacto en la producción es bajo, y debido a que se cuenta con bastantes equipos del mismo tipo no hay inconvenientes por flexibilidad operacional.

El mantenimiento se realiza con personal interno y con una periodicidad anual. El mantenimiento consiste en la revisión de llantas, cojinetes, retenedores,

estructura metálica, y otros accesorios. Se ha identificado que hay una frecuencia de fallos recurrente; siendo las principales fallas los pinchazos de llantas y abolladuras en la estructura. El costo de mantenimiento es bajo, y no hay riesgo para la salud, seguridad y ambiente provocada por el equipo. Estos equipos no tuvieron manual de fabricante alguno. A continuación, en la figura 11 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 11. **Carretón de calderas**



Fuente: elaboración propia.

- **Ciclonete**

Se le llama así al extractor de polvos y desechos producidos durante el procesado de semilla. El impacto en la producción del equipo es bajo y existe maquinaria que puede cubrir de forma parcial el impacto en la producción en caso que el equipo fallase. El impacto del equipo al medio ambiente o el riesgo para la salud y seguridad son mínimos, pero la limpieza y el mantenimiento del ciclonete se debe usar con equipo de protección personal para resguardar las vías respiratorias.

El mantenimiento que se realiza en el mismo es interno y tiene una periodicidad de servicio anual. El servicio que se le da incluye revisión, ajuste del equipo, limpieza de ductos y verificación de funcionamiento eléctrico. Durante el periodo de realización del EPS se identificaron fallas en el motor, vibración en

cojinetes, por tanto, su frecuencia de fallos es apreciable. Los costos de mantenimiento y reparación son bajos. No se cuenta con información de la marca o modelo del equipo, tampoco existe un manual de servicio. A continuación, en la figura 12 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 12. **Ciclonete**



Fuente: elaboración propia.

- **Cisterna**

Es un tanque de almacenamiento de agua que se utiliza para riego de calles, acción realizada únicamente en época de verano, ya que según estudios en la empresa se ha identificado que cuando hay polvo en el ambiente, puede llegar a reducir la viabilidad del polen, por tanto, periódicamente pasa una cisterna que derrama el agua en el suelo para apelmazarlo. El equipo tiene un impacto en la producción bajo, pues se usa por temporadas y no afecta significativamente a la producción. La flexibilidad operacional es alta porque existen otros métodos para obtener métodos para cubrir la función de éste equipo si se encontrase en mal estado.

El mantenimiento se realiza de forma interna con una frecuencia anual y consiste en una revisión de la estructura interna y externa del tanque de agua,

revisión de llantas y chasis del equipo. El tanque se limpia internamente y se considera un espacio confinado y solo personal autorizado tiene permitido el ingreso por cuestiones de seguridad. No se cuenta con marca o manual del equipo. Por tanto, el riesgo para la seguridad es alta; pues se cuenta con una cantidad de oxígeno limitada, y las condiciones dentro del tanque son riesgosas. El costo de mantenimiento es bajo, y el impacto para el medio ambiente es mínimo.

- Clasificadora de pared

Es un equipo que se utiliza en el procesado de semilla para separar las semillas de ciertas variedades por el peso óptimo, separando las semillas de calidad entre la basura y semillas pequeñas que no cumplen las características de calidad. El impacto al medio ambiente es mínimo, y el riesgo para la salud y seguridad es mínimo. El impacto a la producción es bajo y existen otras alternativas para sustituir la función del equipo de forma parcial en caso que fallase.

El equipo tiene servicios de mantenimiento interno, pero debido a su bajo mantenimiento se realiza mantenimiento anual. Los servicios de mantenimiento consisten en una revisión de condiciones de la estructura, las compuertas y los soportes de pared. El costo de mantenimiento es bajo.

La marca es Seed Tech Systems modelo STS-WM3, pero no se cuenta con manual de operación. A continuación, en la figura 13 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 13. **Clasificadora de pared**



Fuente: elaboración propia.

- **Compresor**

El compresor es utilizado para procesos de soplado de semillas que se utilizan para la separación de aquellas que no cumplen los aspectos de calidad como el peso. Principalmente se usa el compresor para actividades del taller. El mantenimiento es realizado de manera interna por el personal del departamento de operaciones y tiene una frecuencia semestral.

Entre algunas tareas de mantenimiento se mencionan la limpieza y cambio de filtros de aire y de aceite, revisión de cojinetes, empaques, tubería, manómetros, válvulas reguladoras, trampas de agua y de aceite, fajas y poleas, y revisión general del funcionamiento eléctrico.

Se cuenta con compresores marca Campbell Haufield y Trupper series Comp-25L 19010 y Comp-50L 19011. Se cuenta con manuales de fabricante. A continuación, en la figura 14 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 14. **Compresor**



Fuente: elaboración propia.

- Congelador

Son utilizados en la producción para proveer hielo a las personas que transportan en contenedores el polen desde los invernaderos hacia la bodega de polen, y con ello mantienen un ambiente controlado para el transporte del polen de forma económica. El impacto en la producción es bajo, pues no está directamente involucrado en el proceso productivo y la flexibilidad operacional es alta, pues existen otros equipos que realizan la misma función que pueden brindar soporte si el equipo fallase. El equipo no genera residuos que afecten al medioambiente.

El mantenimiento es realizado de forma interna con los técnicos de mantenimiento del área de operaciones anualmente. Entre los servicios de mantenimiento se mencionan la revisión de funcionamiento del sistema de enfriamiento, estructura en general y funcionamiento eléctrico. La frecuencia de fallos es baja, los costos de mantenimiento son bajos, el riesgo para la salud y seguridad es mínima. La marca del equipo es Dual GRS modelo GF420 y si se cuenta con manual de fabricante. A continuación, en la figura 15 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 15. **Congelador**



Fuente: elaboración propia.

- **Deshumificador**

Tiene la función de controlar las condiciones de humedad que existen en los cuartos de bodega de semillas. El equipo tiene un alto impacto en la producción pues otorga el ambiente controlado para almacenar el producto final y conservarlo en las condiciones apropiadas. No existe una forma confiable de cubrir la función del equipo en caso que fallase.

El mantenimiento es realizado de forma interna y los servicios se hacen cada 8 meses. Entre las tareas de mantenimiento que se realizan se encuentra la limpieza de filtros, revisión de estado de ductos y aislante térmico, revisión general del equipo, fajas, así como verificación del funcionamiento eléctrico de fusibles, contactores, conductores y equipo. Se evidenció que existe una frecuencia de fallos recurrentes y que los costos de mantenimiento y reparación son altos.

El equipo puede ocasionar afecciones a la salud, pero las posibilidades son remotas Y no se genera un impacto relevante al medio ambiente. Las marcas son Munters y Stultz DEZ Series 1000. Se cuenta con ambos manuales de servicio. A continuación, en la figura 16 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 16. **Deshumificador**



Fuente: elaboración propia.

- Equipo de proceso de semillas

Es un equipo utilizado para quitar residuos que vienen con las semillas como las cabezas de flores y demás subproductos fibrosos mediante cepillos, o aspas. El impacto en la producción es medianamente alto, ya que se usa para el procesado en altos volúmenes de semillas. No se tiene suficiente flexibilidad operacional en caso que un equipo fallase.

El mantenimiento se realiza internamente y tiene una frecuencia de dos veces al año. Los servicios que se realizan en el mismo son la revisión del estado de las guardas de protección, fajas, ejes, estructura, graseras, motor y verificación del funcionamiento eléctrico e interruptores de emergencia. Se identificaron fallas en los ejes de los motores, eléctricas y en la estructura y de forma frecuente. Los costos de mantenimiento son bajos.

El uso del equipo puede ocasionar riesgos en la seguridad, pero son muy remotos, igualmente el impacto al medio ambiente es mínimo. Existen con marca Westrup, Crippen Model S, Clipper Eclipse 334. Se cuenta con algunos manuales de fabricante. A continuación, en la figura 17 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 17. **Equipo de proceso de semillas**



Fuente: elaboración propia.

- Estación de inyección de fertilizante

Este sistema es el encargado de realizar la mezcla de agua y fertilizante de forma constante para el proceso y posteriormente. El impacto al medio ambiente por el uso del equipo puede generar un incidente ambiental menor y fugas fáciles de contener. Puede ocasionar afecciones a la salud, pero su posibilidad es muy remota. El equipo tiene un alto impacto en la producción pues afecta la calidad, pero la frecuencia de fallos es mínima por tanto no es problemático. Existe maquinaria que puede cubrir de forma parcial el impacto en caso que un equipo fallase.

El mantenimiento es interno y lo realiza el departamento de cultivo, con una periodicidad de cada 6 meses. El mantenimiento incluye la revisión y limpieza de toda la tubería, mangueras, válvulas, tanques, filtros, agitadores y controles.

El mantenimiento del departamento de operaciones incluye la verificación del funcionamiento eléctrico del equipo. El costo de mantenimiento es bajo. Únicamente se conoce que son equipos marca Anderson. A continuación, en la figura 18 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 18. **Estación de inyección de fertilizante**



Fuente: elaboración propia.

- Faja transportadora

La faja transportadora es utilizada en el invernadero germinador para transportar y humedecer bandejas en las cuales se colocará las semillas. No representa un riesgo para la salud, la seguridad y el medio ambiente. La frecuencia de falla es baja y el impacto en la producción también es bajo ya que existen otras alternativas si el equipo fallase.

Su mantenimiento lo realiza el departamento de operaciones anualmente. El mantenimiento que se realiza es la revisión, la limpieza y el ajuste de fajas, poleas, guardas de protección, rodillos y aspectos eléctricos como el motor eléctrico. El costo de mantenimiento es bajo.

Se identificaron fallas como el quiebre de una paleta de la bandeja transportadora a causa de obstrucciones. No se cuenta con información sobre el fabricante del equipo ni manuales de servicio. A continuación, en la figura 19 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 19. **Faja transportadora**



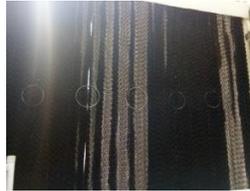
Fuente: elaboración propia.

- **Galleta (*pad fan*)**

Este sistema se utiliza para crear un ambiente húmedo y frío en el invernadero germinador para que la planta crezca apropiadamente. Se le conoce específicamente como galleta a una especie de paneles, puestos a lo largo del invernadero, constituidos de un material absorbente con un aspecto de cartón cuya función es transmitir humedad al ambiente. El impacto en la producción es bajo y existen otras alternativas para cubrir de forma parcial al equipo en caso que fallase.

El mantenimiento es interno y tiene una periodicidad mensual. El mantenimiento del equipo incluye la revisión de funcionamiento y limpieza en el sistema de agua que incluye bomba de agua, filtros, tubería, canales y drenaje y la galleta. Para este proceso se requiere mucha precaución debido a que tienen que realizar una serie de pasos para desmontar la galleta. La frecuencia de fallos es baja, los costos de mantenimiento son bajos, y no hay riesgos para la salud, seguridad e impacto al medio ambiente. A continuación, en la figura 20 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 20. **Galleta (pad fan)**



Fuente: elaboración propia.

- Inyector de fertilizante

Este equipo se utiliza en los invernaderos para dosificar cantidades específicas de nutrientes al agua con fertilizante a las plantas. El impacto en la producción es alto pues afecta la calidad; existen otras acciones que puedan cubrir de forma parcial el impacto en la producción si el equipo fallase. No existe alto riesgo para la salud, seguridad e impacto al medio ambiente.

El mantenimiento es realizado por el departamento de cultivo y se realiza anualmente, entre ellos se realiza la revisión de pistones y empaques, cheques internos, empaques y resortes, y limpieza de filtros tubería y equipo en general. Los costos de mantenimiento son bajos.

A continuación, en la figura 21 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 21. **Inyector de fertilizante**



Fuente: elaboración propia.

- **Retroexcavadora**

También conocidas como tractor de cargador frontal en la empresa. Esta maquinaria pesada se utiliza para procesos varios en la empresa destacando en el proceso de colado de sustrato y llenado de sustrato en carretones. El impacto en la producción es bajo, pero puede retrasar el proceso operativo ordinario. Existen equipos que pueden cubrir a un equipo con desperfectos mecánicos, por tanto, se considera que si tiene flexibilidad operacional.

El mantenimiento se realiza con personal interno con una periodicidad de cada 6 meses. Entre las tareas de mantenimiento se puede mencionar el cambio de aceite de motor, hidráulico, de transmisión, diferencial y de dirección; cambio de filtros de aceite de motor, aceite hidráulico, de aire, de combustible, revisión de cilindros hidráulicos, del radiador, fajas, refrigerante, revisión de sistema de frenos y embrague, cambio de llantas, así como la verificación del funcionamiento eléctrico completo, que incluye las baterías, motor de arranque, alternador, panel de indicadores, luces y bocina. Durante el periodo de realización del EPS se apreció una frecuencia de fallos alta y se pudo identificar fallos en el sistema hidráulico de la maquinaria.

Se cuenta con tractor Komatsu WA 120, John Deere 210 C y John Deere 310 E. A continuación, en la figura 22 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 22. **Retroexcavadora**



Fuente: elaboración propia.

- Secador de semillas

Básicamente los secadores de semillas son resistencias en serie dispuestas en cámaras que sirven para evaporar el agua que tienen las semillas después de su procesado. El impacto en la producción es medio porque no afecta a la producción o a la calidad del producto final. Existe maquinaria del mismo tipo en existencia que cubre de forma parcial en caso que alguno fallase. No genera riesgos altos para la salud, seguridad y medio ambiente.

El mantenimiento preventivo se realiza internamente con una frecuencia de dos veces al año. El mantenimiento consiste en la revisión de las condiciones de la estructura, bisagras y pasadores del equipo y las recamaras de almacenamiento y revisión del funcionamiento eléctrico de las resistencias y conductores. La frecuencia de fallos del equipo es baja y los costos de mantenimiento son bajos.

La marca del equipo es Quality Testing, no se cuenta con un manual de fabricante. A continuación, en la figura 23 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 23. **Secador de semillas**



Fuente: elaboración propia.

- **Tanque de agua**

Se utilizan para almacenar el agua que se extrae de los pozos para su uso en la producción, cocina, entre otros. El impacto en la producción es alto porque puede afectar en gran medida el programa de producción y la cobertura de necesidades básicas de gran cantidad de personas. Actualmente, se cuenta con varios tanques, por lo que se puede decir que existe flexibilidad operacional.

El mantenimiento es interno y lo realiza el departamento de cultivo de forma anual. Los servicios incluyen la limpieza del tanque y revisión de la tubería, válvulas anti retorno y del funcionamiento de la bomba de agua. La frecuencia de fallo es baja y no se generan residuos o impacto al medio ambiente. La seguridad ocupacional puede verse afectada si es requerido ingresar al tanque para su limpieza, pues es un área confinada cuyo oxígeno es limitado.

Estos tanques no tienen información de fabricante. A continuación, en la figura 24 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 24. **Tanque de agua**



Fuente: elaboración propia.

- **Termonebulizadora**

Es un equipo que se utiliza para fumigar a base del quemado de una sustancia que produce humo. El impacto en la producción es bajo pues no afecta a la producción o a la calidad.

El mantenimiento que se realiza es interno y se realiza anualmente. El servicio consiste en la limpieza meticulosa de piezas, tanque de combustible, revisión y cambio de piezas. Los costos de mantenimiento son bajos y existe maquinaria del mismo tipo que puede usarse si fallase alguna del mismo tipo. Puede ocasionar afecciones a las vías respiratorias pero las posibilidades son muy remotas si se siguen las instrucciones de uso. El ambiente puede tener un incidente menor pero fácil de contener.

Se cuenta con equipos marca Swingfog modelo SN50 series D-88307, se cuenta con el manual de fabricante. A continuación, en la figura 25 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 25. **Termonebulizadora**



Fuente: elaboración propia.

- **Tómbola**

Se utiliza en el procesado de semilla para separar los residuos y la semilla por medio del movimiento envolvente al cual se someten las semillas dentro del equipo. Tiene bajo impacto en la producción y no tiende a ser problemático, ya que no hay fallas recurrentes en el equipo. No se tiene equipos que puedan realizar la misma función del equipo en caso que fallase.

El mantenimiento es interno y se realiza anualmente. El mantenimiento consiste en la revisión del estado de las guardas de protección, rodos de cilindro, eje, poleas y fajas, plato de accionamiento, compuerta, estructura y drenaje. Los costos de mantenimiento son bajos, y no existe un impacto al medio ambiente apreciable. No hay potenciales riesgos para la salud y seguridad ocupacional siempre y cuando se use el equipo apropiadamente.

No se cuenta con manual de fabricante del equipo. A continuación, en la figura 26 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 26. **Tómbola**



Fuente: elaboración propia.

- **Tractor de tiro**

Esta maquinaria agrícola se utiliza para trasladar carretones u otras herramientas que se utilizan en el campo. El impacto en la producción es bajo, pues su uso principal no es en actividades productivas y no afecta a la calidad del producto final. Existe suficiente flexibilidad operacional debido a que se cuenta con bastantes tractores de tiro. El riesgo para la seguridad es alto y existe una posibilidad de generar incidentes ambientales menores fáciles de contener.

El mantenimiento es interno y lo realiza el departamento de operaciones, la periodicidad de los servicios es semestral. Entre las tareas de mantenimiento se puede mencionar el cambio de aceite de motor, hidráulico, de transmisión, diferencial y de dirección; cambio de filtros de aceite de motor, aceite hidráulico, de aire, de combustible, revisión de cilindros hidráulicos, del radiador, fajas, refrigerante, revisión de sistema de frenos y embrague, cambio de llantas, así como la verificación del funcionamiento eléctrico completo, incluyendo las baterías, motor de arranque, alternador, panel de indicadores, luces y bocina. Los principales problemas vistos en el periodo de realización del EPS fueron llantas

pinchadas. La frecuencia de fallos es relativamente alta, siendo los costos de mantenimiento altos.

Se utilizan tractores Massey Ferguson 240, John Deere 670, y John Deere 5036. No se cuenta con los manuales de fabricante. A continuación, en la figura 27 se muestra una fotografía del equipo.

**Figura 27. Tractor de tiro**



Fuente: elaboración propia.

- Ventilador

Los ventiladores son equipos cuya función es desplazar el aire caliente del ambiente dentro de los invernaderos hacia los extractores de aire, y éstos últimos se encargan de expulsar el aire caliente hacia afuera de los invernaderos.

El impacto en la producción es bajo y existen suficientes equipos del mismo tipo que realizan la función designada o de repuesto en caso que fallase. La frecuencia de fallos es algo recurrente, y los costos de mantenimiento son bajos, pero en algunos casos, por ser equipos muy antiguos se debe hacer solicitud de compra por equipos nuevos. El impacto a la salud y seguridad es bajo y no hay

impacto al medio ambiente. A continuación, en la figura 28 se muestra una fotografía del equipo.

Figura 28. **Ventilador**



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Jerarquización de maquinaria y equipos**

Para jerarquizar la maquinaria y los equipos como críticos, importantes y prescindibles se realizó un análisis de criticidad evaluándola dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan.

### **2.2.1. Análisis de criticidad**

Se realizó el análisis de criticidad de los equipos mediante el modelo de criticidad semicuantitativo, calculando individualmente la criticidad total por riesgo (CTR). El valor de la criticidad es un indicativo que evalúa el nivel de las consecuencias de los posibles fallos en la maquinaria y equipos incrementados por el historial o frecuencia de fallo. Con este valor se puede identificar el impacto de los activos al sistema productivo para jerarquizarlos y controlar los riesgos, por medio de implementación de tareas de mantenimiento adecuadas, dependiendo si el equipo es crítico, importante o prescindible:

- Equipos críticos. Afectan significativamente los resultados de la empresa porque son equipos cuya parada o mal funcionamiento generan un alto impacto en la producción, altos costos de mantenimiento y logística, o un riesgo para la salud, la seguridad y el medio ambiente.
- Equipos importantes. Cuando estos equipos tienen desperfectos afectan los resultados de la empresa, pero las consecuencias son asumibles, debido a que existe una mayor flexibilidad operacional, los costos de mantenimiento y logística son bajos o un riesgo para la salud, la seguridad y el medio ambiente bajo control.
- Equipos prescindibles. La falla de estos equipos tiene una baja influencia en los resultados de la producción. Es posible que al menos, generen una molestia para trabajar o cambios en los procesos de escasa trascendencia, o un pequeño costo adicional.

La ecuación utilizada para el cálculo de la criticidad total por riesgo se presenta en la figura 29.

Figura 29. **Ecuación de criticidad total por riesgo**

$CTR = FF \times C$	
•	Donde:
•	CTR: criticidad total por riesgo
•	FF: frecuencia de fallo
•	C: consecuencia de fallos

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 61.

Para calcular el valor de la consecuencia de fallos se utiliza la ecuación descrita en la figura 30.

Figura 30. **Ecuación de consecuencia de fallos**

$$C = (IO \times FO) + CM + SSO + A$$

Donde:

- C: consecuencia de fallos
- IO: factor de impacto en la producción
- FO: factor de flexibilidad operacional
- CM: factor de costos de mantenimiento
- SSO: factor de impacto en salud y seguridad ocupacional
- A: factor de impacto en el medio ambiente

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 61.

Para el análisis del impacto operacional (IO) se identificó la escala de impacto que cada equipo o maquinaria tiene, y lo que ocurriría si éstas fallen durante la operación y quedasen fuera de servicio mientras se realiza un diagnóstico de estado y/o reparación, evaluando en escala el porcentaje de pérdidas de producción directa e indirecta. Para este aspecto también se contempló la situación sobre qué pasaría si la maquinaria o equipo no realice su función apropiadamente, afectando la calidad del producto generando pérdidas en la producción. En la tabla V, se muestran los valores a considerar en el análisis de criticidad correspondiente al impacto operacional.

Tabla V. **Escala de impacto operacional**

<b>Escala</b>	<b>Valor (IO)</b>
10	Su parada afecta al plan de producción y/o a los clientes, es clave para la calidad del producto, y desperfectos causan un alto porcentaje de rechazos del producto.
5	Afecta a la producción, pero es recuperable; no afecta a los clientes y producto final. Además, afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.
1	Poca influencia en la producción y en la calidad.

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 61.

Para el análisis de flexibilidad operacional se identificó si existen más unidades de reserva que sirvan para cubrir la producción, si hay métodos que ayuden a cubrir la función de dicho equipo, o si el proceso de adquisición de una maquinaria, equipo, repuesto y/o reparación tiene logísticas grandes o pequeñas para volver a la puesta en marcha normal.

En la tabla VI se muestran los valores a considerar en el análisis de criticidad correspondiente a la flexibilidad operacional.

Tabla VI. **Escala de impacto por flexibilidad operacional**

<b>Escala</b>	<b>Valor (FO)</b>
4	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.

Continuación de la tabla VI.

2	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios.
1	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 61.

Para el análisis en el mantenimiento (M) se evaluaron aspectos como: costos de reparación (inferiores a Q 10 000 y costos altos iguales o superiores a Q 10 000), si necesita revisiones periódicas frecuentes o el porcentaje de recursos destinados a mantenimiento que consumen. El rango monetario lo determinó el coordinador de mantenimiento basado en experiencias previas. En la tabla VII se muestran los valores a considerar en el análisis de criticidad correspondiente al impacto en costos de mantenimiento.

Tabla VII. **Escala para cálculo de impacto en costos de mantenimiento**

<b>Escala</b>	<b>Valor (CM)</b>
1	Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a Q10 000
2	Costos de reparación, materiales y mano de obra inferiores a Q10 000

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 61.

Para el análisis en salud y seguridad; se evaluó el riesgo de accidente o daños importantes a la salud del personal operativo y circundante. Para el análisis en el factor medio ambiente se evaluó el grado en el que pueda ocurrir un incidente ambiental que exceda los límites permitidos. La información se obtuvo a partir de la documentación existente del departamento de HSE sobre la evaluación de riesgos de tareas. En las tablas VIII y IX se muestran los valores a considerar en el análisis de criticidad correspondiente al impacto en salud y seguridad ocupacional y medio ambiente respectivamente.

Tabla VIII. **Escala para cálculo de impacto en salud y seguridad ocupacional**

<b>Escala</b>	<b>Valor (SSO)</b>
8	Riesgo alto de pérdida de vida daños graves a la salud del personal.
6	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud.
3	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo).
1	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud.

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 62.

Tabla IX. **Escala para cálculo de Impacto a medio ambiente**

<b>Escala</b>	<b>Valor (A)</b>
8	Incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos
6	Incidente ambiental de difícil restauración.

Continuación de la tabla IX.

3	Incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
1	No existe ningún riesgo de daños ambientales.

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 62.

Después de haber identificado la consecuencia de fallos, se obtuvo el valor de la frecuencia de fallos. Debido a que no existe un historial de falla de equipo, se procedió a obtener información en observaciones de hojas de servicio y consultas con supervisores mediante entrevistas no estructuradas. La tabla X describe la escala utilizada para la asignación del valor de frecuencia de fallo.

Tabla X. **Escala para cálculo de frecuencia de fallo**

<b>Escala</b>	<b>Valor (FF)</b>
4	Frecuente, si hay incidencia de fallos mayor a 2 veces al año.
3	Promedio, si hay incidencia de fallos de 1 a 2 veces al año.
2	Bueno, si hay incidencia de fallos entre 0.5 a 1 veces al año.
1	Excelente: si hay incidencias de fallos menores de 0.5 veces al año.

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 61.

Los valores de impacto en la producción (IO), flexibilidad operacional (FO), costos de mantenimiento (CO), impacto en la salud y seguridad ocupacional (SSO) y ambiente (A), frecuencia de fallo (FF), consecuencia de los eventos de

fallos (C), criticidad total por riesgo (CTR), de la maquinaria y equipos se tabularon y los resultados se encuentran en la tabla XI.

Tabla XI. **Valores del análisis de criticidad de la maquinaria y equipos**

<b>Maquinaria/ equipo</b>	<b>IO</b>	<b>FO</b>	<b>CM</b>	<b>SSO</b>	<b>A</b>	<b>FF</b>	<b>C</b>	<b>CTR</b>
Caldera	8	2	1	8	3	4	28	112
Deshumificador	8	3	2	2	2	3	30	90
Bomba de aspersión motorizada	8	1	1	8	4	4	21	84
Aire acondicionado	8	3	1	2	2	2	29	58
Bomba de succión	9	2	1	2	2	2	23	46
Cisterna	4	3	1	7	2	2	22	44
Refrigeradora	9	2	1	1	2	2	22	44
Estación de Inyección de fertilizante	7	2	1	3	2	2	20	40
Inyector de fertilizante	8	2	1	1	2	2	20	40
Galleta ( <i>pad fan</i> )	5	3	1	2	1	2	19	38
Maquinaria de Proceso de Semillas	6	1	1	3	1	3	11	33
Retroexcavadora	6	1	2	6	2	2	16	32
Tractor de tiro	1	1	2	4	3	3	10	30
Carretón	3	1	1	2	1	4	7	28
Tanque de agua	8	2	2	5	1	1	24	24
Bomba sumergible	9	2	1	2	2	1	23	23
Bomba con hidroneumático	6	3	1	2	1	1	22	22
Bomba de agua	8	2	1	2	1	1	20	20
Compresor	7	2	1	3	1	1	19	19
Ciclonete	2	1	1	3	2	2	8	16

Continuación de la tabla XI.

Clasificadora de pared	2	1	1	3	1	2	7	14
Ventilador	2	1	1	3	1	2	7	14
Calentador solar	7	1	2	2	1	1	12	12
Congeladores	3	2	1	3	1	1	11	11
Tómbola	2	3	1	2	1	1	10	10
Bomba dosificadora de cloro	2	3	1	2	1	1	10	10
Faja transportadora	3	2	1	2	1	1	10	10
Termonebulizadora	3	1	1	3	2	1	9	10
Secador de semillas	1	2	1	1	2	1	6	6

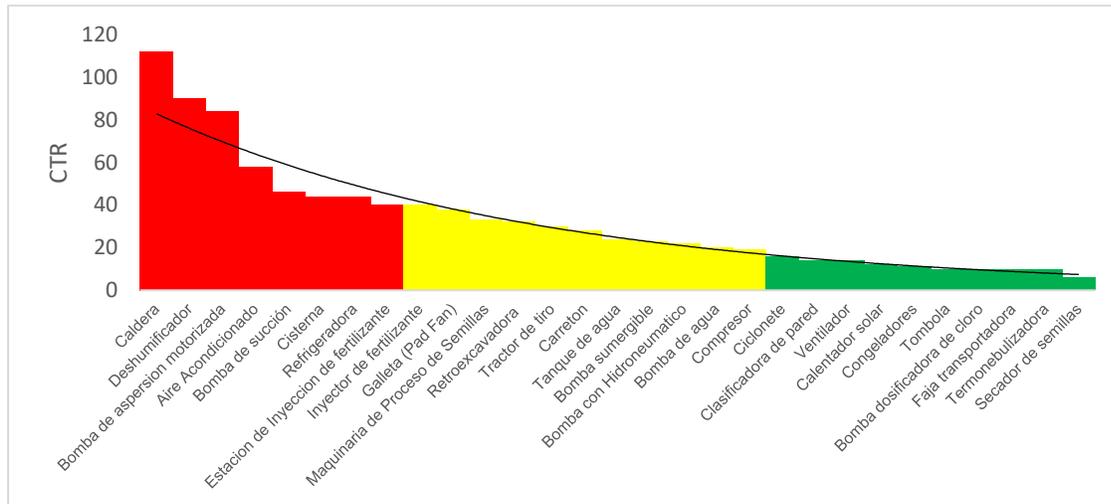
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2. Clasificación de equipos con base en su criticidad

Se realizó un gráfico de barras utilizando los valores obtenidos del cálculo de la criticidad total por riesgo (CTR), ordenando previamente de mayor a menor, de ésta forma se puede apreciar el grado de criticidad para clasificarlos como críticos, importantes y prescindibles.

La grafica se muestra en la figura 31.

Figura 31. Gráfico de barras de valores de criticidad total por riesgo



Fuente: elaboración propia.

Para obtener el nivel de criticidad de cada equipo, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencia de fallos y se ubica en una matriz de criticidad. El valor de frecuencia de fallos se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal.

La matriz de criticidad que se presenta en la figura 32, muestra los equipos no críticos o prescindibles de color verde, de mediana criticidad o equipos importantes de color amarillo, y los que son críticos de color rojo.

Figura 32. **Matriz de criticidad de los equipos**

Frecuencia de fallo	4		7		21	28
	3		10, 11		22, 23	30
	2		7, 8	16	19, 20	29
	1	6	9, 10, 11, 12		19, 20, 22, 23, 24	
		1 – 6	7 -12	13 – 18	19 - 24	25 – 30
<b>Consecuencia de Fallo</b>						

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos se ha podido identificar el rango en el que pertenecen los equipos de acuerdo a su criticidad, por tanto, a continuación, se enumeran según su clasificación.

- Equipos críticos
  - Caldera
  - Bomba de aspersion motorizada
  - Deshumificador
  - Aire acondicionado
  - Bomba de succión
  - Tanque de agua
  - Refrigeradora
  - Cisterna
  
- Equipos importantes
  - Estación de inyección de fertilizante

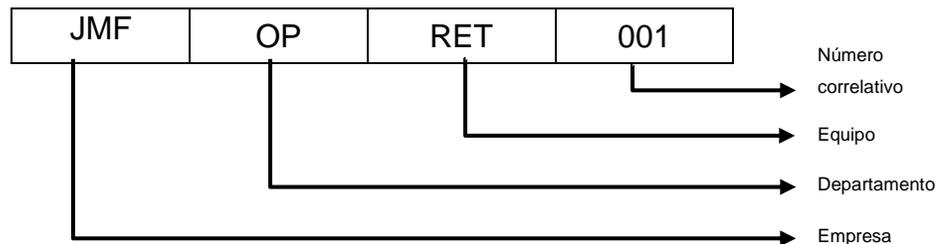
- Tractor de tiro
  - Inyector de fertilizante
  - Retroexcavadora
  - Galleta (*pad fan*)
  - Maquinaria de proceso de semillas
  - Bomba sumergible
  - Carretón
- Equipos prescindibles
    - Bomba con hidroneumático
    - Bomba de agua
    - Compresor
    - Ciclonete
    - Ventilador
    - Clasificadora de pared
    - Calentador solar
    - Congeladores
    - Faja transportadora
    - Tómbola
    - Termonebulizadora
    - Bomba dosificadora de cloro
    - Secador de semillas

### **2.3. Codificación de la maquinaria y equipos**

Del diagnóstico se pudo identificar no existe una codificación de la maquinaria y equipos; por tanto, a continuación, se presenta el sistema de codificación utilizando un sistema alfanumérico. El código está segmentado en

cuatro niveles: El primer nivel describe las iniciales de la planta de producción a la cual pertenece; el segundo nivel representa el código del departamento responsable de la maquinaria o equipo, el tercer nivel indica cuál maquina o equipo es en cuestión y el cuarto nivel indica el número de correlativo de un equipo. Esta codificación se ejemplifica en la figura 33 que se muestra a continuación:

Figura 33. **Niveles en la codificación de maquinaria y equipos**



Fuente: elaboración propia.

El código que representa a los departamentos responsables de la maquinaria del segundo nivel de la codificación se muestra en la tabla XII.

Tabla XII. **Código de los departamentos**

Departamento	Código
Operaciones	OP
Cultivo	CV
Producción	PR
Bodega de semillas	BS
Invernadero Germinador	IG

Fuente: elaboración propia.

La tabla XIII que se muestra a continuación presenta el listado de la maquinaria y equipos del área productiva con su codificación.

Tabla XIII. **Listado de la maquinaria y equipos codificados**

Equipo	Código	
	Inicia	Fin
Aire acondicionado	JMF-BS-AIR-001	JMF-BS-AIR-007
	JMF-IG-AIR-008	JMF-IG-AIR-010
	JMF-PR-AIR-001	-
Bomba con hidroneumático	JMF-CV-BHI-001	JMF-CV-BHI-002
	JMF-IG-BHI-003	JMF-IG-BHI-004
Bomba de agua	JMF-CV-BAG-001	JMF-CV-BAG-022
Bomba de aspersión motorizada	JMF-CV-BAM-001	JMF-CV-BAM-016
Bomba de succión	JMF-PR-BSU-001	JMF-PR-BSU-015
Bomba dosificadora de cloro	JMF-CV-BCL-001	JMF-CV-BCL-002
Bomba sumergible	JMF-CV-BSU-001	JMF-CV-BSU-007
Caldera	JMF-OP-CAL-001	JMF-OP-CAL-003
Calentador solar	JMF-BS-CSO-001	-
	JMF-IG-CSO-001	-
Carretón	JMF-OP-CAR-001	JMF-OP-CAR-028
	JMF-PR-CAR-029	JMF-PR-CAR-032
	JMF-IG-CAR-033	-
Ciclonete	JMF-BS-CIC-001	JMF-BS-CIC-005
Cisterna	JMF-OP-CIS-002	-
Clasificadora de pared	JMF-BS-CPA-001	JMF-BS-CPA-002

Continuación de la tabla XIII.

Compresor	JMF-OP-COM-001	JMF-OP-COM-003
	JMF-BS-COM-004	JMF-BS-COM-007
	JMF-IG-COM-008	-
Congelador	JMF-PR-CON-001	JMF-PR-CON-007
Deshumificador	JMF-BS-DES-001	JMF-BS-DES-002
Estación de inyección de fertilizante	JMF-CV-EIF-001	JMF-CV-EIF-002
Faja transportadora	JMF-IG-FAJ-001	JMF-IG-FAJ-002
Galleta (Pad Fan)	JMF-IG-GAL-001	-
Inyector de fertilizante	JMF-CV-INF-001	JMF-CV-INF-012
Equipo de proceso de semillas	JMF-BS-MPS-001	JMF-BS-MPS-019
Cámara de refrigeración	JMF-PR-CRF-001	JMF-PR-CRF-021
Retroexcavadora	JMF-OP-RET-001	JMF-OP-RET-003
Secador de semillas	JMF-BS-SSE-001	JMF-BS-SSE-010
Tanque de agua	JMF-CV-TAN-001	JMF-CV-TAN-007
Termonebulizadora	JMF-CV-TER-001	JMF-CV-TER-002
Tómbola	JMF-BS-TOM-001	JMF-BS-TOM-002
Tractor de tiro	JMF-OP-TRC-001	JMF-OP-TRC-007
Ventilador	JMF-OP-VEN-001	JMF-OP-VEN-091

Fuente: elaboración propia.

#### 2.4. Plan de mantenimiento de maquinaria y equipos

El plan de mantenimiento tiene un diseño estratégico basado en el cumplimiento de objetivos que comparten la misma orientación de valores de la empresa. El plan de mantenimiento consiste en las actividades administrativas

contempladas en la estrategia de mantenimiento, la planificación del mantenimiento por medio del diseño de tareas de mantenimiento preventivo apropiadas, los instructivos de realización de las mismas y el programa anual de mantenimiento.

- Estrategia de mantenimiento

A continuación, se presentan algunas indicaciones administrativas, con la finalidad de contrarrestar las debilidades que se identificaron durante la realización del EPS, dirigidas al supervisor de taller o quien, en su caso, dirija a futuro el área de mantenimiento.

Es de vital importancia que el área de mantenimiento tenga objetivos estratégicos definidos, ya que mediante el cumplimiento de éstos se puede identificar si el mantenimiento se está gestionando. Para la realización de los presentes objetivos se utilizó la metodología de cuadro integral de mandos, y son los siguientes:

- Garantizar que los equipos operen adecuadamente sin perder de vista la seguridad y salud del colaborador además del respeto y cuidado del medio ambiente.
- Gestionar el mantenimiento para trabajar proactivamente.
- Actuar de forma eficaz, eficiente y oportuna para cumplir con los requerimientos del cliente.
- Hacer uso apropiado de los recursos destinados a mantenimiento al menor costo posible.

- Capacitar y motivar a todos los colaboradores para sacar todo su potencial y liderazgo.

El cumplimiento de estos objetivos se puede identificar mediante las siguientes actividades las cuales son responsabilidad del personal de mantenimiento:

- Identificar todos los peligros asociados a las tareas ejecutadas por el área de mantenimiento y de los lugares de trabajo frecuentados.
- Dar a conocer los protocolos de operación de maquinaria y equipo y guías de seguridad, salud y ambiente a todo el personal del área de mantenimiento.
- Utilizar equipo de protección personal y velar por que se haga uso adecuado.
- Realizar órdenes de mantenimiento preventivo y correctivo de forma oportuna, siguiendo instrucciones de acuerdo a lo establecido en el manual del fabricante.
- Cumplir con la meta mensual del programa de mantenimiento.
- Realizar los procesos de mantenimiento y documentarlos.
- Retroalimentar en todo momento para mejorar plan de mantenimiento.
- Hacer análisis de fallas y modo de falla de equipos críticos.

- Reducir condiciones inseguras mediante controles de ingeniería.
- Actuar inmediatamente ante fallas o averías.
- Reportar fallas o mal estado de los equipos, uso inadecuado por los usuarios, o condiciones que aceleran el desgaste de los equipos.
- Hacer uso de maquinaria, equipo, herramientas y equipo de protección personal de alta calidad certificada por normas nacionales e internacionales para el uso que fue destinado.
- Optimizar el tiempo medio para reparar.
- Reducir el número total de fallas o averías en maquinaria y equipos.
- Hacer las cosas bien a la primera.
- Utilizar equipos y repuestos e insumos de alta calidad.
- Reducir ambientes que propicien errores humanos.
- Hacer uso adecuado de herramientas, equipo y maquinaria.
- Cumplir con el plan de capacitación.
- Hacer partícipes a los colaboradores en los cambios de mejora.
- Mejorar los medios de comunicación entre el departamento y con otros departamentos.

Previo al inicio del año, el supervisor de mantenimiento se hará una proyección de los insumos de mantenimiento incluyendo repuestos, accesorios, lubricantes, herramientas, materiales, equipo de protección personal, horas extras, servicios técnicos de asesoría y/o subcontrataciones de mantenimiento.

Si es posible, evaluar la posibilidad de contratación de más personal, o subcontratar mantenimientos, justificándose en el desempeño en el cumplimiento de mantenimiento del año en curso.

Para realizar la proyección de insumos se tomará en cuenta los recursos que se utilizan en los mantenimientos programados en el año, el costo total por insumos de mantenimiento se obtendrá al sumar el factor de todos los costos unitarios y la cantidad de mantenimientos a realizar en el año. La fórmula se presenta en la figura 34.

Figura 34. **Ecuación para el cálculo del costo total de insumos**

$$\text{Costo total de insumos} = \sum (\text{Costo unitario del insumo} \times \text{cantidad de mantenimientos})$$

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se deberá definir la fecha del mantenimiento y el tiempo para solicitar los insumos para que de esta forma coordinar la logística de adquisición y poder ejecutar en el tiempo planeado la tarea de mantenimiento. Queda a criterio del supervisor de mantenimiento cómo se pondrá de acuerdo con el representante del departamento de compras para coordinar la logística de los insumos, pues es variable. En la figura 35 se muestra el formato a utilizar para realizar la proyección de insumos de mantenimiento preventivo por equipo.



Figura 36. **Formato de programa anual de solicitud de insumos de mantenimiento**

														
<b>PROGRAMA ANUAL DE SOLICITUD DE INSUMOS DE MANTENIMIENTO</b>														
<b>Fecha de realización:</b>														
<b>Solicitante:</b>														
Insumo	Cantidad	Fecha para solicitar los insumos de mantenimiento												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Fuente: elaboración propia.

Previo a la semana de ejecución de los mantenimientos, el supervisor de taller revisará el programa anual de mantenimiento y seleccionará las rutinas de mantenimiento correspondientes y designará el personal que ejecutará la operación. El formato a utilizar para la programación semanal de órdenes de mantenimiento se presenta en la figura 37.



medición de presión sanguínea, entre otros). Si el mantenimiento se realiza por personal subcontratado se le debe dirigir al área de trabajo y velar por que las condiciones del lugar sean seguras.

Durante la ejecución de las órdenes de mantenimiento, el encargado de los servicios tiene la responsabilidad de utilizar la bitácora de maquinaria y equipos. Este documento sirve de referencia y en él se registrarán todas las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo realizado, fallas ocurridas y sus soluciones, mantenimientos subcontratados, modificaciones del equipo, salidas de la empresa, entre otros. A continuación, en la figura 38 se presenta el formato a utilizar de la bitácora de maquinaria y equipos.

Figura 38. **Formato de bitácora de maquinaria y equipos**

		
Nombre del equipo/maquinaria:		Código:
<b>BITACORA DE MANTENIMIENTO</b>		
Fecha:	Descripción:	

Fuente: elaboración propia.

El uso de la bitácora de maquinaria y equipos es un documento que permite la retroalimentación del mantenimiento, por lo que se archivará y dará seguimiento estrechamente por el supervisor de taller y coordinador de operaciones.

Cuando los servicios de mantenimiento se hayan realizado el responsable del mantenimiento tiene la responsabilidad de comunicar al supervisor de taller, y usuario del equipo o supervisor del área si fuese el caso, el seguimiento del mantenimiento y el estado final que se entrega al operador. Si durante la realización del mantenimiento se identificaron más tareas de mantenimiento se debe comunicar con el supervisor de taller para gestionar los recursos para su ejecución.

#### **2.4.1. Planificación del mantenimiento de maquinaria y equipos**

La planificación del mantenimiento será de gran importancia para garantizar que la maquinaria y equipos trabajen de forma segura, garantizando el buen funcionamiento durante la producción. Para realizar el plan de mantenimiento anual se procedió a diseñar las tareas de mantenimiento de la maquinaria y equipos.

Posteriormente, se realizaron instructivos de mantenimiento que sirven de documentación que permite al técnico de mantenimiento tener un conocimiento más completo de sus responsabilidades. Finalmente, se procedió al diseño del plan de mantenimiento de los equipos, teniendo en cuenta todas las rutinas de mantenimiento menores y mayores de los equipos.

## 2.4.2. Diseño de tareas de mantenimiento de maquinaria y equipos

Se recopiló la información existente sobre los mantenimientos preventivos de la maquinaria y equipos a partir de manuales del fabricante y protocolos genéricos de mantenimiento; se realizó un listado de los servicios de mantenimiento que se aplicarán en los equipos planificando la frecuencia anual para su realización.

- Calderas

A partir del manual de fabricante se identificó que la frecuencia de los mismos será de 1 año. También, es importante reconocer que se subcontratarán los servicios de aplicación de tratamientos térmicos para caldera para reducir las incrustaciones en la tubería y dentro de la caldera. El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la caldera se muestra en la tabla XIV.

Tabla XIV. Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la caldera

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de señalización de seguridad	Operacional	Antes de uso	5 min
Limpieza del lado de agua de la caldera	Mecánico	Cada 50 horas	3 horas
Tratamiento químico de caldera	Operacional	Según establezca especialista	Según establezca especialista
Limpieza del lado de fuego de la caldera	Eléctrico	Cada 50 horas	3 horas
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 50 horas	15 min

Continuación de la tabla XIV.

Inspección general de la instalación eléctrica	Eléctrico	Cada 50 horas	5 min
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada 50 horas	5 min
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 50 horas	5 min
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección de condiciones, ajuste y/o limpieza general de tuberías, cheques, visor de caldera, manómetros, válvulas de seguridad, filtro de bomba de agua, estructura de caldera, mangueras, depósito de agua, área de combustible.	Mecánico	Anual	2 días
Verificar funcionamiento de contactores, protección de bomba de agua y quemador de caldera, bomba de combustible electroválvula, luces piloto, recuperador de calor y turbina del quemador, conductores y transformador.	Eléctrico	Anual	1 día
Inspeccionar condiciones de llama, presión y nivel de agua	Eléctrico	Anual	1 día
Verificar funcionamiento de alarma de nivel de agua	Eléctrico	Semestral	10 minutos
Realización de prueba hidrostática	Subcontratado	Cada 2 años	Según se establezca

Fuente: elaboración propia.

- Bomba de aspersión motorizada

Se establecieron rutinas de inspección de estado de tanque del equipo para evitar fugas que puedan contaminar el suelo. Se determinó la periodicidad recomendada por el fabricante para los mantenimientos del motor y bomba de

aspersión. El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la caldera se muestra en la tabla XV.

Tabla XV. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de bomba de aspersión motorizada**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de estado general del equipo	Operacional	Semanal	10 min
Inspección de nivel de aceite de motor	Operacional	Semanal	5 min
Inspección de condiciones de fajas de motor y bomba	Mecánico	Cada 50 horas	20 minutos
Limpieza de filtro de aire	Mecánico	Cada 50 horas	2 horas
Verificar funcionamiento de bomba	Mecánico	Cada 50 horas	30 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Cambio de aceite de motor	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	3 horas
Limpieza de tanque de gasolina	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	3 horas
Limpieza de filtro de gasolina	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	3 horas
Verificación de mezcla de aire-combustible	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	3 horas
Lubricación de transmisión	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	1 hora
Ajuste de pernos de anclaje	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	20 minutos

Continuación de la tabla XV.

Limpieza de bujías	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	10 minutos
Ajuste de abertura de bujía	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	10 minutos
Inspección de condiciones de llaves de bomba, válvulas reguladoras, depósito de aceite de la bomba, polea, y pistones	Mecánico	Cada 6 meses o 100 horas	2 horas
Comprobar y ajustar velocidad de ralentí	Mecánico	Anual	1 hora
Limpieza de supresor de chispa	Mecánico	Anual	2 horas
Ajuste de abertura de válvula	Mecánico	Anual	1 hora
Ajuste de sistema de suministro de combustible	Mecánico	Cada dos años	3 horas

Fuente: elaboración propia.

- Retroexcavadora

Se identificó según el manual de fabricante la frecuencia de todos los servicios realizados en el equipo, los cuales se muestran en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la retroexcavadora**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección del sistema eléctrico	Eléctrico	Cada 50 horas	5 min
Inspección del nivel de líquido de radiador	Mecánico	Cada 50 horas	30 min

Continuación de la tabla XVI.

Inspección de nivel de aceite de frenos	Mecánico	Cada 50 horas	30 min
Lubricación de ejes, acoples y articulaciones	Mecánico	Cada 50 horas	10 min
Inspección de condiciones de llantas	Mecánico	Cada 50 horas	5 min
Verificación de funcionamiento de panel de señales	Mecánico	Cada 50 horas	5 min
Inspección general de estructura de la máquina.	Mecánico	Cada 50 horas	5 min
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección de condiciones de batería	Eléctrico	Cada 250 horas	10 min
Ajuste y reacondicionamiento de fajas	Mecánico	Cada 250 horas	1 hora
Limpieza externa de radiador	Mecánico	Cada 250 horas	1 hora
Inspección de nivel de aceite de ejes delantero y trasero	Mecánico	Cada 250 horas	10 min
Inspección de nivel de aceite de transmisión hidráulica	Mecánico	Cada 250 horas	10 min
Sustitución de aceite de motor	Mecánico	Cada 500 horas	2 horas
Sustitución de filtro de aceite de motor	Mecánico	Cada 500 horas	2 horas
Sustitución de filtro de aceite hidráulico	Mecánico	Cada 500 horas	1 hora
Cambio de aceite para diferenciales	Mecánico	Cada 1000 horas	2 horas
Cambio de aceite de transmisión hidráulica	Mecánico	Cada 1000 horas	2 horas
Cambio de filtros de transmisión hidráulica	Mecánico	Cada 1000 horas	1 hora
Cambio de líquido de refrigeración	Mecánico	Cada 2000 horas	1 hora
Cambio de líquido de frenos	Mecánico	Cada 2000 horas	1 hora

Fuente: elaboración propia.

- Deshumificador

A partir del manual de fabricante se identificó la periodicidad recomendada para los servicios de mantenimiento. El listado de las tareas de mantenimiento preventivo del deshumificador se presenta en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del deshumificador**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Limpieza de filtros de aire	Mecánico	Cada 30 días	30 minutos
Inspección de estado de sellos del cilindro	Mecánico	Cada 30 días	1 hora
Inspección de temperatura	Eléctrico	Cada 30 días	5 minutos
Inspección de estado de ductos	Mecánico	Cada 30 días	15 minutos
Inspección de estado de fajas	Mecánico	Cada 30 días	10 minutos
Inspección de nivel de aceite	Mecánico	Cada 30 días	15 minutos
Inspección de estado de sopladores de aire	Mecánico	Cada 60 días	20 minutos
Inspección de humidistato y controles eléctricos	Eléctrico	Cada 60 días	15 minutos
Inspección de motor	Mecánico	Cada 60 días	1 hora
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección de poleas	Mecánico	Cada 6 meses	1 hora
Lubricación de cojinetes de sopladores de aire	Mecánico	Cada 6 meses	1 hora
Lubricación de engranajes cónicos	Mecánico	Cada año	1 hora
Limpieza de intercambiador de calor	Eléctrico	Cada año	1 hora

Fuente: elaboración propia.

- Aire acondicionado

El listado de las tareas de mantenimiento preventivo del aire acondicionado se presenta en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del aire acondicionado**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de condiciones generales	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Inspección de amperaje de compresor	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Inspección de amperaje de motor ventilador	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Inspección de presión	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Inspección de temperatura	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Inspeccionar si hay fugas	Mecánico	Cada semana	20 minutos
Inspección de estado de ductos	Mecánico	Cada semana	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Limpieza del sistema de aire acondicionado	Mecánico	Cada 4 meses	2 horas
Limpieza de filtros de aire	Mecánico	Cada 4 meses	1 hora
Limpieza de filtros de agua	Mecánico	Cada 4 meses	1 hora
Verificar funcionamiento de elementos de seguridad	Mecánico y eléctrico	Cada 4 meses	30 minutos
Inspección de aislante térmico	Mecánico	Cada 4 meses	15 minutos
Limpiar circuito de evacuación de condensados y desagüe	Mecánico	Cada 4 meses	1 hora

Continuación de la tabla XVIII.

Verificar estado del sistema automático y mando a distancia	Eléctrico	Cada 4 meses	15 minutos
Ajuste de contactos eléctricos de fuerza y control	Eléctrico	Cada 4 meses	15 minutos
Ajuste de elementos móviles	Eléctrico	Cada 4 meses	15 minutos
Inspección de vibración en motores	Mecánico	Cada 4 meses	1 hora
Medir temperaturas	Eléctrico	Cada 4 meses	10 minutos
Medir presión de carga de refrigerante	Mecánico	Cada 4 meses	10 minutos
Medir voltaje y amperaje	Eléctrico	Cada 4 meses	10 minutos
Limpieza de ductos	Mecánico	Cada 4 meses	10 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Bomba de succión

El listado de las tareas de mantenimiento preventivo del aire acondicionado se presenta en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del aire acondicionado**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de nivel de aceite	Mecánico	Cada semana	20 minutos
Inspección de fugas	Mecánico	Cada semana	20 minutos
Ajuste y cambio de filtros	Mecánico	Cada mes	1 hora

Continuación de la tabla XIX.

Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada tres meses	30 minutos
Verificar funcionamiento de ventilador de motor	Eléctrico	Cada tres meses	20 minutos
Verificar valores de presión de operación	Mecánico	Cada tres meses	10 minutos
Inspección condiciones de motor	Eléctrico	Cada tres meses	1 hora
Inspección de condiciones de recuperador de vacío	Eléctrico	Cada tres meses	1 hora
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada tres meses	30 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada tres meses	15 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada tres meses	15 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Cambio de aceite y filtro de aceite	Mecánico	Cada 200 horas o 6 meses	2 horas
Cambio de filtros de escape	Mecánico	Cada 200 horas o 6 meses	1 hora
Limpieza del equipo	Mecánico	Cada 200 horas o 6 meses	2 horas
Inspección general del equipo	Mecánico	Cada 5 años	3 horas

Fuente: elaboración propia.

- Tanque de agua

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del tanque de agua se presenta en la tabla XX.

Tabla XX. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del tanque de agua**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de estado de tapadera	Mecánico	Cada 6 meses	10 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Verificar funcionamiento de flotadores, llave de paso y juntas	Mecánico	Cada año	1 hora
Verificar funcionamiento general	Mecánico	Cada año	10 minutos
Inspección de fisuras en el tanque	Mecánico	Cada año	10 minutos
Limpieza del tanque	Operacional	Cada año	4 horas

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de refrigeración

El listado de tareas de mantenimiento preventivo la cámara de refrigeración se presenta en la tabla XXI.

Tabla XXI. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la cámara de refrigeración**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Verificar funcionamiento de termostato	Eléctrico	Diario	10 minutos
Verificar funcionamiento general del equipo	Eléctrico	Cada mes	20 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada mes	20 minutos

Continuación de la tabla XXI.

Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada mes	20 minutos
Inspección condiciones de motor	Eléctrico	Cada 6 meses	20 minutos
Limpieza del condensador	Mecánico	Cada 6 meses	1 hora
Inspección de las placas frías	Mecánico	Cada 6 meses	1 hora
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Mecánico y eléctrico	Cada 6 meses	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Limpieza del refrigerador	Mecánico	Cada año	1 hora
Limpieza del interior del congelador	Mecánico	Cada año	1 hora
Inspección del nivel de refrigerante	Mecánico	Cada año	15 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Cisterna

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la cisterna se presenta en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la cisterna**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Verificar funcionamiento general	Mecánico	Anual	30 min.
Inspección de fisuras en el tanque	Mecánico	Anual	10 min.
Limpieza de cisterna	Mecánico	Anual	2 horas

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el diseño de las tareas de mantenimiento de los equipos clasificados como importantes con base en su criticidad.

- Estación de inyección de fertilizante

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la estación de inyección de fertilizante se presenta en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la estación de inyección de fertilizante**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de fugas en tubería	Mecánico	Cada mes	15 minutos
Inspección de valores de presión en estación	Mecánico	Cada mes	10 minutos
Inspección de valores de presión en filtros de discos	Mecánico	Cada mes	5 minutos
Inspección de valores de presión de filtros de arena	Mecánico	Cada mes	5 minutos

Continuación de la tabla XXIII.

Limpeza por retrolavado en filtros de arena	Mecánico	Cada mes	2 horas
Inspección de funcionamiento de electrobombas	Eléctrico	Cada mes	30 minutos
Inspección de valores de presión en filtros de malla	Mecánico	Cada mes	20 minutos
Verificar funcionamiento de llaves de paso y controles	Mecánico	Cada mes	10 minutos
Limpeza por purga	Operacional	Cada mes	10 minutos
Revisión de estado de tanques	Mecánico	Cada mes	10 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Limpiar y lubricar goma de cuerpo del filtro	Mecánico	Cada 6 meses	30 minutos
Inspección del estado interno del filtro de arena	Mecánico	Cada año	10 minutos
Limpeza de equipos	Operacional	Cada año	1 hora
Limpeza de filtros	Mecánico	Cada año	1 hora
Limpeza de filtros de subunidades	Mecánico	Cada año	1 hora
Ajuste de calibración de sistema de riego por goteo	Operacional	Cada año	1 hora
Ajuste y reacondicionamiento	Operacional	Cada año	1 hora

Fuente: elaboración propia.

- Tractor de tiro

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del tractor de tiro se presenta en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. Listado de tareas de mantenimiento preventivo del tractor de tiro

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección del sistema eléctrico	Operacional	Mensual	10 minutos
Inspección del nivel de líquido de radiador	Mecánico	Mensual	20 minutos
Inspección de nivel de aceite de frenos	Mecánico	Mensual	20 minutos
Lubricación de ejes, articulaciones y acoples	Mecánico	Mensual	1 hora
Inspección de condiciones de llantas	Mecánico	Mensual	15 minutos
Verificación de funcionamiento de panel de señales	Eléctrico	Mensual	15 minutos
Inspección general de la estructura del equipo	Mecánico	Mensual	30 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección de condiciones de batería	Eléctrico	Cada 250 horas	15 minutos
Ajuste y reacondicionamiento de fajas	Mecánico	Cada 250 horas	1 hora
Limpieza externa de radiador	Mecánico	Cada 250 horas	2 horas
Inspección de nivel de aceite de ejes delantero y trasero	Mecánico	Cada 250 horas	2 horas
Inspección de nivel de aceite de transmisión hidráulica	Mecánico	Cada 250 horas	2 horas
Sustitución de aceite de motor	Mecánico	Cada 500 horas	2 horas
Sustitución de filtro de aceite de motor	Mecánico	Cada 500 horas	2 horas
Sustitución de filtro de aceite hidráulico	Mecánico	Cada 500 horas	2 horas
Cambio de aceite para diferenciales	Mecánico	Cada 1000 horas	2 horas
Cambio de aceite de transmisión hidráulica	Mecánico	Cada 1000 horas	2 horas

Continuación de la tabla XXIV.

Cambio de filtros de transmisión hidráulica	Mecánico	Cada 1000 horas	2 horas
Cambio de líquido de refrigeración	Mecánico	Cada 2000 horas	2 horas
Cambio de líquido de frenos	Mecánico	Cada 2000 horas	2 horas

Fuente: elaboración propia.

- Inyector de fertilizante

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del inyector de fertilizante se presenta en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del inyector de fertilizante**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de fugas en el dosificador	Operacional	Semanal	10 min.
Limpieza del equipo	Operacional	Semanal	20 min.
Ajuste de botón de purga de aire	Operacional	Mensual	15 min.
Ajuste de bypass en válvula de purga de aire	Operacional	Mensual	15 min.
Inspección de funcionamiento de elementos del dosificador	Mecánico	Cada 3 meses	1 hora
Verificación de buen funcionamiento	Mecánico	Cada 3 meses	20 min.
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Cambio de sellos	Mecánico	Cada año	1 hora
Prueba de ajuste del pistón	Operacional	Cada año	1 hora
Ajuste de pistón	Operacional	Cada año	15 min.

Fuente: elaboración propia.

- Galleta (*pad fan*)

El listado de tareas de mantenimiento preventivo la galleta (*pad fan*) se presenta en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la galleta (*pad fan*)**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de funcionamiento de bomba de agua	Mecánico	Cada dos meses	30 minutos
Inspección de estado de galleta	Mecánico	Cada dos meses	15 minutos
Inspección general del sistema	Mecánico	Cada dos meses	15 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Desmontaje del equipo	Mecánico	Cada año	1 hora
Limpieza de galleta	Mecánico	Cada año	30 minutos
Limpieza del sistema de galleta	Mecánico	Cada año	30 minutos
Montaje del equipo	Mecánico	Cada año	1 hora

Fuente: elaboración propia.

- Máquina de proceso de semilla

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la máquina de proceso de semilla se presenta en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la máquina de proceso de semilla

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del estado del equipo	Mecánico y eléctrico	Semanal	15 minutos
Inspección de nivel de aceite	Mecánico	Semanal	15 minutos
Verificar valores eléctricos	Eléctrico	Cada 6 meses	10 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 6 meses	5 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 6 meses	10 minutos
Verificación de funcionamiento de ventilador	Eléctrico	Cada 6 meses	15 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Cambio de fajas	Mecánico	Cada año	1 hora
Lubricación de ejes y cojinetes	Mecánico	Cada año	1 hora
Ajuste de pernos de anclaje	Mecánico	Cada año	15 minutos
Verificar alineación de ejes y engranajes	Mecánico	Cada año	15 minutos
Inspección de condiciones del motor	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Inspección general de la instalación eléctrica	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Ajuste y cambio de bornes	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Ajuste y cambio de bornes	Eléctrico	Cada año	20 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Bomba sumergible

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba de agua sumergible se presenta en la tabla XXVIII.

**Tabla XXVIII. Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba sumergible**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Limpieza de filtro de agua	Mecánico	Cada 3 meses	1 hora
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Verificación del funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Verificar valores eléctricos	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Inspección general de instalación eléctrica	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Carretón

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del carretón se presenta en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del carretón**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Lubricación de ejes, articulaciones y acoples	Mecánico	Cada 2 meses	1 hora
Inspección de condiciones generales del equipo	Mecánico	Cada 2 meses	20 minutos
Reparación de desperfectos	Mecánico	Cada 6 meses	3 horas

Fuente: elaboración propia.

- Bomba hidroneumática

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba hidroneumática se presenta en la tabla XXX.

Tabla XXX. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba hidroneumática**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Verificación de funcionamiento de hidroneumático	Eléctrico	Cada tres meses	15 min.
Verificación de funcionamiento de compresor	Mecánico	Cada tres meses	10 min.
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada tres meses	20 min.
Verificar valores eléctricos	Eléctrico	Cada tres meses	10 min.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada tres meses	10 min.

Continuación de la tabla XXX.

<b>Mantenimiento mayor</b>			
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	20 min.
Ajuste de pernos de anclaje	Eléctrico	Cada año	10 min.
Prueba hidroneumática	Servicio subcontratado	Cada año	2 horas
Revisión de válvula de pie	Eléctrico	Cada año	30 min.
Inspección de motor	Eléctrico	Cada año	1 hora
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	1 hora

Fuente: elaboración propia.

- Bomba centrífuga

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga se presenta en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de rotación del eje	Eléctrico	Cada 6 meses	10 min.
Inspección de fugas en conexiones	Eléctrico	Cada 6 meses	10 min.
Lubricación de cojinetes	Mecánico	Cada 6 meses	20 min.
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 6 meses	20 min.
Verificar valores eléctricos	Eléctrico	Cada 6 meses	30 min.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 6 meses	15 min.

Continuación de la tabla XXXI.

<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección general de la instalación eléctrica	Eléctrico	Cada año	20 min.
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	10 min.
Ajuste de pernos de anclaje	Eléctrico	Cada año	20 min.
Verificar estado de eje y cojinete de deslizamiento	Eléctrico	Cada año	30 min.

Fuente: elaboración propia.

- Compresor

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del compresor se presenta en la tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del compresor**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del equipo	Operacional	Cada 50 horas	20 minutos
Purga de condensado	Mecánico	Cada 50 horas	15 minutos
Limpieza de trampa de agua	Operacional	Cada 50 horas	20 minutos
Limpieza de filtros	Operacional	Cada mes	20 minutos
Inspección de nivel de aceite de compresor	Mecánico	Cada mes	20 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada mes	15 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada mes	10 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada mes	10 minutos

Continuación de la tabla XXXII.

<b>Mantenimiento mayor</b>			
Ajuste de pernos de anclaje	Mecánico	Cada año	15 minutos
Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	30 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Cambio de aceite	Eléctrico	Cada 150 horas	30 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Ciclonete

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del ciclonete se presenta en la tabla XXXIII.

Tabla XXXIII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del ciclonete**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del equipo	Mecánico	Cada 3 meses	20 minutos
Inspección del estado del deposito	Mecánico	Cada 3 meses	10 minutos
Limpieza de ductos	Mecánico	Cada 3 meses	30 minutos
Verificación de funcionamiento de turbina	Eléctrico	Cada 3 meses	10 minutos
Lubricación de motor	Eléctrico	Cada 3 meses	15 minutos

Continuación de la tabla XXXIII.

Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	30 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Ventilador

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del ventilador se presenta en la tabla XXXIV.

Tabla XXXIV. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del ventilador**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Limpieza del ventilador	Operacional	Mensual	5 min.
Inspección de estado de fusibles	Mecánico	Mensual	15 min.
Lubricación de motor	Mecánico	Mensual	15 min.
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 min.
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 min.

Continuación de la tabla XXXIV.

Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 3 meses	20 min.
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	30 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Clasificadora de pared

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la clasificadora de pared se presenta en la tabla XXXV.

**Tabla XXXV. Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la clasificadora de pared**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de estructura del equipo	Mecánico	Cada 6 meses	5 minutos
Ajuste para sujeción del equipo sobre la pared	Mecánico	Cada 6 meses	10 minutos
Limpieza del equipo	Mecánico	Cada 6 meses	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Calentador solar

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del calentador solar se presenta en la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del calentador solar**

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo requerido</b>
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de nivel de presión	Mecánico	Cada semana	15 minutos
Inspección de instalación de tubería CPVC y conexiones	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Inspección de aislante térmico	Mecánico	Cada semana	10 minutos
Purga	Operacional	Cada semana	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada año	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Inspección general de la estructura	Mecánico	Cada año	20 minutos
Limpieza de la estructura	Mecánico	Cada año	20 minutos
Pintado de estructura metálica	Mecánico	Cada año	1 hora
Verificar funcionamiento de válvulas anti retorno	Mecánico	Cada año	30 minutos
Limpieza de termo tanque	Mecánico	Cada año	2 horas
Tratamiento químico para desincrustar	Servicio subcontratado	Según se establezca	Según se establezca
Cambio de ánodo de sacrificio	Eléctrico	Cada año	40 minutos
Limpieza de tubos evacuados	Eléctrico	Cada año	1 hora

Continuación de la tabla XXXVI.

Verificar funcionamiento de sistemas de respaldo	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Congelador

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del congelador se presenta en la tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del congelador**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de fugas	Mecánico	Cada 3 meses	10 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Descongelar y limpiar	Operacional	Cada año	1 hora
Limpiar acumulación de escarcha	Operacional	Cada año	1 hora
Limpieza externa e interna del congelador	Operacional	Cada año	1 hora
Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	20 minutos

Continuación de la tabla XXXVII.

Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Faja transportadora

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la faja transportadora se presenta en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la faja transportadora**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del equipo	Mecánico y eléctrico	Cada 3 meses	10 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Cambio de fajas	Mecánico	Cada 6 meses	1 hora
Lubricación de ejes y cojinetes	Mecánico	Cada 6 meses	30 minutos
Ajuste de pernos de anclaje	Mecánico	Cada 6 meses	15 minutos
Verificar alineación de ejes y engranajes	Mecánico	Cada año	15 minutos

Continuación de la tabla XXXVIII.

Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Tómbola

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la tómbola se presenta en la tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la tómbola**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del equipo	Eléctrico	Cada 3 meses	15 minutos
Inspección de niveles de aceite	Mecánico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Cambio de fajas	Mecánico	Cada año	1 hora
Lubricación de ejes y cojinetes	Mecánico	Cada año	30 minutos
Ajuste de pernos de anclaje	Mecánico	Cada año	20 minutos
Verificar alineación de ejes y engranajes	Mecánico	Cada año	20 minutos

Continuación de la tabla XXXIX.

Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Termonebulizadora

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la termonebulizadora se presenta en la tabla XL.

Tabla XL. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la termonebulizadora**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección de estado general del equipo	Mecánico	Después de uso	15 minutos
Limpieza de sistema de químicos	Mecánico	Periódicamente	20 minutos
Ajuste y reacondicionamiento de diafragma	Mecánico	Periódicamente	30 minutos
Limpieza de carbón de poste de giro	Mecánico	Periódicamente	20 minutos
Limpieza de carbón	Mecánico	Periódicamente	15 minutos
Cambio de baterías	Operacional	Periódicamente	5 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Limpieza de sistema de combustible	Mecánico	Cada 30 horas	1 hora

Continuación de la tabla XL.

Limpieza de cañón	Mecánico	Cada 60 horas	1 hora
Inspección de condiciones de empaques	Mecánico	Cada 100 horas	1 hora

Fuente: elaboración propia.

- Bomba dosificadora de cloro

El listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba dosificadora de cloro se presenta en la tabla XLI.

Tabla XLI. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo de la bomba dosificadora de cloro**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del equipo	Operacional	Cada mes	10 minutos
Limpieza de tanque de solución	Operacional	Cada mes	20 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
<b>Mantenimiento mayor</b>			
Verificación de funcionamiento del equipo	Eléctrico	Cada año	15 minutos
Limpieza de bomba dosificadora de cloro	Operacional	Cada año	30 minutos
Inspección de condición de tuberías y mangueras	Operacional	Cada año	5 minutos

Continuación de la tabla XLI.

Limpieza de filtros	Operacional	Cada año	15 minutos
Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

- Secador de semillas

El listado de tareas de mantenimiento preventivo del secador de semillas se presenta en la tabla XLII.

Tabla XLII. **Listado de tareas de mantenimiento preventivo del secador de semillas**

Tarea de mantenimiento	Tipo de servicio	Frecuencia	Tiempo requerido
<b>Mantenimiento menor</b>			
Inspección general del equipo	Mecánico y eléctrico	Cada 3 meses	15 minutos
Verificar funcionamiento de resistencias	Mecánico	Cada 6 meses	15 minutos
Inspección de fugas	Mecánico	Cada 6 meses	20 minutos
Verificación de funcionamiento eléctrico	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos
Verificación de valores eléctricos	Eléctrico	Cada 3 meses	20 minutos

Continuación de la tabla XLII.

<b>Mantenimiento mayor</b>			
Ajuste y cambio de cojinetes de ventilador	Eléctrico	Cada año	30 minutos
Ajuste y cambio de resistencias	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Inspección del motor	Eléctrico	Cada año	20 minutos
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Eléctrico	Cada año	10 minutos
Ajuste de cables y bornes	Eléctrico	Cada año	15 minutos

Fuente: elaboración propia.

### **2.4.3. Instructivos de mantenimiento**

Descritas de forma general las principales tareas de mantenimiento, se procedió a diseñar un instructivo de mantenimiento para cada equipo. Los instructivos de mantenimiento contienen la información general del equipo, las responsabilidades del usuario de la maquinaria, precauciones de seguridad y las instrucciones de manteamiento, en el apartado final se describen los requisitos de aptitud para trabajar, y se refiere al equipo de protección personal obligatorio requerido y los permisos de trabajo concedidos por HSE, que evalúan si se cumplen las medidas de seguridad obligatorias en la empresa.

Es importante hacer énfasis que el uso de los instructivos no sustituye la información de los manuales, siendo los instructivos únicamente una guía de las tareas de mantenimiento realizadas.

### 2.4.3.1. Equipos críticos

A continuación, en la figura 39 se muestra el instructivo de mantenimiento de las calderas.

Figura 39. Instructivo de mantenimiento de calderas

 	
Maquinaria o Equipo:	Caldera
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-OP-CAL-001 al JMF-OP-CAL-003
Marca y modelo:	York-Shibley Series 300VTB 30 Hp
Área:	Área de Calderas
Departamento:	Operaciones
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá:</b>	
Informar al departamento de Operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar Bloqueo-Etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
Enfriar caldera	El mantenimiento de la caldera se deberá hacer cuando ésta se encuentre fría, es decir a temperatura ambiente.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Limpieza del lado de agua de la caldera	Limpiar el lado de agua de la siguiente forma:
	Drenar la caldera desde la válvula de purga.
	Remover las juntas ubicadas en la parte inferior.

Continuación de la figura 39.

	Lavar la parte inferior del interior de la caldera con agua, asegurándose que todo el lodo salga desde el fondo de la caldera.
	Revisar que las superficies de calentamiento no tengan corrosión o formación de incrustación. La incrustación en las superficies internas se puede tratar químicamente. Consultar con empresas dedicadas al proceso para hacerlo de forma adecuada.
	Instale nuevamente las juntas.
	Desconecte la tubería de descarga en el lado de alimentación de agua por bombeo y revise que no tenga incrustación.
	Verificar funcionamiento de llaves, válvulas anti retorno y cheques.
	Llene la caldera y resetee al corte de nivel de agua baja para verificar funcionamiento de mecanismo.
	Realizar tratamiento químico de calderas cuando sea posible, ya que esto repercute en la eficiencia del equipo.
Limpieza del lado de fuego de la caldera	Para la limpieza del lado de fuego se debe hacer lo siguiente:
	Retire el conjunto de la carcasa trasera inferior.
	Cepille todas las superficies entre que se encuentra por el quemador, y elimine el hollín y cualquier cascara metálica. Se debe usar un cepillo flexible para esta tarea.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipón de alimentación, sistema de mando, conductores, contactor, protección térmica si tienen.

Continuación de la figura 39.

Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si – trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	
<b>Referencias</b>	Manual de caldera York-Shiplely Series 300VTB 30HP.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 40 se muestra el instructivo de mantenimiento de las bombas de aspersión motorizada.

Figura 40. **Instructivo de mantenimiento de bomba de aspersión motorizada**

 	
Maquinaria o Equipo:	Bomba de aspersión motorizada
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-CV-BAM-001 al JMF-CV-BAM-016
Marca y modelo:	Motor Honda GX270 Bomba Maruyama MS413 ECH
Área:	Estación de aspersión de agroquímicos
Departamento:	Cultivo
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Hacer uso adecuado del equipo siguiendo las instrucciones de protocolo de uso de fumigadoras y manual de usuario del equipo.	
Asegurarse de extraer todo fluido y drenar la solución química que queda en el tanque y realizar el triple lavado, limpieza de boquillas, mangueras, bomba y todos los elementos usados después de las aspersiones en el lugar apropiado para evitar dañar el equipo por acumulación de residuos. Los problemas futuros en el arranque de la bomba pueden ser evitados mediante una limpieza regular normal.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
Evitar que le caiga agua al motor.	
Coordinar el mantenimiento con el departamento de operaciones e informar de cualquier evento inusual durante la operación.	
Seguir las instrucciones de seguridad del equipo encontradas en el manual de usuario del equipo y protocolos operativos.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.

Continuación de la figura 40.

<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Semanalmente</b>	
Inspección de estado general del equipo	Revisar que el equipo no tenga abolladuras, oxido o partes desprendidas. Revisar que el chasis, switch de apagado, cuerda de arranque, escape, tanque de solución, damper y llantas se encuentren en perfectas condiciones.
Inspección nivel de aceite de motor	Revisar nivel de aceite del motor y rellenar si es necesario. Revisar si existen posibles fugas de aceite.
<b>Cada 50 horas</b>	
Cambio de fajas	Cambiar fajas si es necesario, verificando desgaste. Para este procedimiento será necesario desmontar guardas de protección.
Limpieza de filtro de aire	Desatornillar empaque contenedor del filtro y revisar que se encuentre en buenas condiciones y no presente fugas. Sacar el filtro sucio y limpiarlo con aire comprimido desde la parte interna hacia la externa. Sustituir por otro del mismo tipo y almacenar correctamente el que acaba de ser limpiado.
<b>Cada 6 meses o 100 horas</b>	
Cambio de aceite de motor	Drenar correctamente el aceite usado, colocar tapadera del agujero de vaciado y desatornillar la tapa de llenado y con un embudo, agregar la cantidad de aceite apropiada que es cuando haya alcanzado el borde más bajo de la abertura y volver a atornillar.
Limpieza de tanque de gasolina	Realizar esta operación con la llave de combustible en posición cerrada y desconectar el depósito y el o-ring. Realizar un lavado con el solvente asignado no inflamable. Al finalizar colocar la llave de combustible en posición abierta.

Continuación de la figura 40.

	y revisar que no existan fugas. Asegurarse que el área donde se trabajó quede seca de combustible.
Limpieza de filtro de gasolina	Durante proceso de limpieza de tanque de gasolina retirar de forma apropiada el filtro de gasolina y realizar el proceso de limpieza según manual del equipo.
Verificación de mezcla de aire-combustible	Cuando del escape el humo sea muy negro o las bujías muy quemadas, entre otras, son signo de desajuste de carburador. Regular la mezcla de aire-combustible hasta que arranque y no presente los fallos. Reemplazar si este sigue fallando.
Lubricación de transmisión	Verificar aceite de engranaje de reducción.
Ajuste de pernos de anclaje	Verificar el apriete de todos los tornillos y pernos de anclaje del equipo.
Limpieza de bujías	Limpiar las bujías con un cepillo de acero y reemplazar si el aislante está deteriorado. Revisar que los pistones no presenten daño directo por las bujías.
Ajuste de abertura de la bujía	Asegurarse que la abertura de la bujía sea la correcta, para ello, medir la abertura de la bujía con un calibrador, asegurándose que esté en el rango especificado en el manual.
<b>Anual</b>	
	Comprobar y ajustar velocidad de ralentí.
Limpieza de supresor de chispa	Limpiar supresor de chispa.
Ajuste de abertura de válvula	Revisar y ajustar abertura de válvula.

Continuación de la figura 40.

Cada dos años	
Ajuste de sistema de suministro de combustible de	Revisar línea de suministro de combustible.
Requisitos de aptitud para trabajar	
Permisos de trabajo	No
EPP obligatorio	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 41 se muestra el instructivo de mantenimiento de las retroexcavadoras.

Figura 41. **Instructivo de mantenimiento de retroexcavadora**

	
Maquinaria o Equipo:	Retroexcavadora
Código del equipo:	JMF-OP-RET-001 al JMF-OP-RET-003
Marca y modelo:	John Deere 310 E
Área:	Taller
Departamento:	Operaciones
El responsable de la maquinaria o equipo deberá	
Realizar inspección diaria de estado del vehículo conocida como FLOREA: fluidos, lubricantes, ópticas, ruedas, electricidad, agua.	

Continuación de la figura 41.

Seguir atentamente las indicaciones del protocolo operativo de uso de tractores con cargador frontal.	
Si se detectan anomalías en el funcionamiento reportar inmediatamente al departamento de operaciones.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Trabajar en un lugar seguro	Antes de iniciar cualquier mantenimiento, ubicar la maquinaria en un terreno firme y plano y libre de tránsito vehicular.
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento	Aplicar bloqueos de seguridad.
Usar la herramienta adecuada	No usar herramientas en malas condiciones, de mala calidad o improvisadas.
Tener precaución al desmontar batería	Antes de hacer una reparación del sistema eléctrico, o cuando sea necesario quitar la batería, realizarlo desconectando primero el cable de masa negativo (-) y luego el positivo (+). Al terminar el trabajo, conectar primero el cable positivo (+) y luego el negativo (-). Evitar que los cables se toquen entre sí.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>50 horas de operación</b>	
Inspección de sistema eléctrico	Revisar el sistema eléctrico. Revisar luces delanteras, traseras de emergencia y pida vías, sustituir fusibles si se encuentran oxidados. Revisar que no haya cables desconectados o en cortocircuito. Revisar que los cables tengan bien apretados los bornes y apretar los cables flojos. Revisar la batería, el motor de arranque, y el alternador.
Inspección de nivel de líquido de radiador	Revisar nivel del líquido del radiador: Quitar tapón y verificar que el nivel del líquido este al ras del orificio de llenado.

Continuación de la figura 41.

Inspección de nivel de aceite de frenos	Revisar nivel de aceite del sistema de frenos. Abrir el capó del motor y verificar que el nivel esté hasta que llegue al máximo con el líquido de frenos.
Lubricación de ejes, articulaciones y acoples	Lubricar ejes de impulso, articulaciones y acople central del eje delantero. Limpiar boquillas de engrase y aplicar grasa en los puntos de en articulaciones principales. Limpiar grasa sucia que haya salido.
Inspección de condiciones llantas	Revisar la presión de los neumáticos. Verificar el estado de la banda de rodamiento y de los laterales del neumático.
Verificación de funcionamiento de panel de señales	Verificar si el panel de indicadores marca una señal para atenderlas. Revisar el funcionamiento de la bocina.
Inspección general	Revisar estado de loderas, cinturones de seguridad, cucharón, y barra de tiro.
<b>250 horas de operación</b>	
Inspección de condiciones de batería	Revisar nivel del electrolito de la batería. (Tomar las precauciones y Equipo de protección personal apropiado: gafas de protección y guantes impermeables).
Ajuste y reacondicionamiento de fajas	Ajustar de correa del ventilador. Abrir el capó del motor y revisar que la correa este ajustada de forma adecuada y en buen estado y si estuviese gastada sustituir.
Limpieza externa de radiador	Limpiar exterior de los radiadores, con ayuda de aire comprimido.
Inspección de nivel de aceite de ejes delantero y trasero	Revisar niveles de aceite del eje delantero y trasero. Verificar que el lubricante alcance la altura del orificio y rellenar si es necesario.
Inspección de nivel de aceite de transmisión hidráulica	Revisar nivel de aceite de transmisión hidráulica. Con la maquina encendida, pero con el freno de estacionamiento revisar el nivel de aceite con la varilla indicadora en la parte del

Continuación de la figura 41.

	capó del motor. El nivel tiene que estar siempre al máximo o muy cerca del mismo. Rellenar si es necesario.
<b>500 horas de operación</b>	
Sustitución de aceite de motor	Cambiar aceite del motor. Hacer operación cuando el motor esté un poco caliente para asegurar que se desechen partículas en suspensión del tanque. Colocar bandeja para extraer el aceite usado, y llenar de aceite nuevo el tanque, revisando con la varilla que el nivel se llene tapar y realizar pruebas.
Sustitución de filtro de aceite de motor	Sustituir filtro de aceite de motor. Durante cambio de aceite, revisar estado de filtro de aceite de motor. Desenroscar el filtro sucio y desechar apropiadamente. Limpiar la superficie donde se coloca el filtro. Empapar el nuevo filtro con aceite de motor y enroscar a mano hasta que el empaque haga tope. Ajustarlo, y revisar que no hayan escapes o hasta que la señal de aceite bajo en el tablero no aparezca.
Sustitución de filtro de aceite hidráulico	Sustituir el filtro de aceite hidráulico. Remover de forma ordenada las cubiertas previas al filtro. Extraer el cartucho y el recipiente del filtro, limpiarlo, revisar que se encuentre en perfectas condiciones. Cambiar el cartucho e instalar nuevamente las piezas en orden inverso del que fue sacado.
<b>1000 horas de operación</b>	
Cambio de aceite para diferenciales	Cambiar del aceite del eje delantero y trasero. Hacer cambio bajo temperatura de funcionamiento el aceite es más fluido y se puede drenar más fácil y que traiga partículas sólidas que permanecen en suspensión. Quitar el tapón de drenaje y vaciar el aceite, recogiéndolo en un recipiente con capacidad adecuada. Colocar de nuevo el tapón y rellenar el aceite indicado hasta alcanzar el nivel al borde inferior del orificio. Colocar de nuevo el tapón y rellenar el aceite indicado hasta alcanzar el nivel

Continuación de la figura 41.

	al borde inferior del orificio. Hacer lo mismo, hacer lo mismo en el planetario.
Cambio de aceite de transmisión hidráulica	Cambio de aceite de transmisión hidráulica. Colocar una bandeja para contener el aceite usado, abrir el capo del motor y remover el tapón de drenaje de aceite para que caiga en el recipiente. Revisar estado de filtro y reemplazar si es necesario. Rellenar de aceite hasta el nivel mínimo de la varilla indicadora. Encender la maquinaria, y terminar de rellenar los aceites y aditivos necesarios.
Cambio de filtros de transmisión hidráulica	Cambio de filtros de transmisión hidráulica. Se realiza durante el cambio de aceite de transmisión hidráulica, para ello remover la cubierta, y desenroscar con cuidado el filtro. Limpiar las superficies en contacto con el empaque y su soporte. Lubricar el empaque y colocar el filtro de forma adecuada. Poner en marcha el motor y dejar que el aceite se caliente y rellenar de aceite hasta el nivel indicado en la varilla indicadora.
<b>2000 horas de operación</b>	
Cambio de líquido de refrigeración	Cambio de líquido de refrigeración. Abrir el capo y quitar la rapa superior del radiador y la de drenaje. Colocar bandeja para recoger el residuo y aflojar la válvula de drenaje. Cerrar el tapón de drenaje del radiador y apretar la válvula en la cabeza del portador del filtro y rellenar de nuevo con refrigerante. Poner en marcha y revisar nivel de refrigerante, rellenar si es necesario.
Cambio de líquido de frenos	Cambio de líquido de frenos. Vaciar líquido de frenos aflojando de los tornillos de purga en un recipiente de contención, y accionar los pedales de los frenos para que se vacíe por completo. Rellenar el deposito con líquido de frenos nuevo y bombee otra vez los pedales, rellenar hasta que el depósito haya

Continuación de la figura 41.

	llenado y no haya aire en el sistema. Purgar el aire si es necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
Permisos de trabajo	Si – Eléctrico
EPP obligatorio	
Referencias	Tractor Komatsu WB140B-2N

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 42 se muestra el instructivo de mantenimiento de los deshumificadores.

Figura 42. **Instructivo de mantenimiento del deshumificador**

 	
Maquinaria o Equipo:	Deshumificador
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-BS-DES-001 al JMF-BS-DES-002
Área:	Bodega de semillas
Departamento:	Bodega de Semillas
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Nunca operar el deshumificador sin los filtros.	
Llamar inmediatamente al departamento de operaciones en caso de falla o anomalías.	
Registrar temperatura y humedad periódicamente para controlar los parámetros de operación.	

Continuación de la figura 42.

<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Cada 30 días</b>	
Limpieza de filtros de aire	Limpiar todos los filtros, tanto aquellos que se encuentran localizados cerca de la rueda de aire de reactivación como los de aire de proceso.
Inspección de estado de sellos del cilindro	Revisar los sellos alrededor del cilindro.
Inspección de estado de cilindro	Revisar estado del cilindro.
Inspección de temperatura	Verificar la temperatura en la salida de reactivación.
Inspección de estado de ductos	Revisar estado de todos los ductos.
Inspección de estado de fajas	Revisar tensión de la fajas de transmisión, la del proceso y la de reactivación de los sopladores de aire.
Inspección de nivel de aceite	Revisar el nivel de aceite del cárter.
<b>Cada 60 días</b>	
Inspección de estado de sopladores de aire	Inspeccionar los sopladores de aire.
Inspección de humidistato y controles eléctricos	Inspeccionar el humidistato y los controles electrónicos, ubicados en el gabinete del panel de control.
Inspección de motor	Inspeccione el motor de tracción a las ruedas y la correa que se encuentra detrás del panel de acceso frontal.

Continuación de la figura 42.

<b>Cada 6 meses</b>	
Inspección de poleas	Inspeccione las poleas ubicadas detrás del panel de acceso.
	Engrase los cojinetes de los sopladores de aire.
<b>Cada 12 meses</b>	
Lubricación de engranajes cónicos	Cambie el aceite SAE 90 en el engranaje cónico de la rueda.
Limpieza de intercambiador de calor	Unidades con reactivación de gas de combustión indirecta solamente: cepille con alambre el intercambiador de calor para eliminar el óxido por encima del quemador de cada calentador.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - trabajo en alturas – eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	  
<b>Referencias</b>	Manual de servicio Deshumificador Stultz y Munters.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 43 se muestra el instructivo de mantenimiento del aire acondicionado.

Figura 43. Instructivo de mantenimiento del aire acondicionado

 	
Maquinaria o Equipo:	Aire acondicionado
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-BS-AIR-001 al JMF-PR-AIR-011
Marca y modelo:	Samsung AR-HCFN
Área:	Varias
Departamento:	Varios
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar Bloqueo-Etiquetado (LOTO) cuando sea necesario	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Cada semana</b>	
Inspección de condiciones generales	Revisar las condiciones físicas del sistema.
Inspección de amperaje	Medir el Amperaje del compresor.
Inspección de amperaje	Medir el Amperaje de motor ventilador.
Inspección de presión	Medir la presión baja.
	Medir la presión alta.
	Medir la presión del refrigerante.
Inspección de temperatura	Tomar la medición de las temperaturas:

Continuación de la figura 43.

	La temperatura de entrada y salida de refrigerante en el condensador.
	La temperatura de entrada y salida del refrigerante en el evaporador.
	La temperatura de entrada y salida del aire en el condensador.
	La temperatura de entrada y salida del aire en el evaporador.
Inspeccionar si hay fugas	Inspección de fugas en ductos.
Inspección de estado de ductos	Inspección de estado de estructura de ductos y área de aires acondicionados.
<b>Anualmente</b>	
Limpieza completa de sistema de aire acondicionado	Limpiar el evaporador interno.
	Limpiar el evaporador externo.
	Limpiar el circuito de evacuación de condensados y desagüe.
	Limpiar y ajustar de placa electrónica.
Limpieza de filtros de aire	Revisar y limpiar de filtros de aire.
Limpieza de filtros de agua	Revisar y limpiar de filtros de agua.
Verificar funcionamiento de elementos de seguridad	Revisar y limpiar de elementos de seguridad.
Inspección de aislante térmico	Revisar el estado del aislamiento térmico.
Limpieza del circuito de evacuación de condensados y desagüe	Limpiar el circuito de evacuación de condensados y desagüe.
Verificación de sistema de estado de control automático y mando a distancia	Revisar el sistema del estado del control automático y mando a distancia, cambiar baterías de ser necesario.

Continuación de la figura 43.

	Hacer una revisión general del estado del equipo.
Ajuste contactos eléctricos de fuerza y control	Ajustar los contactos eléctricos de fuerza y control.
Ajuste de elementos móviles	Ajustar los elementos móviles.
Inspección de vibraciones en motores	Revisar de vibraciones y equilibrado de motores, ventiladores o bombas.
Medición de temperaturas	Medir temperatura de entrada y salida de refrigerante en el condensador.
	Medir temperatura de entrada y salida del refrigerante en el evaporador.
	Medir temperatura de entrada y salida del aire en el condensador.
	Medir temperatura de entrada y salida del aire en el evaporador.
Medición de presión de carga de refrigerante	Medir presión de carga de refrigerante.
Medición de voltaje y amperaje	Voltaje.
	Amperaje.
Limpieza de ductos	Limpieza de ductos.
Tratamiento térmico con pintura impermeabilizante en área	Pintura con impermeabilizante en área de aires acondicionados, y ductos.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo en Alturas – Eléctrico

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 44 se muestra el instructivo de mantenimiento de las calderas.

Figura 44. **Instructivo de mantenimiento de la bomba de succión**

 	
Maquinaria o Equipo:	Bomba de succión
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-PR-BSU-001 al JMF-PR-BSU-015
Marca y modelo:	Gardner Denver Sutorbilt Legend
Área:	Estaciones de succión varias
Departamento:	Producción
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (loto) cuando sea necesario	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Cada semana</b>	
Inspección de nivel de aceite	Compruebe nivel de aceite.
Inspección de fugas	Compruebe que no haya fugas de aceite en la máquina, si se detecta una fuga, solicite la reparación de la máquina.

Continuación de la figura 44.

<b>Cada mes</b>	
Ajuste y cambio de filtros	Revisión de estado de filtros de entrada y sustitúyalo si es necesario.
<b>Cada 2000h o cada 6 meses</b>	
Cambio de aceite y filtro de aceite	Cambio de aceite y filtro de aceite: Retire los tornillos de salida de aceite y coloque una bandeja para recolectar el aceite usado y deje salir el aceite hasta que esté completamente vacío. Recolocar los tornillos. Retirar el filtro de aceite utilizando las herramientas adecuadas y rellenar de aceite el tanque hasta que casi llegue el aceite en la mirilla al máximo.
Cambio de filtros de escape	Cambio de filtros de escape. Retirar los tornillos de la tapadera que protege el cartucho de los filtros de aire. Retire los filtros y sustitúyalos. Recolocar la tapadera y revisar que haya quedado ajustado.
<b>Cada 6 meses</b>	
Limpieza del equipo	Quite el polvo y la suciedad de la máquina. En caso de que se haya instalado una válvula de lastre de gas limpie el filtro de dicha válvula.
<b>Cada 5 años</b>	
Inspección general del equipo	Realice una revisión general de la máquina.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.

Continuación de la figura 44.

Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - trabajo en alturas – eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	  

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 45 se muestra el instructivo de mantenimiento del tanque de agua.

Figura 45. **Instructivo de mantenimiento del tanque de agua**

 	
Maquinaria o Equipo:	Tanque de agua
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-CV-TAN-001 al JMF-CV-TAN-007
Área:	Varias
Departamento:	Cultivo
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de cultivo anormalidad	

Continuación de la figura 45.

Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Tener debidas precauciones para el proceso, pues al ser considerado un espacio confinado se debe tener en cuenta las instrucciones contenidas en un protocolo específico.	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Cada 6 meses</b>	
Inspección de estado de tapadera	Asegurarse que la tapa cierra herméticamente y que no hay restos biológicos dentro.
Verificar funcionamiento de flotadores, llave de paso y juntas	Verificar estado de flotadores, llaves de paso, juntas de tuberías.
Verificar funcionamiento general	Comprobar funcionamiento general.
Inspección de fisuras en tanque	Observar si hay fisuras o pérdidas de agua en el tanque, válvulas y tuberías.
<b>Cada año</b>	
Limpieza de tanque	Realizar limpieza de tanque. Para ello se debe cerrar la llave de ingreso de agua al tanque y la llave del colector. Abrir la tapa superior y abrir la válvula para vaciar el tanque. Dejarlo con aproximadamente 15 cm de altura, dependiendo del tanque. Limpiar las paredes, tapa y fondo con una escoba de plástico. Vaciar el depósito y enjuagar varias veces hasta eliminar los residuos. Llenar el tanque hasta la mitad con agua y agregar una solución de hipoclorito de sodio y dejar actuar por 3 horas. Finalmente llenar el tanque y eliminar el agua por la válvula del colector y vaciar el depósito hasta eliminar el exceso de hipoclorito de sodio.

Continuación de la figura 45.

<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>			
Si - espacio confinado			
			

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 46 se muestra el instructivo de mantenimiento de las cámaras de refrigeración.

Figura 46. **Instructivo de mantenimiento de la cámara de refrigeración**

			
Maquinaria o Equipo:	Cámaras de refrigeración		
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-PR-CRF-001 al JMF-PR-CRF-021		
Marca y modelo:	Fogel VR-17		
Área:	Bodega de polen		
Departamento:	Producción		
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>			
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.			
Aplicar Bloqueo-Etiquetado (LOTO) cuando sea necesario			
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.			
<b>Instrucciones de seguridad</b>			
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.		
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.		

Continuación de la figura 46.

<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Diariamente</b>	
Verificar funcionamiento de termostato	Verificar correcto funcionamiento de termostato.
Verificación general de funcionamiento	Revisar que el equipo funcione correctamente.
<b>Mensual</b>	
Limpieza de condensador	Limpiar el condensador con desengrasante.
Inspección de placas frías	Revisar que no exista escarcha de hielo en las placas frías. Descongelar si es necesario.
Inspección de nivel de refrigerante	Revisar nivel de refrigerante.
Limpieza de interior de congelador	Limpiar interior de congelador.
Limpieza de refrigerador	Limpiar interior y exterior, incluyendo parrillas con un jabón suave o detergente.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.

Continuación de la figura 46.

Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 47 se muestra el instructivo de mantenimiento de la cisterna.

Figura 47. **Instructivo de mantenimiento de la cisterna**

	
Maquinaria o Equipo:	Cisterna
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-OP-CIS-001
Área:	Operaciones
Departamento:	Operaciones
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones anomalía.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	

Continuación de la figura 47.

<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Tener debidas precauciones para el proceso, pues al ser considerado un espacio confinado se debe tener en cuenta las instrucciones contenidas en un protocolo específico.	
El ingreso al tanque es restringido y se deben tener las medidas de control necesarias, ya que por ser un espacio confinado, pues solo tiene una escotilla de acceso, será necesario tomar las precauciones que se dispongan en tal actividad.	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Cada 6 meses</b>	
Verificar funcionamiento general	Comprobar funcionamiento general.
Inspección de fisuras en tanque	Observar si hay fisuras o pérdidas de agua en el tanque, válvulas y tuberías.
<b>Cada año</b>	
Limpieza de cisterna	<p>La limpieza de la cisterna se realiza de la siguiente forma: abrir la válvula para vaciar el tanque. Dejarlo con aproximadamente 10 cm de altura, dependiendo de la cisterna. Limpiar las paredes, tapa y fondo con una escoba de plástico con una mezcla de detergente y agua, también se puede hacer con ayuda de hidrolavadora. Vaciar el depósito y enjuagar varias veces hasta eliminar los residuos.</p> <p>Llenar la cisterna hasta la mitad con agua y agregar una solución de hipoclorito de sodio y dejar actuar por 3 horas. Finalmente llenar el tanque y eliminar el agua por la válvula del colector, llenar y vaciar el depósito hasta eliminar el exceso de hipoclorito de sodio.</p>

Continuación de la figura 47.

<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Espacio Confinado
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

### 2.4.3.2. Equipos importantes

El diseño de las tareas de mantenimiento se centra únicamente en las tareas de mantenimiento que se deben realizar para conservarlos adecuadamente. A continuación, se presentan los instructivos de mantenimiento de los equipos considerados como importantes.

A continuación, en la figura 48 se muestra el instructivo de mantenimiento de las estaciones de inyección de fertilizante.

Figura 48. **Instructivo de mantenimiento de la estación de inyección de fertilizante**

	
Maquinaria o Equipo:	Estación de inyección de fertilizante
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-CV-EIF-001 al JMF-CV-EIF-002
Marca y modelo:	Anderson
Área:	Estaciones de inyección de fertilizante

Continuación de la figura 48.

Departamento: Cultivo	
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Evitar la apertura y cierre brusco de las válvulas de la red de distribución, tanto manuales como las electroválvulas para evitar que ocurran golpes de presión que son causantes de desajustes y roturas de tubería.	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Periódicamente</b>	
Inspección de fugas tubos	Verificar que no existan poros o roturas en tubos y mangueras, pues generan entrada de aire y descebado de la bomba.
Inspección de valores de presión en estación	Verificar funcionamiento de manómetro, revisar que el valor de salida marque los valores establecidos. En caso de una variación avisar al supervisor de cultivo.
Inspección de valores de presión de filtros de discos	Comprobar que la presión de trabajo de los filtros de discos esté comprendida entre los valores recomendados por el fabricante.
Inspección de valores de presión de filtros de arena	Comprobar que la presión de trabajo filtros de arena esté comprendida entre los valores recomendados por el fabricante.
Limpieza por Retrolavados de filtros de arena	Realizar retrolavados cuando la diferencia de presión sea de 0.4 - 0.5 kg/cm <sup>2</sup> .
Inspección de funcionamiento de electrobombas.	Revisar que las electrobombas no tengan ruidos anormales o vibración.
Inspección de valores de presión de filtros de malla	Comprobar que la presión de trabajo de los filtros de malla esté comprendida entre los valores recomendados por el fabricante.

Continuación de la figura 48.

Verificar funcionamiento de llaves y controles	Verificar funcionamiento de llaves de paso, cheques, válvulas de 3 vías y controles.
Limpieza por purga	Si el equipo dispone de sistema de purga, extraer el aire del interior mediante el tornillo o válvula de purga.
Revisar estado de tanques	Revisar que los tanques de dilución que se encuentren en perfectas condiciones.
<b>Cada 6 meses</b>	
Limpiar y lubricar goma del cuerpo del filtro	Limpiar y lubricar la junta de goma del cuerpo del filtro con grasa de silicona, que es mucho más resistente al agua y a los agentes químicos de la vaselina.
<b>Anualmente</b>	
Inspección del estado interno de filtro de arena	Comprobar que la arena ocupe $\frac{3}{4}$ partes de la altura del recipiente.
Limpieza de equipos	Realizar lavados según las indicaciones del manual de mantenimiento del equipo o recomendaciones del fabricante.
Limpieza de filtros	Limpiar el filtro cada vez que se vacíe el depósito de almacenamiento de fertilizantes. Extraer el cartucho de malla del filtro y limpiar con un cepillo y agua a presión de dentro del cartucho hacia afuera para facilitar la salida de los sólidos retenidos.
Limpieza de filtros de subunidades	Limpiar los filtros de las subunidades de riego.
Ajustar calibración de sistema de riego por goteo	De acuerdo a los cálculos realizados hacer calibración del sistema de riego por goteo desde estación de fertilización.
Ajuste y reacondicionamiento	Dar mantenimiento a sistema de agitación, y del sistema de dosificación.

Continuación de la figura 48.

Requisitos de aptitud para trabajar	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	    

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 49 se muestra el instructivo de mantenimiento de los tractores de tiro.

Figura 49. **Instructivo de mantenimiento del tractor de tiro**

 	
Maquinaria o Equipo:	Tractor de tiro
Código del equipo:	JMF-OP-TRC-001 al JMF-OP-TRC-007
Marca y modelo:	John Deere 670
Área:	Taller
Departamento:	Operaciones
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Realizar inspección diaria de estado del vehículo conocida como florea: fluidos, lubricantes, ópticas, ruedas, electricidad, agua.	
Seguir atentamente las indicaciones del protocolo operativo uso de tractores con cargador frontal.	
Si se detectan anomalías en el funcionamiento reportar inmediatamente al departamento de operaciones.	

Continuación de la figura 49.

<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Trabajar en un lugar seguro	Antes de iniciar cualquier mantenimiento, ubicar la maquinaria en un terreno firme y plano y libre de tránsito vehicular.
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento	Aplicar bloqueos de seguridad.
Usar la herramienta adecuada	No usar herramientas en malas condiciones, de mala calidad o improvisadas.
Tener precaución al desmontar batería	Antes de hacer una reparación del sistema eléctrico, o cuando sea necesario quitar la batería, realizarlo desconectando primero el cable de masa negativo (-) y luego el positivo (+). Al terminar el trabajo, conectar primero el cable positivo (+) y luego el negativo (-). Evitar que los cables se toquen entre sí.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Inspección de sistema eléctrico	Revisar el sistema eléctrico. Revisar luces delanteras, traseras de emergencia y pida vías, sustituir fusibles si se encuentran oxidados. Revisar que no haya cables desconectados o en cortocircuito. Revisar que los cables tengan bien apretados los bornes y apretar los cables flojos. Revisar la batería, el motor de arranque, y el alternador.
Inspección de nivel de líquido de radiador	Revisar nivel del líquido del radiador: Quitar tapón y verificar que el nivel del líquido este al ras del orificio de llenado.
Inspección de nivel de aceite de frenos	Revisar nivel de aceite del sistema de frenos. Abrir el capó del motor y verificar que el nivel llegue al máximo con el líquido de frenos.

Continuación de la figura 49.

Lubricación de ejes, articulaciones y acoples	Lubricar ejes de impulso, articulaciones y acople central del eje delantero. Limpiar boquillas de engrase y aplicar grasa en los puntos de en articulaciones principales. Limpiar grasa sucia que haya salido.
Inspección de condiciones llantas	Revisar la presión de los neumáticos. Verificar el estado de la banda de rodamiento y de los laterales del neumático.
Verificación de funcionamiento de panel de señales	Verificar si el panel de indicadores marca una seña atenderlas. Revisar el funcionamiento de la bocina.
Verificación de funcionamiento de la maquinaria	Verificar funcionamiento de pedales de freno y <i>clutch</i> , freno de mano, bocina, luces, y timón.
Inspección general	Revisar estructura general, verificando si hay daños, estado de loderas, cinturones de seguridad, tornillos.
<b>250 horas de operación</b>	
Inspección de condiciones de batería	Revisar nivel del electrolito de la batería tomar las precauciones y equipo de protección personal apropiado.
<b>Mantenimiento mecánico</b>	
Ajuste y reacondicionamiento de fajas	Ajustar de correa del ventilador. Abrir el capó del motor y revisar que la correa este ajustada de forma adecuada y en buen estado y si estuviese gastada, sustituir.
Limpieza externa de radiador	Limpiar exterior de los radiadores, con ayuda de aire comprimido.
Inspección de nivel de aceite de ejes delantero y trasero	Revisar niveles de aceite del eje delantero y trasero. Verificar que el lubricante alcance la altura del orificio y rellenar si es necesario.
Inspección de nivel de aceite de transmisión hidráulica	Revisar nivel de aceite de transmisión hidráulica. Con la maquina encendida, pero con el freno de estacionamiento revisar el nivel de aceite con la varilla indicadora en la parte

Continuación de la figura 49.

	del capó del motor. El nivel tiene que estar siempre al máximo o muy cerca del mismo. Rellenar si es necesario.
<b>500 horas de operación</b>	
Sustitución de aceite de motor	Cambiar aceite del motor. Hacer operación a una temperatura de entre 40° a 45 °C del motor para asegurar que se desechen partículas en suspensión del tanque. Colocar bandeja para extraer el aceite usado, abrir el capó del motor, y extraer el tapón de drenaje para el vaciado. Enroscar nuevamente el tapón y llenar de aceite nuevo el tanque, revisando con la varilla que el nivel llegue al máximo y tapar y realizar pruebas.
Sustitución de filtro de aceite de motor	Sustituir filtro de aceite de motor. Durante cambio de aceite, revisar estado de filtro de aceite de motor. Desenroscar el filtro sucio y desechar apropiadamente. Limpiar la superficie donde se coloca el filtro. Empapar el nuevo filtro con aceite de motor y enroscar a mano hasta que el empaque haga tope. Ajustarlo, y revisar que no hayan escapes o hasta que la señal de aceite bajo en el tablero no aparezca.
Sustitución de filtro de aceite hidráulico	Sustituir el filtro de aceite hidráulico. Remover de forma ordenada las cubiertas previas al filtro. Extraer el cartucho y el recipiente del filtro, limpiarlo, revisar que se encuentre en perfectas condiciones. Cambiar el cartucho e instalar nuevamente las piezas en orden inverso del que fue sacado.
<b>1000 horas de operación</b>	
Cambio de aceite para diferenciales	Cambio del aceite del eje delantero y trasero. Hacer cambio bajo temperatura de funcionamiento el aceite es más fluido y se puede drenar más fácil y que traiga partículas sólidas que permanecen en suspensión. Drenar el aceite usado en un recipiente con capacidad adecuada. Rellenar el aceite indicado hasta alcanzar el nivel al borde inferior del orificio.

Continuación de la figura 49.

Cambio de aceite de transmisión hidráulica	Cambio de aceite de transmisión hidráulica. Colocar una bandeja para contener el aceite usado. Revisar estado de filtro y reemplazar si es necesario. Rellenar de aceite hasta el nivel indicado.
Cambio de filtros de transmisión hidráulica	Cambio de filtros de transmisión hidráulica. Se realiza durante el cambio de aceite de transmisión hidráulica, para ello remover la cubierta. Limpiar las superficies en contacto con el empaque y su soporte. Lubricar el empaque y colocar el filtro de forma adecuada. Poner en marcha el motor y dejar que el aceite se caliente y rellenar de aceite hasta el máximo según la varilla indicadora.
<b>2000 horas de operación</b>	
Cambio de líquido de refrigeración	Cambio de líquido de refrigeración. Abrir y quitar la rapa superior del radiador y la de drenaje. Colocar bandeja para recoger el residuo. Cerrar el tapón de drenaje del radiador y apretar la válvula en la cabeza del portador del filtro y rellenar de nuevo con refrigerante. Poner en marcha y revisar nivel de refrigerante, rellenar si es necesario.
Cambio de líquido de frenos	Cambio de líquido de frenos. Vaciar líquido de frenos aflojando de los tornillos de purga en un recipiente de contención, y accionar los pedales de los frenos para que se vacíe por completo. Rellenar el deposito con líquido de frenos nuevo y bombee otra vez los pedales, rellenar hasta que el deposito halla llenado y no haya aire en el sistema. Purgar el aire si es necesario.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 50 se muestra el instructivo de mantenimiento de los inyectores de fertilizante.

Figura 50. **Instructivo de mantenimiento del inyector de fertilizante**

 	
Maquinaria o Equipo:	Inyector de fertilizante
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-CV-INF-001 al JMF-CV-INF-012
Marca y modelo:	Dosatron D14MZ2
Área:	Varias
Departamento:	Cultivo
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de cultivo cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Realizar de forma adecuada las purgas, uso de llaves de paso, y tornillo de graduación para evitar estropear el equipo.	
Asegurarse que los soportes estén en una superficie plana y área en la que está ubicada el equipo no cause tropiezos y/o caídas para evitar golpes a la estructura.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mantenimiento mecánico</b>	
Inspección de fugas del dosificador	Identificar si existen fugas en el equipo, contactar con proveedor de equipo para realizar proceso de diagnóstico y cambio de piezas.

Continuación de la figura 50.

Inspección de funcionamiento de elementos del dosificador	de de	Verificar que funcionen correctamente los filtros de entrada, cheques, y tornillos de purga.
Limpieza periódica del equipo		Lavar la unidad con agua limpia con agua limpia por la manguera de inyección.
Cambio de sellos		Reemplazar sellos una vez al año o más a menudo si es necesario. Realizar armado y desarmado según indicaciones del manual.
Prueba de ajuste del pistón		Insertar el pistón hasta el centro del cuerpo del dosificador. Levantar suavemente el cuerpo sosteniendo únicamente el pistón. Debe sentirse ajustado, y si se cae el cuerpo es necesario cambiar la camisa del pistón.
Verificación de buen funcionamiento de cuerpo de dosificador		Examinar el interior del cuerpo para identificar si existen rayas o estrías en el material, si es ese el caso, el cuerpo del dosificador debe cambiarse.
Ajuste de pistón		Realizar mantenimiento de pistón de acuerdo a instrucciones de manual de servicio.
Ajuste de botón de purga del aire		Realizar mantenimiento del botón de purga del aire de acuerdo al manual de servicio, y revisar el estado de empaque.
Ajuste de <i>bypass</i> en válvula de purga de aire		Si el inyector de fertilizante tiene un <i>bypass</i> en vez de válvula de purga de aire realizar el mantenimiento especificado en el manual de servicio.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>		
<b>Permisos de trabajo</b>		Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>		   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 51 se muestra el instructivo de mantenimiento de la galleta (*pad fan*).

Figura 51. **Instructivo de mantenimiento de galleta (*pad fan*)**

 	
Maquinaria o Equipo:	Galleta ( <i>pad fan</i> )
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-IG-GAL-001
Área:	Invernadero germinador 16
Departamento:	Invernadero germinador
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier problema, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (loto) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mensual</b>	
Inspección de funcionamiento de bomba de agua	Verificar funcionamiento de bombas de agua.
Inspección de limpieza de sistema de galleta	Verificar que no haya obstrucciones en canalones, depósitos y filtros de agua.
Inspección general del equipo	Verificar estado general de galleta.

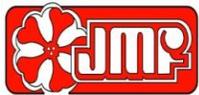
Continuación de la figura 51.

<b>Semestral</b>	
Desmontaje del equipo	Desmontar galleta, empezando por las secciones 1 y 2 completamente. Posteriormente se hace con mucho cuidado la sección 3 y 4 de forma fraccionada para evitar la caída involuntaria de la galleta.
Limpieza de galleta	Limpiar completamente con hidrolavadora de forma apropiada.
Limpieza de sistema de galleta	Lavar canalones, depósitos verticales de agua y filtros de la bomba de agua, verificando que queden libres de obstrucciones.
Montaje del equipo	Volver a armar y colocar la galleta en orden inverso al cual fueron desmontados.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	No
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 52 se muestra el instructivo de mantenimiento de las máquinas de proceso de semilla.

Figura 52. **Instructivo de mantenimiento de la máquina de proceso de semilla**

 	
Maquinaria o Equipo:	Máquina de proceso de semilla
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-BS-MPS-001 al JMF-BS-MPS-019
Marca y modelo:	Westrup
Área:	Bodega de semillas
Departamento:	Bodega de semillas
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (loto) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Semanalmente</b>	
Inspección de estado general del equipo	Revisar que el equipo no tenga abolladuras, oxido o partes desprendidas. Revisar que los guardas de protección, cargadores y ducto de aire se encuentren en buen estado.
Inspección de niveles de aceite	Revisar nivel de aceite del motor y rellenar si es necesario. Revisar si existen posibles fugas de aceite.
<b>Cada 6 meses</b>	
Cambio de fajas	Cambiar fajas si es necesario, verificando desgaste. Para este procedimiento será necesario desmontar guardas de protección.

Continuación de la figura 52.

Lubricación de ejes y cojinetes	Verificar estado de lubricación de ejes y cojinetes, eligiendo lubricante apropiado
Ajuste de pernos de anclaje	Verificar el apriete de todos los tornillos y pernos de anclaje del equipo.
<b>Anual</b>	
Verificar alineación de ejes y engranajes	Verificar que el eje y los cojinetes se encuentren alineados al motor, si no es así proceder a rectificar.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificación de funcionamiento de ventilador	Revisar estado de aspas, verificar temperatura de funcionamiento y revisar bujes y cojinetes.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.

Continuación de la figura 52.

Requisitos de aptitud para trabajar	
Permisos de trabajo	Si - Trabajo eléctrico
EPP obligatorio	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 53 se muestra el instructivo de mantenimiento de la bomba sumergible.

Figura 53. Instructivo de mantenimiento de la bomba sumergible

 	
Maquinaria o Equipo:	Bomba sumergible
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-CV-BSU-001 al JMF-CV-BSU-007
Marca y modelo:	Franklin Electric
Área:	Varias
Departamento:	Cultivo
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	

Continuación de la figura 53.

Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Limpieza de filtro de agua	Limpiar apropiadamente el filtro de agua que se encuentra en la entrada al sistema de agua con abono.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipón de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 54 se muestra el instructivo de mantenimiento de los carretones.

Figura 54. **Instructivo de mantenimiento del carretón**

 	
Maquinaria o Equipo:	Carretón
Código del equipo:	JMF-OP-CAR-001 al JMF-IG-CAR-033
Área:	Varias
Departamento:	Operaciones
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Realizar inspección diaria de estado del carretón	
No sobrecargar carretones	
Si se detectan anomalías en el funcionamiento reportar inmediatamente al departamento de Operaciones.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Trabajar en un lugar seguro	Antes de iniciar cualquier mantenimiento, ubicar el carretón en un terreno firme y plano y libre de tránsito vehicular.
Usar la herramienta adecuada	No usar herramientas en malas condiciones, de mala calidad o improvisadas.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Lubricación de ejes, articulaciones y acoples	Lubricar ejes de impulso, articulaciones y acople central del eje delantero. Limpiar boquillas de engrase y aplicar grasa en los puntos de en articulaciones principales. Limpiar grasa sucia que haya salido.

Continuación de la figura 53.

Inspección de condiciones generales del equipo	Revisar estado de llantas, bufas y tapones, muñones y pértigos, cojinetes, retenedores, tornamesa, graseras, chasis, entre otros.
	Según el tipo de carretón revisar cámara de vapor, lámina perforada, compuertas, cargadores de madera, lamina de plataforma, techo, tubos cargadores, barandas, respaldos.
Reparar desperfectos	Reparar desperfectos que se hayan identificado.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	No
<b>EPP obligatorio</b>	

Fuente: elaboración propia.

### 2.4.3.3. Equipos prescindibles

Para la maquinaria o equipos clasificados como equipos prescindibles se realizarán tareas de mantenimiento preventivo de acuerdo al contenido de los instructivos de servicio que se presentan a continuación.

A continuación, en la figura 55 se muestra el instructivo de mantenimiento de la bomba hidroneumática.

Figura 55. Instructivo de mantenimiento de la bomba hidroneumática

			
Maquinaria o Equipo:		Bomba hidroneumático	
Código de la maquinaria o equipo:		JMF-CV-BHI-001 al JMF-IG-BHI-004	
Marca y modelo:		Pro-Source PSP 195-T02	
Área:		Varias	
Departamento:		Varios	
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>			
Informar al departamento de Operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.			
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario			
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.			
<b>Instrucciones de seguridad</b>			
Acudir a manual de servicio		Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.	
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento		Aplicar bloqueos de seguridad.	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>			
Verificación de funcionamiento hidroneumático	de de	Verificar funcionamiento de manómetros, presostatos, válvulas de seguridad del equipo.	
Verificación de funcionamiento compresor	de de	Revisión de funcionamiento de compresor, con un tiempo de operación de 10 a 15 minutos seguidos como máximo o como se establezca en el manual de operación del compresor.	
Ajuste de pernos de anclaje	de	Ajustar pernos de anclaje de la bomba para evitar vibración innecesaria.	
Prueba hidroneumática		Realizar prueba hidroneumática como mantenimiento legal para identificar si la presión resistida por el equipo sigue siendo óptima sin llegar a producir un estallido.	

Continuación de la figura 55.

Revisión de válvula de pie	Revisión de la válvula de pie y su tubería e inspeccionar las condiciones en la que se encuentra la valvular para evitar la cavitación de las bombas.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 56 se muestra el instructivo de mantenimiento de la bomba centrífuga.

Figura 56. Instructivo de mantenimiento de la bomba centrífuga

 	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Maquinaria o Equipo:	Bomba centrífuga
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-CV-BAG-001 al JMF-CV-BAG-022
Marca y modelo:	Pentair Sta-Rite DS3 Series
Área:	Varias
Departamento:	Varios
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad previo a mantenimiento	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Semanal</b>	
Inspección de rotación del eje	Rotación del eje manual. Cuando la bomba se pare por un largo periodo, se debe girar con algún mecanismo o herramienta una vuelta y cuarto el eje para lubricar los cojinetes y prevenir que se trabe el eje.
Inspección de fugas en conexiones	Revisar que no existan fugas en las conexiones.
<b>Revisiones adicionales</b>	

Continuación de la figura 56.

Lubricación de cojinetes	Lubricación de cojinetes. Verificar el nivel y estado de aceite en cojinetes lubricados con aceite. Cambiar el aceite a intervalos fijos.
Ajuste de pernos de anclaje	Ajustar pernos de anclaje de la bomba para evitar vibración innecesaria.
<b>Inspección interna</b>	
Inspección interna de la bomba	No abrir la bomba si no es necesario. En caso de abrirla:
	Revisar todas las partes y reemplazar las que estén desgastadas.
	Inspeccionar que el área de los conductos del impulsor y de sellos del líquido estén despejados.
	Verificar que no exista desgaste en el impulsor y el anillo, pues esto puede provocar desequilibrio, vibración y deterioro.
Verificar estado de eje y cojinete de deslizamiento	Observar el cojinete y el eje en busca de desgaste, daños o torceduras.
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipón de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.

Continuación de la figura 56.

Inspección de señalización de seguridad eléctrica	de de	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>		
<b>Permisos de trabajo</b>		Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>		   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 57 se muestra el instructivo de mantenimiento del compresor.

Figura 57. **Instructivo de mantenimiento del compresor**

 	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Maquinaria o Equipo:	Compresor
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-OP-COM-001 al JMF-IG-COM-008
Marca y modelo:	Campbell Hausfeld
Área:	Varias
Departamento:	Varios
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Supervisar las condiciones de funcionamiento de presión, ruido, vibraciones y notificar anomalías al departamento de Operaciones.	
Aplicar Bloqueo-Etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	

Continuación de la figura 57.

Utilizar el equipo de protección personal apropiado, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Trabajar en un lugar seguro	Antes de iniciar cualquier mantenimiento, ubicar la maquinaria en un terreno firme y plano y libre de tránsito vehicular.
Colocar bloqueos de seguridad.	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mantenimiento mecánico</b>	
<b>Cada 50 horas</b>	
Inspección general del equipo	Revisar el estado del cobertor de partes móviles del equipo, manómetros y tuberías de aire comprimido y verificar estado del mismo.
Purga de condensado	Realizar descarga de condensado en la válvula situada bajo el depósito, abriéndola hasta que solo salga aire.
Limpieza de trampa de agua	Revisar trampa de agua y de aceite en el compresor y limpiar depósito de purgas.
<b>Cada 100 horas</b>	
Ajuste de pernos de anclaje	Verificar el apriete de todos los tornillos y en particular los del cabezal, apretar si es necesario.
<b>Cada mes</b>	
Limpieza de filtros	Limpiar filtros de compresor y hacer cambio de filtros.
Inspección de nivel de aceite del compresor	Verificar estado de lubricación por medio de nivel y rellenar si es necesario, eligiendo un lubricante apropiado.

Continuación de la figura 57.

<b>Cada 150 horas</b>	
Cambio de aceite	Aflojar el tapón de drenado de aceite y permitir que salga el aceite en un recipiente contenedor, y atornillar nuevamente tapón. Rellenar hasta que el nivel de aceite llegue al indicado.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	No

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 58 se muestra el instructivo de mantenimiento de los ciclones.

Figura 58. Instructivo de mantenimiento del cicloneo

 	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Maquinaria o Equipo:	Cicloneo
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-BS-CIC-001 al JMF-BS-CIC-005
Área:	Bodegas de semillas
Departamento:	Bodega de semilla
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de Operaciones cualquier ruido anormal del equipo, y programar en conjunto limpiezas especiales por alta producción.	
Aplicar Bloqueo-Etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios y elementos aspirados por el equipo de manera apropiada.	
Utilizar el equipo de protección personal apropiado, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mantenimiento mecánico</b>	
Inspección general del equipo	Revisar estado de guardas de protección, fajas y poleas.
Cambio de fajas	Cambiar fajas si es necesario, verificando desgaste. Para este procedimiento será necesario desmontar guardas de protección.
Inspección de estado de depósito	Verificar que el depósito final de residuos se encuentre en buen estado.

Continuación de la figura 58.

Ajuste de pernos de anclaje	Verificar el apriete de todos los tornillos en ductos y partes fijas, apretar si es necesario.
Limpieza de ductos	Limpiar ductos con aire comprimido con ayuda de escaleras.
Inspección de turbina	Revisar las condiciones de turbina.
Lubricación	Revisar engrase, rellenar si es necesario.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, o en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Sí: trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

En la figura 59 se muestra el instructivo de mantenimiento del ventilador.

Figura 59. **Instructivo de mantenimiento del ventilador**

 	
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Maquinaria o equipo:	Ventilador
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-OP-VEN-001 al JMF-OP-VEN-091
Área:	Varias
Departamento:	Varios
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (loto) cuando sea necesario.	
Usar equipo de protección personal adecuado y desechar apropiadamente los residuos.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
Desenergizar equipo antes de empezar a dar mantenimiento	Desenergizar el equipo antes de comenzar cualquier mantenimiento, asegurándose que las partes móviles estén en completo reposo antes de acceder.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Limpieza de ventilador	Quitar el panel de protección delantero y trasero. Proceder a limpiar la acumulación de polvo y suciedad que pueda tener alrededor de la hélice y en el ventilador en general.

Continuación de la figura 59.

Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Inspección de estado de fusibles	Revisar estado de fusibles. Si se quema el fusible, desconectar y reemplazar según instrucciones de manual.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje.
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes.
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 60 se muestra el instructivo de mantenimiento de la clasificadora de pared.

Figura 60. Instructivo de mantenimiento de la clasificadora de pared

 	
Maquinaria o Equipo:	Clasificadora de pared
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-BS-CPA-001 al JMF-BS-CPA-002
Área:	Bodega de semillas
Departamento:	Bodega de semillas
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación y limpieza para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mensualmente</b>	
Inspección de estructura del equipo	Revisar que el equipo no tenga daños en su estructura y que las compuertas no se encuentren dañadas u obstruidas.
Ajuste para sujeción del equipo sobre pared	Ajustar firmemente los soportes que sujetan al equipo en la pared si se han aflojado.
Limpieza	Realizar limpieza superficial del equipo cuando sea necesario.

Continuación de la figura 60.

Requisitos de aptitud para trabajar	
Permisos de trabajo	No
EPP obligatorio	 

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 61 se muestra el instructivo de mantenimiento del calentador solar.

Figura 61. **Instructivo de mantenimiento del calentador solar**

 	
Maquinaria o Equipo:	Calentador solar
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-BS-CSO-001 al JMF-IG-CSO-002
Área:	Varios
Departamento:	Varios
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.

Continuación de la figura 61.

Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Semanalmente</b>	
Inspección de nivel de presión	Inspeccionar niveles de presión.
Inspección de instalación de tubería CPVC y conexiones	Verificar estado de tubería y conexiones para identificar posibles fugas.
Inspección de aislante térmico	Verificar que el aislante térmico de la tubería del sistema hidráulico esté en buenas condiciones. Este aislante requerirá usar espumas estabilizadas contra UV o cubiertas metálicas para evitar que se deterioren.
Purga	Purgar periódicamente el sistema, durante el proceso, revisar el ánodo de sacrificio
<b>Anualmente</b>	
Inspección general de la estructura	Verificar que la estructura se encuentre en perfectas condiciones, limpia, libre de óxido.
Limpieza de estructura	Hacer un lavado de la estructura.
Tratamiento químico (pintura)	Pintar estructura metálica con pintura anticorrosiva si se encuentra deteriorada para prevenir generación de óxido.
Verificar funcionamiento de válvulas anti retorno	Verificar funcionamiento de válvulas anti retorno a la entrada de agua fría. Si se encuentra obstruida proceder a retirarla y limpiarla, reemplazar si es necesario.
Limpieza de termo tanque	Drenar termo tanque y hacer limpieza completa suavemente, haciendo que los lodos o suciedad depositada en el fondo de los tubos salgan del termo tanque.

Continuación de la figura 61.

Tratamiento químico (solución de agua con vinagre) para desincrustar	En una etapa intermedia del lavado, utilizar una solución de agua con vinagre para eliminar la incrustación cálcica. Volver a lavar con agua hasta eliminar trazas de la solución.
Cambio de ánodo de sacrificio	Cambiar el ánodo de sacrificio si se ha consumido por completo.
Limpieza de tubos evacuados	Limpieza de los tubos evacuados con un paño suave y agua caliente o agua jabonosa con mucho cuidado. Por ningún motivo el calentador solar se deberá llenar si los tubos evacuados no están fríos, pues puede causar un choque térmico y rotura de los mismos.
Verificar funcionamiento de sistema de respaldo	Hacer prueba de funcionamiento en sistema de respaldo cuando no se use regularmente, o hacer uso de este cuando hay exceso de consumo de agua caliente en días nublados cuando la luz solar es insuficiente.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, sistema de mando, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.

Continuación de la figura 61.

<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo eléctrico y trabajo en alturas
<b>EPP obligatorio</b>	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 62 se muestra el instructivo de mantenimiento del congelador.

Figura 62. **Instructivo de mantenimiento del congelador**

 	
Maquinaria o Equipo:	Congelador
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-PR-CON-001 al JMF-PR-CON-007
Marca y modelo:	Dual GRS GF420
Área:	Bodega de polen
Departamento:	Producción
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.

Continuación de la figura 62.

Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Limpiar acumulación de escarcha	Entre descongelaciones, se recomienda raspar con espátula plástica las paredes para eliminar la escarcha con un movimiento hacia arriba.
Descongelar y limpiar	Descongelar y limpiar cuando se acumule hielo de espesor de 5 a 10mm.
Inspección de fugas	Revisar bandeja y el suelo para verificar si hay fugas.
Limpieza interna y externa	Limpiar la superficie interna del congelador con bicarbonato en un cuarto de galón de agua tibia.
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.

Continuación de la figura 62.

Requisitos de aptitud para trabajar	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 63 se muestra el instructivo de mantenimiento de la faja transportadora.

Figura 63. **Instructivo de mantenimiento de la faja transportadora**

 	
Maquinaria o Equipo:	Faja transportadora
Código de la maquinaria o equipo:	JMF-IG-FAJ-001 al JMF-IG-FAJ-002
Área:	Invernadero germinador 16
Departamento:	Invernadero germinador
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de Operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	
Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.

Continuación de la figura 63.

<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mantenimiento mecánico</b>	
<b>Semanalmente</b>	
Inspección de estado general del equipo	Revisar que el equipo no tenga abolladuras, oxido o partes desprendidas. Revisar que las guardas de protección, mesa se encuentren en perfectas condiciones
<b>Cada 6 meses</b>	
Cambio de fajas	Cambiar fajas si es necesario, verificando desgaste. Para este procedimiento será necesario desmontar guardas de protección.
Lubricación de ejes y cojinetes	Verificar estado de lubricación de ejes y cojinetes, eligiendo lubricante apropiado
Ajuste de pernos de anclaje	Verificar el apriete de todos los tornillos y pernos de anclaje del equipo
<b>Anual</b>	
Verificar alineación de ejes y engranajes	Verificar que el eje y los cojinetes se encuentren alineados al motor, si no es así proceder a rectificar
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.
Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con

Continuación de la figura 63.

	superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 64 se muestra el instructivo de mantenimiento de la tómbola.

Figura 64. **Instructivo de mantenimiento de la tómbola**

 	
Maquinaria o Equipo	Tómbola
Código de la maquinaria o equipo	JMF-BS-TOM-001 al JMF-BS-TOM-002
Área	Bodega de semillas
Departamento	Bodega de semillas
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Informar al departamento de operaciones cualquier ruido anormal del equipo, seguir las instrucciones de operación, limpieza, armado y desarmado para evitar lesiones.	

Continuación de la figura 64.

Aplicar bloqueo-etiquetado (LOTO) cuando sea necesario	
Eliminar los desperdicios de manera apropiada.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
<b>Mantenimiento mecánico</b>	
<b>Semanalmente</b>	
Inspección de estado general del equipo	Revisar que el equipo no tenga abolladuras, oxido o partes desprendidas. Revisar que la estructura, guardas de protección, compuerta, plato de accionamiento y agujero de drenaje estén en perfectas condiciones
Inspección de niveles de aceite	Revisar nivel de aceite del motor y rellenar si es necesario. Revisar si existen posibles fugas de aceite.
<b>Cada 6 meses</b>	
Cambio de fajas	Cambiar fajas si es necesario, verificando desgaste. Para este procedimiento será necesario desmontar guardas de protección.
Lubricación de ejes y cojinetes	Verificar estado de lubricación de ejes y cojinetes de motor, eligiendo lubricante apropiado
Ajuste de pernos de anclaje	Verificar el apriete de todos los tornillos y pernos de anclaje del equipo
<b>Anual</b>	
Verificar alineación de ejes y engranajes	Verificar que el eje y los cojinetes se encuentren alineados al motor, si no es así proceder a rectificar
<b>Mantenimiento eléctrico</b>	
Verificación de funcionamiento eléctrico	Verificar funcionamiento del flipon de alimentación, conductores, contactor, protección térmica si tienen.

Continuación de la figura 64.

Verificar valores eléctricos	Tomar lectura de voltaje y amperaje
Inspección de motor	Revisar que no trabaje en condiciones de sobrecalentamiento, con ruido anormal de cojinetes o vibraciones
Inspección general de instalación eléctrica del equipo	Revisar condiciones de cables eléctricos, revisando que no estén sueltos, en mal estado, en contacto con superficies metálicas, y que no representen riesgos en el área de trabajo.
Ajuste de cables y bornes	Ajustar firmemente los tornillos que conectan los cables a los bornes
Inspección de señalización de seguridad eléctrica	Observar si hay falta de señalización eléctrica en el área para colocar donde sea necesario.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
<b>Permisos de trabajo</b>	Si - Trabajo eléctrico
<b>EPP obligatorio</b>	   

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la figura 65 se muestra el instructivo de mantenimiento de las termonebulizadoras.

Figura 65. Instructivo de mantenimiento de la termonebulizadora

 	
Maquinaria o Equipo	Termonebulizadora
Código de la maquinaria o equipo	JMF-CV-TER-001 al JMF-CV-TER-002
Marca y modelo	Swingfog SN50
Área:	Área de equipos de cultivo
Departamento:	Cultivo
<b>El responsable de la maquinaria o equipo deberá</b>	
Hacer uso adecuado del equipo siguiendo las instrucciones de protocolo de uso de termonebulizadora, velando la salud del usuario y de las personas en las áreas a nebulizar.	
Eliminar combustible residual dentro del carburador para prevenir daños en el equipo.	
Realizar procedimiento de limpieza para eliminar los residuos de la solución química en el lugar apropiado.	
Evitar que le caiga agua al motor.	
<b>Instrucciones de seguridad</b>	
Acudir a manual de servicio	Leer y comprender el manual de servicio del equipo del equipo.
Colocar bloqueos de seguridad	Aplicar bloqueos de seguridad.
<b>Instrucciones de mantenimiento</b>	
Inspección de estado general del equipo	Revisar que el equipo no tenga abolladuras, oxido o partes desprendidas. Revisar que el los botones, conexiones eléctricas se encuentren en perfectas condiciones.
Limpieza de sistema de químicos	Limpieza de tuberías y filtros donde pasa el producto de termonebulización, tanques de plástico y válvulas.

Continuación de la figura 65.

Ajuste y reacondicionamiento de diafragma	Realizar ajuste de diafragma de acuerdo a lo descrito en el manual de servicio.
Limpieza de carbón de poste de giro	Realizar limpieza de carbón de acuerdo a lo descrito en el manual de servicio.
Limpieza de carbón	Desensamblar el inyector y limpiar el punto de conexión del inyector. Quitar el adaptador del tubo nebulizador y limpiar depósitos de carbón en el interior del tubo nebulizador. Volver a armar los componentes.
Cambiar baterías	Realizar cambio de baterías cuando el equipo no encienda
<b>Cada 30 horas</b>	
Limpieza de sistema de combustible	Limpiar tuberías y filtros de gasolina de tanque de combustible, filtros con ayuda de cepillo plástico y aire comprimido.
<b>Cada 60 horas</b>	
Limpieza de cañón	Limpiar el cañón o tubo de acero cepillado por parte interna, retirando el carbón producido por la combustión.
<b>Cada 100 horas</b>	
Inspección de condiciones de empaques	Limpieza general de la máquina y cambio de empaques o retenes de flujo en caso de estar dañadas o que no cumplan su objetivo.
<b>Requisitos de aptitud para trabajar</b>	
Permisos de trabajo	No
EPP obligatorio	

Fuente: elaboración propia

#### 2.4.4. Programa de mantenimiento

Al definir la frecuencia para realizar las tareas de mantenimiento, el personal responsable para su ejecución, brinda las instrucciones de cómo realizarlas y se procede a definir un programa que permita al usuario identificar las fechas apropiadas en el año laboral.

Tabla XLIII. Programa anual de mantenimiento

Maquinaria o equipo	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Aire acondicionado		■				■				■		
Bomba con hidroneumático							■					
Bomba de agua							■					
Bomba de aspersión motorizada		■		■	■		■		■		■	■
Bomba de succión	■							■				
Bomba dosificadora de cloro		■						■				
Bomba sumergible							■					
Caldera	■						■				■	
Calentador solar											■	
Carretón	■											
Ciclonete	■			■				■			■	
Cisterna							■					
Clasificadora de pared		■										
Compresor					■						■	
Congelador	■						■					
Estación de inyección de fertilizante								■				
Faja transportadora			■									
Galleta (Pad Fan)	■		■		■		■		■		■	
Inyector de fertilizante		■					■					
Equipo de proceso de semillas	■								■			
Cámara de refrigeración				■						■		
Retroexcavadora	■						■					
Secador de semillas			■						■			



Figura 66. **Ecuación para calcular la frecuencia de fallos**

$$ff = \sum fallos$$

Fuente: elaboración propia.

- Numero de reportes de falla: para calcularlo, se deberá registrar los reportes de falla de maquinaria y equipos del área productiva, ya sea comunicados de forma oral y escrita y realizar un conteo del total que hayan sido meritorios de una revisión. La ecuación para calcular el número de reportes de falla se presenta en la figura 67, siendo ésta la sumatoria de todos los reportes de mantenimiento preventivo y correctivo recibidos para su mantenimiento.

Figura 67. **Ecuación para calcular el número de reportes de falla**

$$\#Reportes\ de\ falla = \sum reportes\ de\ falla$$

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo medio entre reporte de falla e inicio de reparación de falla: es el tiempo promedio que se toma el operario antes de atender la falla siendo esta ya reportada. Para calcularlo se hará la resta del tiempo en el que se reportó inicialmente la falla entre la hora que se llegó a verificar en el lugar la falla.

Figura 68. **Ecuación para calcular el tiempo medio entre reporte de falla e inicio de reparación de falla**

$$TMERFIF = T_{\text{reporte de falla}} - T_{\text{inicio de reparacion de falla}}$$

Fuente: elaboración propia.

- Numero de reportes de falla atendidos: para calcularlo se debe registrar el número de fallas reportadas y sus órdenes de mantenimiento correctivo ejecutadas para reparar la falla.

Figura 69. **Ecuación para calcular el número de reportes de falla atendidos**

$$\# \text{Reportes de falla atendidos} = \sum \text{fallas reportadas y atendidas}$$

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo medio entre fallas: es el cálculo del tiempo total de funcionamiento de un equipo dividido el número de fallas. Este valor describe el tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. La ecuación para calcular el tiempo medio entre fallas se encuentra en la figura 70.

Figura 70. **Ecuación para calcular el tiempo medio entre fallas**

$$TMEF = \frac{T_{\text{funcionamiento de un equipo}}}{\text{numero de fallas}}$$

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 214.

- Tiempo medio para reparar: es el cálculo del tiempo total de inactividad dividido entre el número de fallas. Este valor indica el tiempo que se utiliza para reparar la maquinaria o equipo después de una falla. La ecuación que permite calcular el tiempo medio para reparar se observa en la figura 71.

Figura 71. **Ecuación para calcular el tiempo medio para reparar**

$$TMR = \frac{T_{inactividad\ durante\ mantenimiento}}{numero\ de\ fallas}$$

Fuente: PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. p. 214.

- Porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo, para calcularlo se hará uso de la tabla que tiene el programa de mantenimiento, en el cual se verificará el cumplimiento mensual de las ordenes planificadas y ordenes realizadas identificando el 80 % de cumplimiento.

La ecuación para el cálculo del porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo se encuentra en la figura 72.

Figura 72. **Ecuación para calcular el porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo**

$$\% CMP = \frac{\sum ordenes\ realizadas\ mensualmente}{\sum ordenes\ planificadas\ mensualmente} \times 100$$

Fuente: elaboración propia.

- Porcentaje del cumplimiento en el plan de capacitación y desarrollo, para calcularlo se hará uso de una tabla del programa anual de capacitación para verificar el cumplimiento en las capacitaciones a realizar.

## 2.5. Costos de la propuesta

Se estimaron los costos de implementación de la propuesta. Los costos de la propuesta se ven representados en la tabla XLIV.

Tabla XLIV. **Costos de la propuesta**

<b>Diseño del plan</b>	
Recurso humano	Q 51 000,00
Papel	Q200,00
Gastos de impresión	Q 50,00
Cartapacios	Q 240,00
Adquisición de manuales de fabricante	Q 1 000,00
<b>Modificaciones al mantenimiento actual</b>	
Mantenimiento de maquinaria	Q 2 550,00
<b>Total</b>	<b>Q 55 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE CADENA DE SUSTRATO**

#### **3.1. Análisis del proceso de cadena de sustrato**

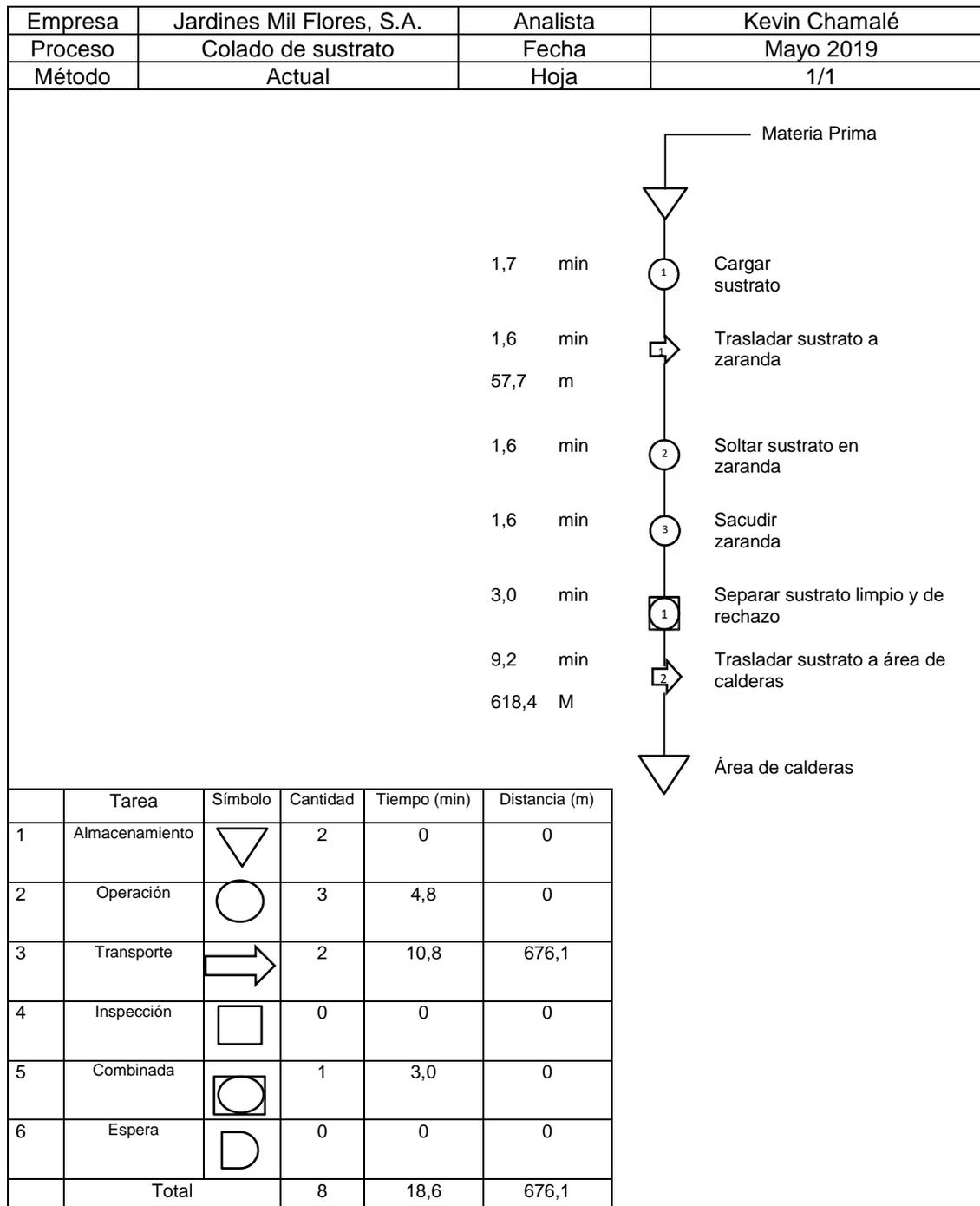
El proceso de cadena de sustrato forma parte del ciclo productivo de la producción y está compuesto por el colado de sustrato, pasteurización, llenado de bolsa y colocación de bolsa en invernadero. Actualmente, se han evidenciado retrasos en la entrega del proceso al área de producción, por tanto, es de vital importancia identificar la situación actual de los subprocesos e identificar en cada uno propuestas que no solo busquen reducir el tiempo de los procesos sino también los costos.

##### **3.1.1. Colado**

El colado de sustrato inicia cuando ingresa el sustrato requerido a un área de almacenamiento conocido como área de plataformas, con una retroexcavadora se mueve el sustrato hacia la zaranda y se deja caer arena sobre una zaranda. El sustrato limpio se junta y se desplaza en carretones el área de calderas, apilándolo en ésta área hasta el momento de su uso, momento en el que con la retroexcavadora se llenan los carretones de calderas.

El diagrama flujo del proceso del colado de sustrato se puede visualizar en la figura 73 mostrada a continuación.

Figura 73. Diagrama de flujo del proceso de colado de sustrato



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para el proceso de colado se utiliza una retroexcavadora, un tractor de tiro, dos carretones y una criba. Si existiese una alta demanda de sustrato colado el proceso pudiese aprovechar la alta existencia de máquinas, sin embargo, solo se cuenta con una zaranda o criba. La criba está en malas condiciones pues tiene grandes agujeros, y en ocasiones obstrucciones que impiden que la arena se deslice hacia abajo. También, se ha tenido que suspender el proceso por tener retroexcavadoras fuera de servicio por falta de repuestos de mantenimiento.

La materia prima puede ser otro factor que reduce la eficiencia del colado, pues existe la posibilidad de que el proveedor de arena entregue arena con alta granulometría que se rechaza cuando se realiza el colado. Existen formas para reducir la granulometría usando la maquinaria, pero genera gastos adicionales innecesarios.

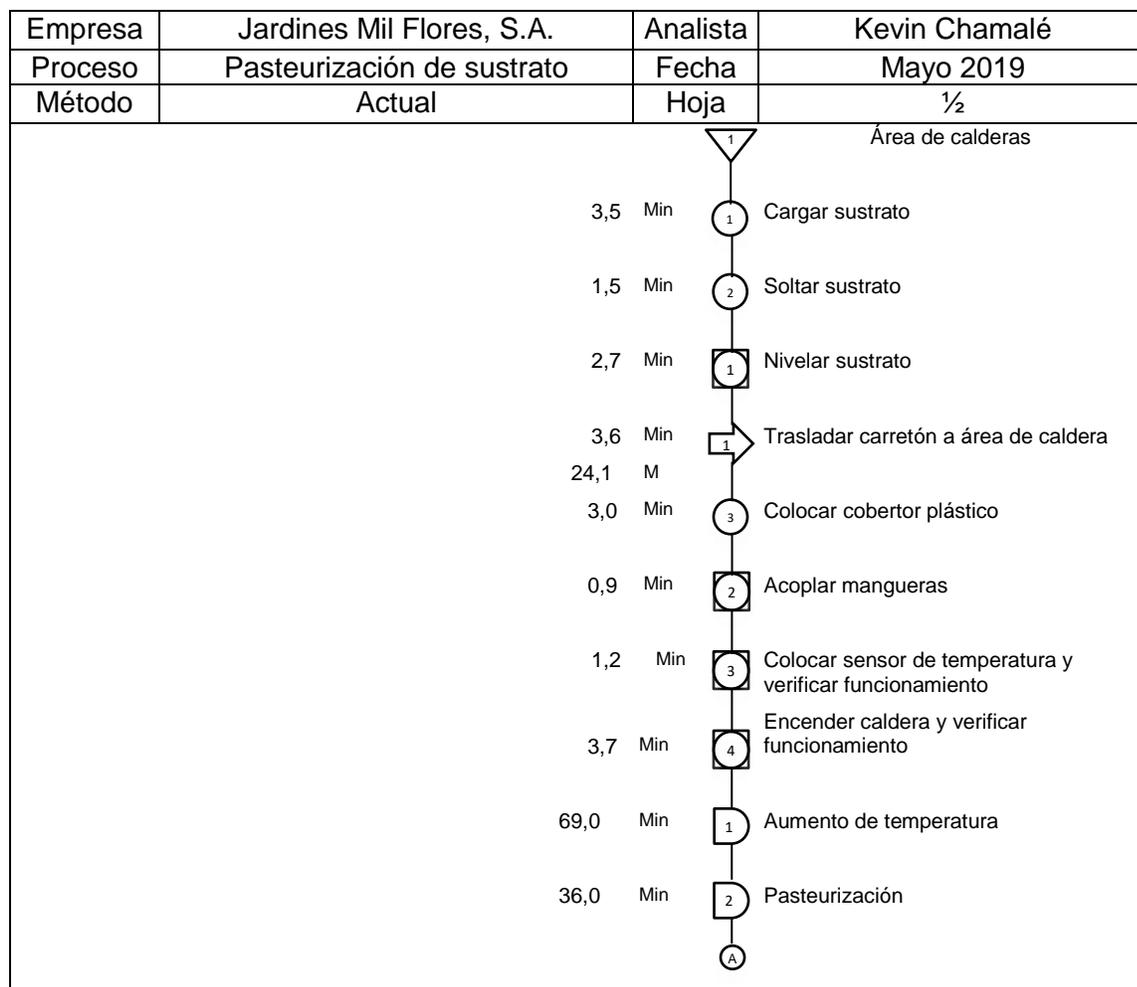
Las condiciones ambientales a las que se expone el sustrato afectan la eficiencia, pues cuando llueve se moja la arena haciéndola más pesada y cede menos al proceso de caída por gravedad para el colado. Cuando se trabaja en épocas lluviosas la eficiencia del proceso baja significativamente.

### **3.1.2. Pasteurización**

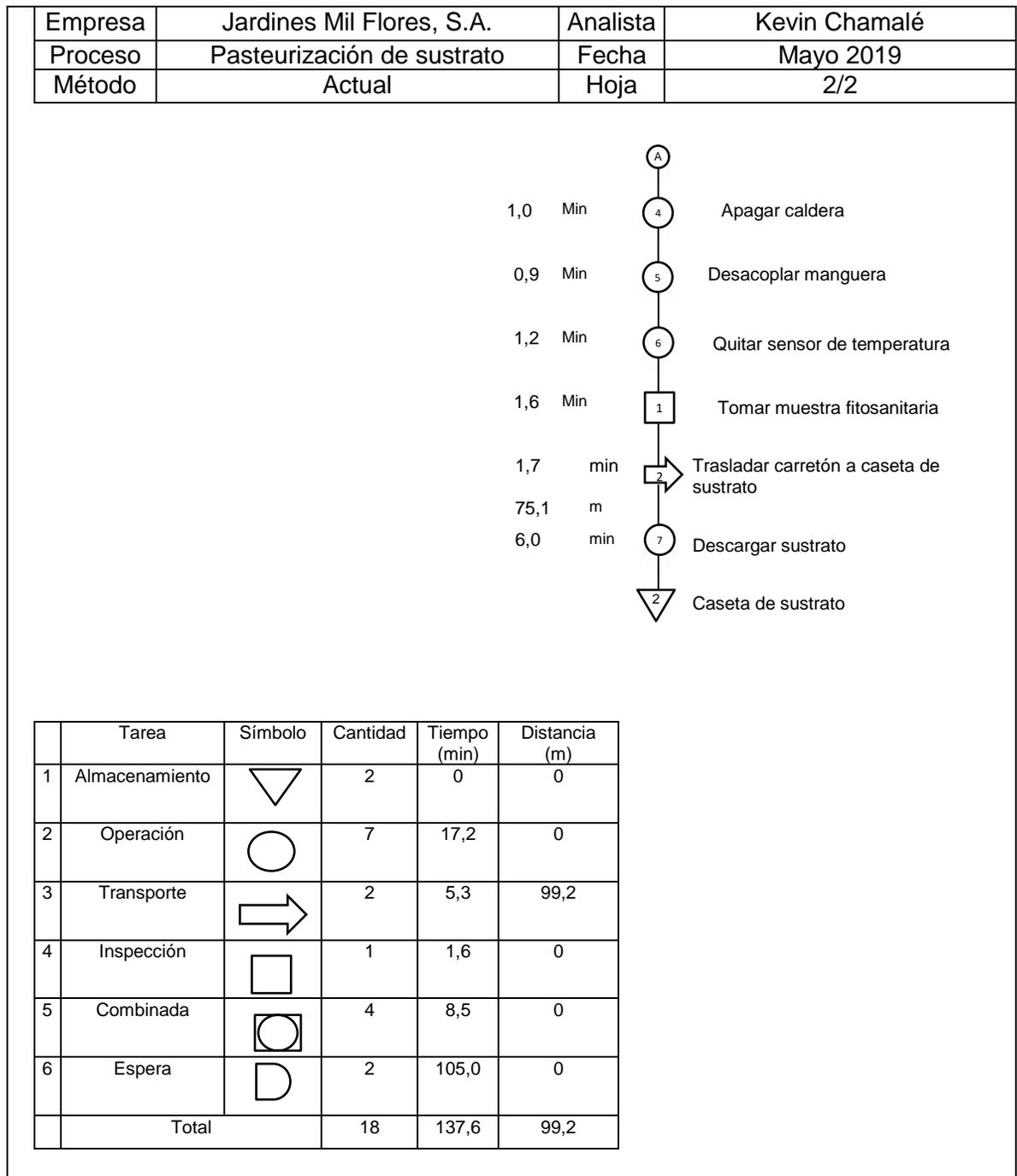
El proceso de pasterización inicia con el operador de caldera revisando el nivel de arena en el carretón y lo nivela si es necesario. Se engancha el carretón con el tractor de tiro y se lleva al área en la que se ubican las calderas; se acoplan las mangueras a la caldera apagada verificando que no hayan fugas; se tapa el carretón con plástico para conservar el calor que recibirán por el vapor suministrado de las calderas; se coloca el sensor de temperatura y se verifica que funcionen en el panel. Se procede a encender las calderas según procedimientos definidos y se verifica el funcionamiento; a continuación, el

sistema elevará su temperatura hasta que la alarma indique que se ha llegado el punto de pasteurización, a partir de ese momento se mantiene la temperatura por 30 minutos para garantizar la esterilización. Al terminar, se desacoplan mangueras, se quita el sensor de temperatura. Se traslada y descarga el carretón en un área de almacenamiento de arena esterilizada conocida como caseta de sustrato, lugar en el que se mantendrá mientras se enfría para llenar las bolsas. El diagrama flujo del proceso de pasterización de sustrato se puede visualizar en la figura 74 mostrada a continuación.

Figura 74. Diagrama de flujo del proceso de pasteurización de sustrato



Continuación de la figura 74.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para el proceso de pasteurización de sustrato se utiliza 1 retroexcavadora, 4 carretones de caldera, dos calderas y 1 tractor de tiro. El proceso que más se ve afectado por la maquinaria es el que se realiza con las calderas, pues sus condiciones no son las adecuadas. Actualmente, se está trabajando con dos calderas, pero se tienen en existencia 3, pero hay una que se encuentra fuera de servicio.

El sustrato mojado en época lluviosa afecta al proceso porque el sustrato húmedo tarda más para alcanzar la temperatura de esterilización.

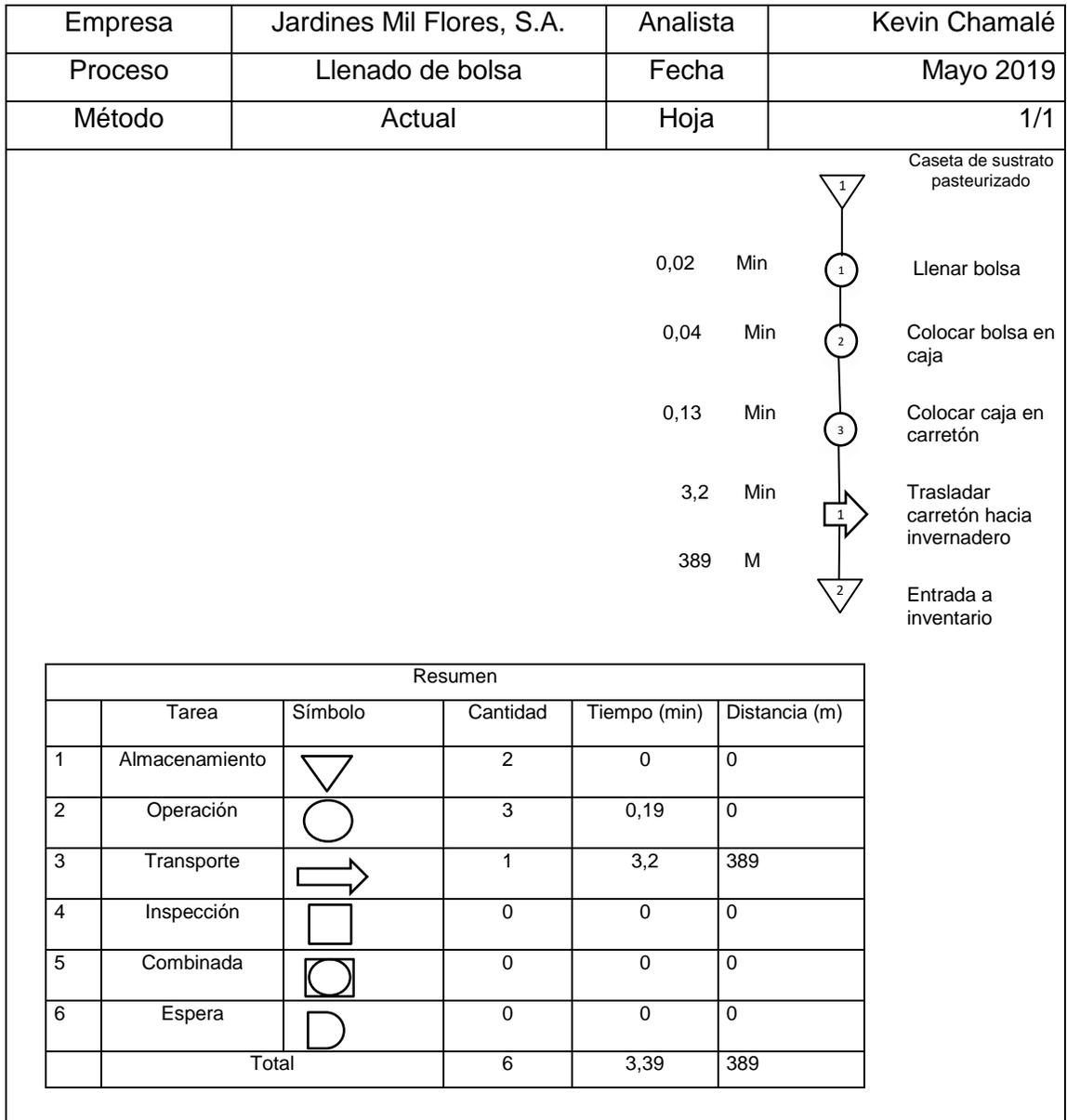
### **3.1.3. Llenado de bolsa**

El llenado de bolsa se realiza en la caseta de sustrato con el uso de un cucharón y bolsas plásticas. Las bolsas se colocan en una caja con capacidad de 10 unidades las cuales se van apilando, para después colocarlas en un carretón de plataforma accionado por el tractor de tiro que se dirige al invernadero.

El llenado de bolsa en invernaderos se hace por personal muy hábil en su tarea pues en ocasiones es más rápido que el uso de llenadoras automáticas, sin embargo, se ha considerado una alternativa mecánica para reducir incidencias ergonómicas de los operarios al hacer movimientos repetitivos que afectan la salud.

El diagrama flujo del proceso del llenado de bolsa se puede visualizar en la figura 75 mostrada a continuación.

Figura 75. Diagrama de flujo del proceso de llenado de bolsa



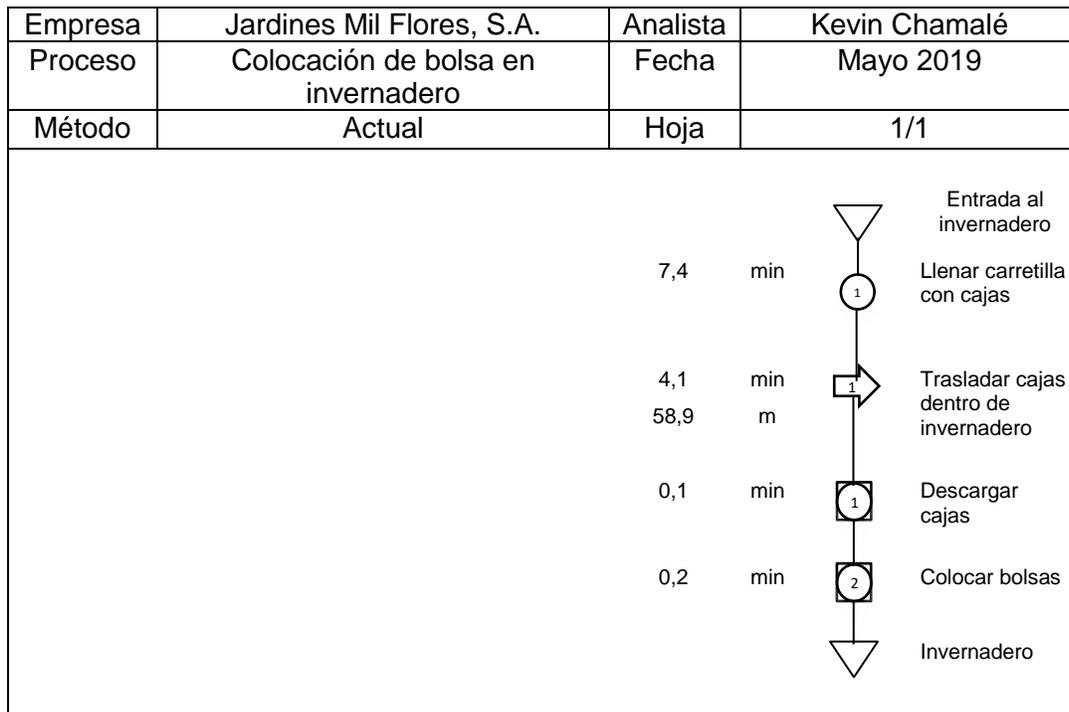
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### 3.1.4. Colocación de bolsa en invernadero

Al llegar al invernadero, los operarios ingresan según lo que establecen los normativos y usan una carretilla para entrar con las cajas e irán colocándolas en las bancas verificando que se encuentren las cantidades de bolsa especificadas. Finalmente se sacan las bosas de las cajas y se colocan en las bancas.

El diagrama flujo del proceso colocación de bolsa se puede visualizar en la figura 76 mostrada a continuación.

Figura 76. Diagrama de flujo del proceso de colocación de bolsa



Continuación de la figura 76.

Empresa	Jardines Mil Flores, S.A.	Analista	Kevin Chamalé		
Proceso	Colocación de bolsa en invernadero	Fecha	Mayo 2019		
Método	Actual	Hoja	2/2		
Resumen					
	Tarea	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Almacenamiento		2	0	0
2	Operación		1	7,4	0
3	Transporte		1	4,1	58,9
4	Inspección		0	0	0
5	Combinada		2	0,3	0
6	Espera		0	0	0
Total			6	11,82	58,9

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La colocación de bolsa en invernaderos es un proceso manual, en el cual los operarios se distribuyen para entrar carretillas con cajas llenas de bolsas de sustrato. Si se aprovechara el personal de llenado de bolsa y del que se asigna para la colocación de bolsa en invernadero se podrían obtener mejores resultados en la eficiencia.

### 3.2. Propuesta de mejora de la cadena de sustrato

La mejora en la eficiencia del proceso de cadena de sustrato radica en identificar las observaciones que generan un tiempo mayor, ya sea por el método, el medio ambiente, la medición, la mano de obra, la maquinaria o el material.

Se realizó una estimación en el cálculo del tiempo y distancia que se reduce a una muestra calculando el tiempo de las operaciones con cada una de las mejoras descritas en cada subproceso, dando como resultado un porcentaje de mejora apreciable con respecto al método actual.

### **3.2.1. Colado**

Debido a que las condiciones climáticas durante época lluviosa afectan sustancialmente el proceso de pasteurizar la arena mojada, es necesario recubrir el área de plataformas con una construcción de una estancia techada para almacenar el sustrato. El objetivo en la construcción de la estructura es mantener el sustrato fuera del contacto con el agua, y separar los tipos de sustrato con los que se cuenta para la producción.

Otro motivo por el cual es importante la reubicación es la de reducir el riesgo de exposición a peligros asociados a fallas e incidentes del sistema de presión y combustibles de las calderas hacia los vecinos industriales y colaboradores que laboran en los invernaderos cercanos o los que transitan dentro de las instalaciones; moviendo el sitio a un área menos transitada.

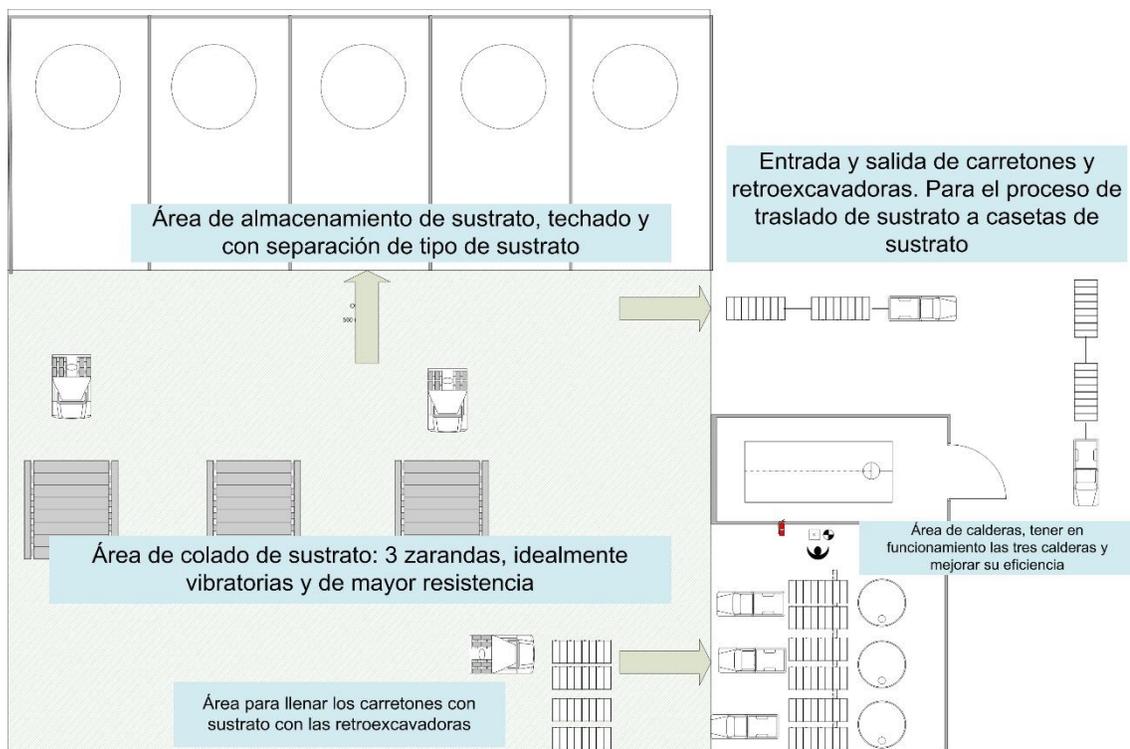
Se recomienda usar tres retroexcavadoras y adquirir tres zarandas para incrementar la eficiencia de la línea. Con respecto a las zarandas, se debe mejorar el diseño para que tengan una mayor resistencia pues su uso es intensivo, y si es posible, que cuenten con un sistema vibratorio para eliminar la actividad de sacudir la zaranda. A continuación, se presenta un plano que representa la propuesta para reubicación de los procesos

Como propuesta, también, se ha identificado la posibilidad de reducir el uso de tractores de tiro para llevar el sustrato colado al área de calderas, y con ello

también reducir el tiempo y distancia del proceso más tardío, trasladando el área de calderas hacia el área de plataformas. Este cambio en la ubicación del área crítica tiene como objetivo tener más cerca los procesos de colado, pasteurizado; también, es necesario reubicar las casetas de sustrato.

En la figura 77 se muestra un plano de redistribución del área de sustrato hacia el área de plataformas.

Figura 77. **Plano de redistribución de área de sustrato**



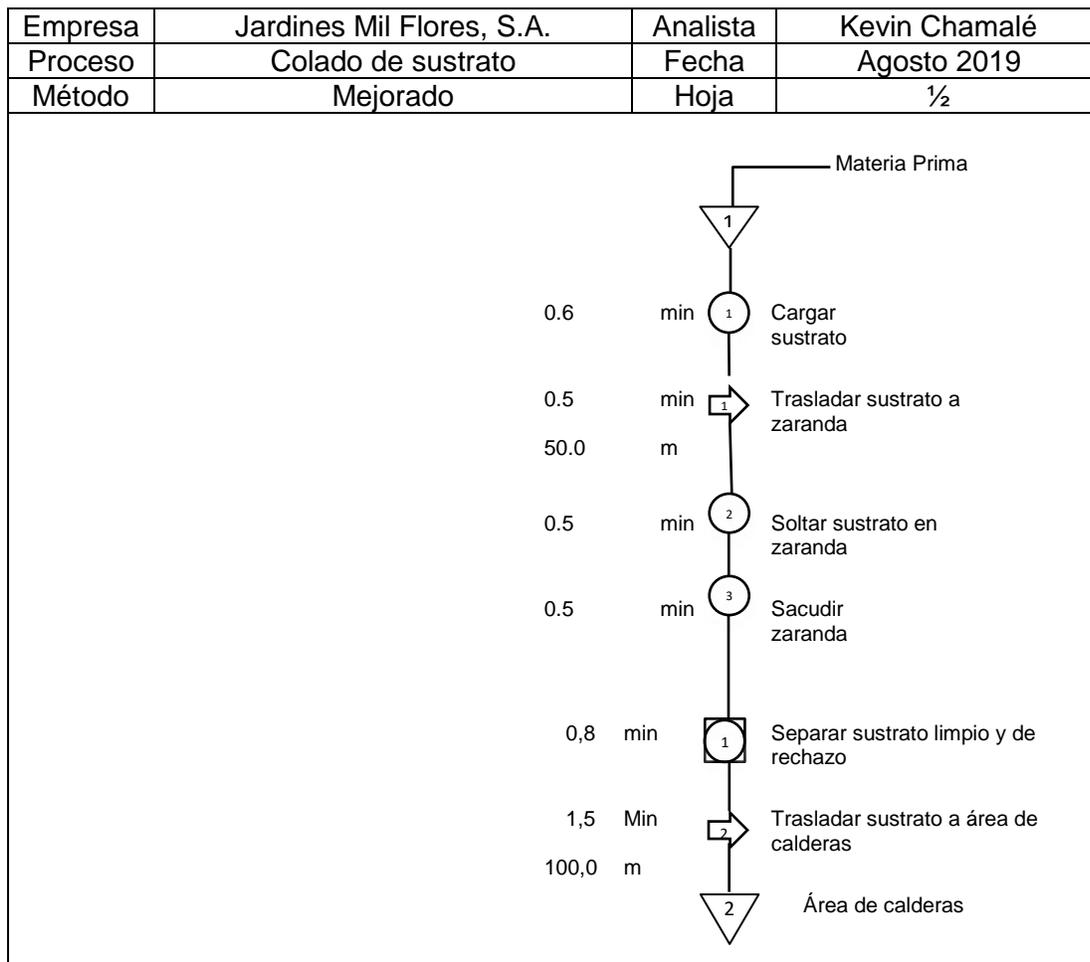
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El tiempo total que se utiliza la retroexcavadora trasladar los carretones con sustrato hacia el área de calderas es de 95,89 minutos con una distancia de 6,41 km aproximadamente para completar los 50 m<sup>3</sup>, con las mejoras el proceso

se reduce a 17 minutos y una distancia total de 1,7 km para completar la misma cantidad de sustrato.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo mejorado del proceso de cadena de sustrato al asignar los tiempos que se reducen al aproximar el área de calderas con el área de colado de sustrato.

Figura 78. **Diagrama del proceso de colado mejorado**



Continuación de la figura 78.

Empresa	Jardines Mil Flores, S.A.			Analista	Kevin Chamalé
Proceso	Colado de sustrato			Fecha	Agosto 2019
Método	Mejorado			Hoja	2/2
Resumen					
	Tarea	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Almacenamiento		2	0	0
2	Operación		3	1,6	0
3	Transporte		2	2,1	150,0
4	Inspección		0	0	0
5	Combinada		1	0,8	0
6	Espera		0	0	0
Total			8	4,4	150,0

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

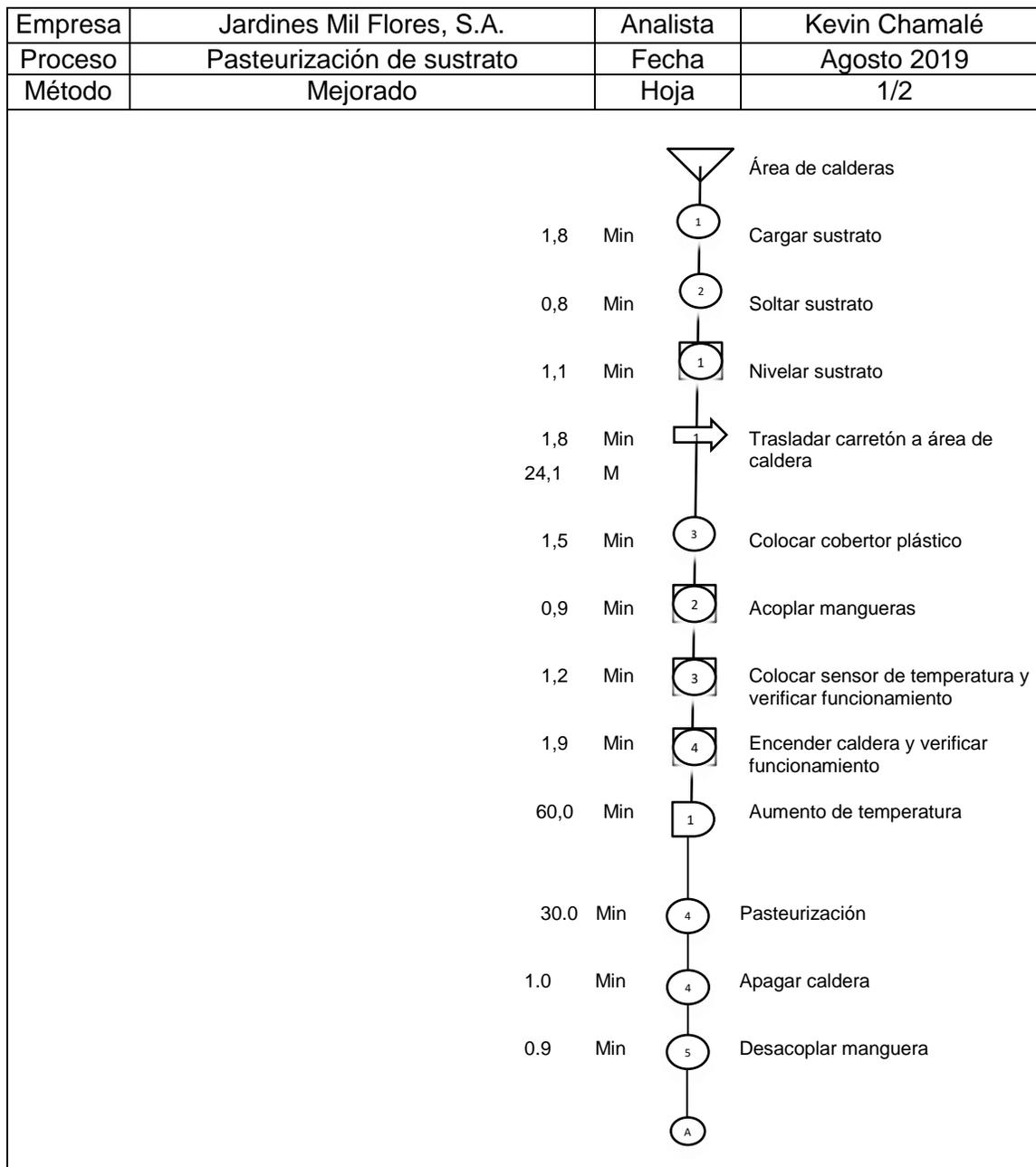
### 3.2.2. Pasteurización

El cuello de botella en el proceso es la espera que existe para llevar la caldera a la temperatura hasta la temperatura de esterilización, y el tiempo que se lleva el proceso de pasteurización. La propuesta para mejorar la eficiencia del equipo es realizar una reparación completa de las 3 calderas.

Se recomienda cambiar el proceso de tapado de los carretones de caldera porque el uso del plástico se puede sustituir por lonas dispuestas adecuadamente sobre el carretón. Con esta acción también se busca generar un cierre más hermético y seguro para el operario durante el proceso. A continuación, se muestra el diagrama de flujo mejorado del proceso de cadena de sustrato al

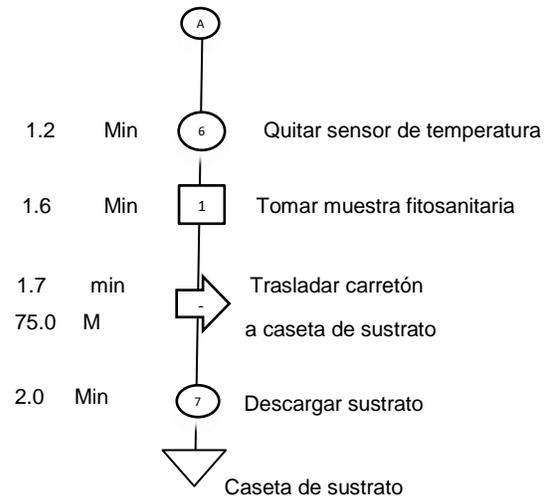
asignar los que se pueden reducir al mejorar la eficiencia de las calderas y al de líneas y la capacidad del personal permiten para la mejora del proceso.

Figura 79. Diagrama del proceso de pasteurización mejorado



Continuación de la figura 79.

Empresa	Jardines Mil Flores, S.A.	Analista	Kevin Chamalé
Proceso	Pasteurización de sustrato	Fecha	Agosto 2019
Método	Mejorado	Hoja	2/2



Resumen					
	Tarea	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Almacenamiento	▽	2	0	0
2	Operación	○	7	9.2	0
3	Transporte	→	2	3.5	99.2
4	Inspección	□	1	1.6	0
5	Combinada	◻	4	5.1	0
6	Espera	D	2	90.0	0
Total			18	109.4	99.2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

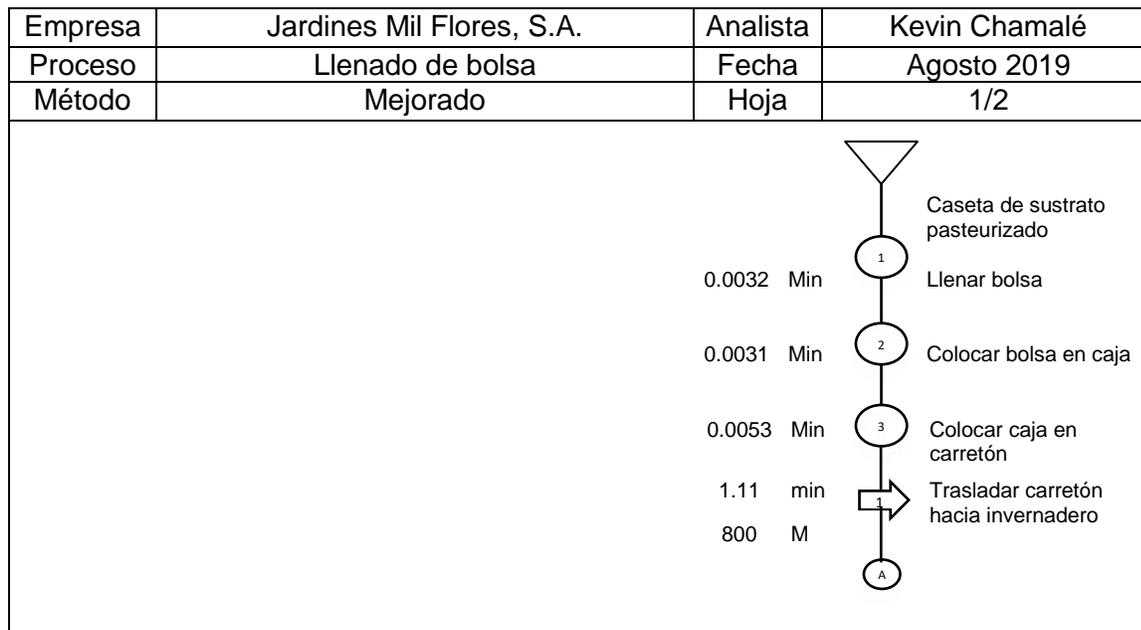
### 3.2.3. Llenado de bolsa

Para el llenado de bolsa se identificó que el cuello de botella es el proceso de colocar las cajas en los carretones.

Si el proceso se considera que tiene la posibilidad de generar un problema ergonómico para los colaboradores, también existe la alternativa de mecanizar el proceso con una tolva y bandas transportadoras. Sin embargo, la eficiencia de dicho sistema tendrá que superar con el buen rendimiento obtenido de forma manual.

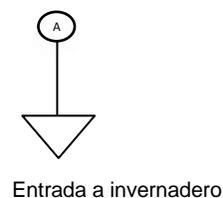
A continuación, se muestra el diagrama de flujo mejorado del proceso de cadena de sustrato al asignar los tiempos que el balance de líneas y la capacidad del personal permiten para la mejora del proceso.

Figura 80. Diagrama del proceso de llenado de bolsa mejorado



Continuación de la figura 80.

Empresa	Jardines Mil Flores, S.A.	Analista	Kevin Chamalé
Proceso	Llenado de bolsa	Fecha	Agosto 2019
Método	Mejorado	Hoja	2/2



Resumen					
	Tarea	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Almacenamiento	▽	2	0	0
2	Operación	○	3	0.01	0
3	Transporte	→	1	1.11	800
4	Inspección	□	0	0	0
5	Combinada	⊙	0	0	0
6	Espera	D	0	0	0
Total			6	1.12	800

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

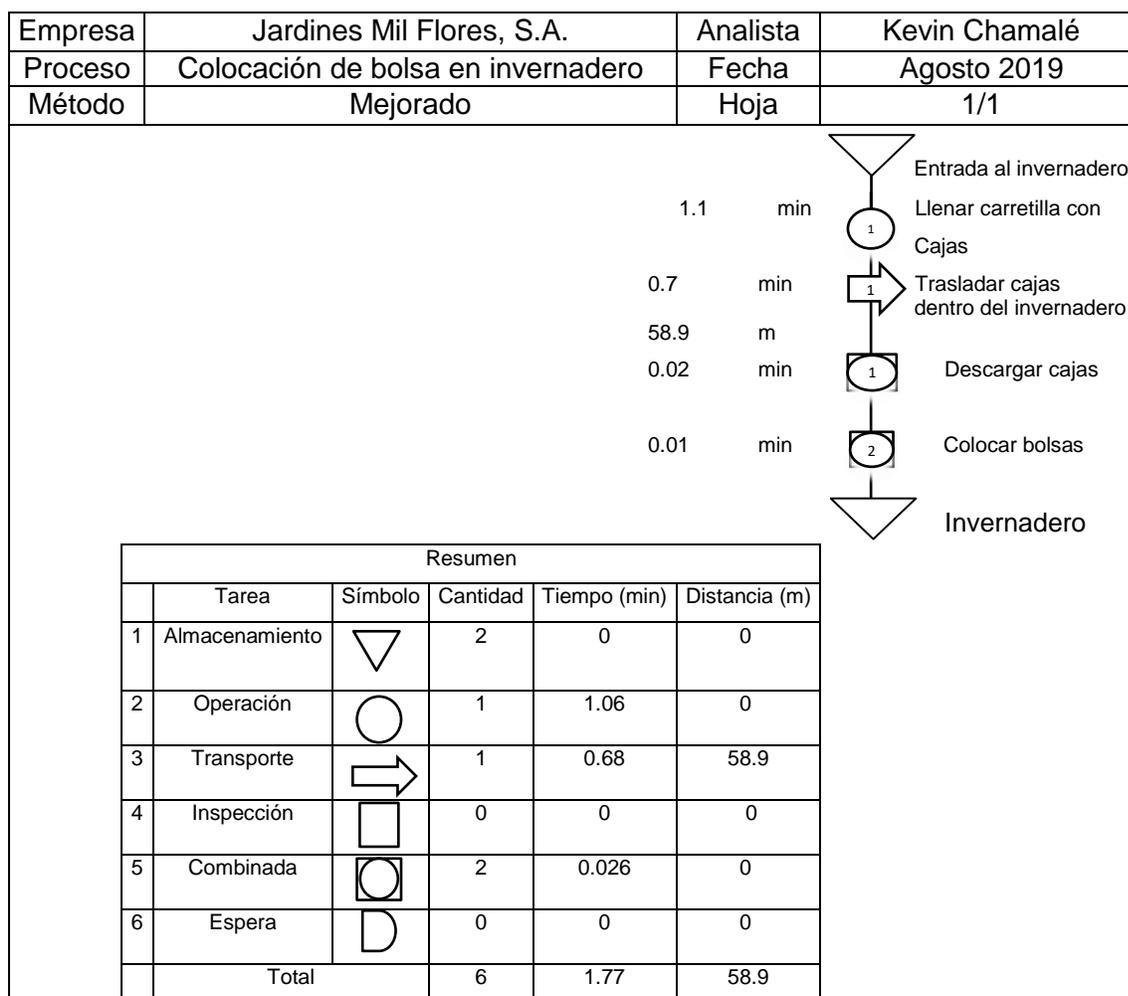
### 3.2.4. Colocación de bolsa en invernaderos

El proceso de colocación de bolsas en el invernadero se puede ver afectado si se implementa la reubicación del área de sustrato en el área de plataformas ya que éste lugar está relativamente más lejos de algunos invernaderos. La mejora en la eficiencia del proceso está relacionada con el de llenado de bolsa, ya que es necesario tener mayor cantidad de personas colocando bolsas en las bancas de las que se tienen actualmente, por tanto, es necesario que se queden

personas colocando cajas en bancas y empezar a sacarlas de las cajas en conjunto con las personas que estuvieron llenando bolsas.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo mejorado del proceso de cadena de sustrato al asignar los tiempos que aprovechan la capacidad del personal permiten para la mejora del proceso.

Figura 81. **Diagrama del proceso de colocación de bolsa mejorado**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### 3.3. Costos de la propuesta

El costo de la inversión incluye los aspectos más importantes del modelo de propuesta de mejora:

- El costo de la reparación de la caldera, así como una evaluación del estado y análisis para implementación de tratamiento químico al agua de calderas.
- El costo para reparar las retroexcavadoras actuales para tenerlas en condiciones de operación.
- El costo de 3 cribas con las dimensiones especificadas anteriormente.
- Se debe tener en cuenta el salario de otros pilotos tractoristas para el desarrollo de las actividades de movimiento de tierras.
- El costo de la capacitación dirigida al operario de caldera, y un ayudante para que la empresa siempre tenga un relevo o sustituto.
- El costo de diseño de los equipos mencionados anteriormente para ayudar a nivelar el carretón y a colocar el sensor.
- El costo de la construcción de una estructura techada y con separaciones para la colocación del sustrato en el área de plataformas.
- El costo de traslado y reubicación de máquinas y equipos del área de calderas hacia el área de plataformas, que incluye las calderas, tanques de diésel, y readecuación de instalaciones.

- El costo de construcción de nueva caseta de sustrato pasteurizado cercano al área propuesta del proceso.

A continuación, se muestra la tabla XLV con los costos de la propuesta de mejora del proceso de cadena de sustrato:

Tabla XLV. **Costos de la propuesta**

Descripción	Costo unitario	Unidad	Costo total anual
Reparación de caldera	Q 2 500,00	1	Q 2 500,00
Tratamiento químico de caldera	Q 3 000,00	3	Q 9 000,00
Reparación de retroexcavadoras	Q 30 000,00	2	Q 60 000,00
3 cribas	Q 17 000,00	3	Q 51 000,00
Piloto tractorista	Q 2 992,37	12	Q 35 908,44
Capacitación operario de calderas	Q 5 000,00	2	Q 10 000,00
Ayudante de operario de calderas	Q 2 992,37	12	Q 35 908,44
Diseño de mecanismo para mejora en nivelación de carretón	Q 2 000,00	3	Q 6 000,00
Diseño de mecanismo para mejora en colocación de sensor	Q 2 000,00	3	Q 6 000,00
Construcción de estructura de sustrato	Q 85 000,00	1	Q 85 000,00
Mano de obra de construcción	Q 60 000,00	1	Q 60 000,00
Remodelación área de calderas y caseta de sustrato	Q 25 000,00	2	Q 50 000,00
<b>Total</b>			<b>Q414 116,88</b>

Fuente: elaboración propia.

## **4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN**

### **4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación**

Actualmente, existe un plan de capacitación para todos los colaboradores, del cual se abordan temas mensualmente relacionados al giro de negocios, salud y seguridad ocupacional y otras asociadas al perfil del puesto. A pesar que existe un plan de capacitación y desarrollo, las capacitaciones planificadas no tienen en consideración los perfiles y puestos del departamento de operaciones.

El diagnóstico de necesidades de capacitación que se realizó, tuvo como grupo objetivo el departamento de operaciones y sus diferentes puestos de trabajo.

Para el diagnóstico de necesidades de capacitación del departamento de operaciones se analizó la descripción y perfil del puesto y se realizaron entrevistas no estructuradas con al menos una persona representante del puesto de trabajo para contrastar los conocimientos, las aptitudes y las capacidades para realizar las actividades que especifica el perfil de puesto.

- Supervisor de operaciones

Al contrastar las actividades del perfil de puesto de los supervisores con las actividades diarias realizadas, se identificó que no tienen un conocimiento sólido para administrar de manera apropiada las actividades por que no cuentan con procedimientos operativos en los cuales se describan las actividades de planificación estratégica. Se identificó que existe un desconocimiento parcial

sobre la documentación obligatoria que se debe llevar para las actividades de mantenimiento y del concepto de indicador clave de rendimiento y su utilidad. No han recibido capacitación sobre la gestión administrativa de un plan de mantenimiento, pues todo el aprendizaje se ha realizado mediante la experiencia. Se debe reforzar el conocimiento con la información que de seguridad ocupacional y conocimiento del Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016 que aplique al departamento.

En la tabla XLVI se presentan los resultados de la entrevista con los supervisores que permitió identificar el nivel de conocimientos, aptitudes o capacidades para realizar actividades del puesto.

**Tabla XLVI. Resultados de competencias del supervisor de operaciones**

<b>Competencias</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Administrar y supervisar las actividades a cargo	Bajo
Conocimiento y uso de procedimientos operativos de las actividades a cargo	Bajo
Habilidad de comunicación	Alto
Habilidad para cumplimiento de normas y delegación de responsabilidades	Alto
Conocimiento de normativos nacionales e internacionales de seguridad y mantenimiento	Alto
Mantenimiento preventivo	Medio
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Medio
Mantenimiento centrado en la prevención de fallas	Medio

Fuente: elaboración propia.

- Operario de montajes

Las personas que fueron entrevistadas para la evaluación cumplieron con las expectativas del conocimiento de sus funciones (botado de planta, armado y desarmado de bancas, llenado de bolsa, colocación de bolsa en invernaderos, división de plantas, armado de sistema de riego, colocación de sistemas de riego, limpieza de instalaciones, cumplimiento de normas de HSE); únicamente, se ha identificado la importancia de capacitar al personal sobre el riesgo biológico al estar en contacto con plantas. En la tabla XLVII se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con operarios de montajes.

Tabla XLVII. **Resultados de competencias del operario de montajes**

<b>Competencias</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Botado de planta, armado y desarmado de bancas, llenado de bolsa, colocación de bolsa en invernaderos, división de plantas, armado de sistema de riego, colocación de sistemas de riego.	Alto
Limpieza de instalaciones	Alto
Cumplimiento de normas de HSE	Medio

Fuente: elaboración propia.

- Operario de desinfección de materiales

El operario de desinfección de materiales tiene competencias para la realización de sus actividades (desinfección de materiales, uso apropiado de los insumos y recursos hídricos, limpieza de instalaciones, cumplimiento de normas de HSE), pero se identificó que no comprende a su totalidad la razón de ser su puesto. También, se identificó que la necesidad de capacitación sobre riesgos

químicos, pues está el operario tiene como actividades principales la manipulación de químicos corrosivos. En la tabla XLVIII se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con el operario de desinfección de materiales.

**Tabla XLVIII. Resultados de competencias del operario de desinfección de materiales**

<b>Competencias</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Desinfección de materiales	Medio
Uso apropiado de los insumos y recursos hídricos	Alto
Limpieza de instalaciones	Alto
Cumplimiento de normas de HSE	Medio

Fuente: elaboración propia.

- **Operario de maquinaria específica**

El operario de maquinaria específica tiene las competencias para la realización de sus actividades (conocimiento de protocolos operativos de maquinaria y equipos como bombas de succión, motosierras, podadoras, hidrolavadoras, entre otros, cumplimiento de normas de HSE, mantenimiento preventivo y limpieza de instalaciones), pero se identificó que existe desconocimiento general sobre la forma que funcionan los equipos y la importancia de la instrumentación. En la tabla XLVIX se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con el operario de maquinaria específica.

Tabla XLIX. **Resultados de competencias del operario de maquinaria específica**

<b>Competencias</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Conocimiento de protocolos operativos de maquinaria y equipos (bombas de succión, motosierras, podadoras, hidrolavadoras, entre otros)	Medio
Cumplimiento de normas de HSE	Medio
Mantenimiento preventivo	Medio
Limpieza de instalaciones	Alto

Fuente: elaboración propia.

- Piloto tractorista

El piloto/tractorista es el encargado de usar los vehículos dentro y fuera de la finca, demostrando que tiene las competencias para la realización de sus actividades. En la tabla L se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con el piloto/tractorista.

Tabla L. **Resultados competencias del piloto/tractorista**

<b>Conocimiento, aptitud o capacidad que según el perfil de puesto debe tener</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Manejo defensivo de vehículos	Alto
Manejo defensivo de tractor de tiro	Alto
Manejo defensivo de retroexcavadora	Alto
Mantenimiento preventivo	Medio
Cumplimiento de normas de HSE	Alto

Fuente: elaboración propia.

- Operario de trabajos en alturas

El operario de trabajos en alturas demostró tener capacidad para sus funciones, que constan de las tareas que realizan en alturas, el uso equipo de protección personal y conceptos básicos de mantenimiento. El personal de trabajos en alturas está en constante capacitación para desempeñar sus actividades, por tanto, no existe una necesidad de capacitación sobre el tema apreciable. En la tabla LI se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con el operario de desinfección de materiales.

Tabla LI. **Resultados competencias del operario de trabajos en alturas**

<b>Competencias</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Trabajos en alturas	Alto
Cumplimiento de normas de HSE	Alto
Mantenimiento preventivo	Bajo

Fuente: elaboración propia.

- Operario de calderas

El operario de trabajos de calderas tiene las responsabilidades de uso de calderas, pasteurización de sustrato, uso apropiado de los insumos y recursos hídricos y combustible, por tanto, debe conocer la fundamentación teórica y práctica de los equipos que usa, Demostró tener deficiencias sobre el conocimiento de conceptos fundamentales sobre calderas. En la tabla LII se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con el operario de calderas.

Tabla LII. **Resultados de competencias del operario de calderas**

<b>Conocimiento, aptitud o capacidad que según el perfil de puesto debe tener</b>	<b>Nivel percibido de la entrevista no estructurada</b>
Protocolo operativo de calderas	Alto
Pasteurización de sustrato	Alto
Uso apropiado de los insumos y recursos hídricos y combustible	Alto
Conocimiento del equipo	Medio
Cumplimiento de normas de HSE	Alto
Mantenimiento preventivo	Bajo

Fuente: elaboración propia.

- Operario de taller

El operario de taller ha demostrado tener la capacidad para desempeñar su puesto de trabajo. Se identificó como deficiencias en el orden y limpieza, espacios confinados, trabajos en excavaciones, medidas de protección eléctrica y ahorro energético. En la tabla LIII se presentan los resultados de la entrevista no estructurada con el operario de taller.

Tabla LIII. **Resultados de competencias del operario de taller**

<b>Competencias</b>	<b>Nivel</b>
Conocimiento técnico sobre su profesión (mantenimiento mecánico, eléctrico, carpintería, soldadura, albañilería y plomería)	Alto
Uso apropiado de herramientas e insumos en mantenimiento	Alto
Mantenimiento preventivo y correctivo	Medio
Espacios confinados	Bajo
Cumplimiento de normas de HSE	Alto
Orden y limpieza	Medio

Fuente: elaboración propia.

En resumen, las necesidades de capacitación que se detectaron fueron las siguientes:

- Mantenimiento
- Planificación del mantenimiento
- Estrategia de mantenimiento
- Mantenimiento centrado en confiabilidad
- Calderas
- Bombas de succión
- 5's en espacios de trabajo
- Espacios confinados
- Comunicación efectiva
- Controles fitosanitarios en los procesos
- Reglamento 229-2014 en edificios e instalaciones
- Riesgo eléctrico
- Riesgo químico
- Riesgo biológico

#### **4.2. Plan de capacitación**

A continuación, se formuló el diseño de plan de capacitación que tiene como fin el enriquecimiento de conocimientos y habilidades en mantenimiento preventivo para todo el personal del departamento de operaciones, pues son los responsables de prestar servicios de mantenimiento de maquinaria, equipos, instalaciones, edificios, invernaderos y servicios de limpieza general de la empresa.

Para cada capacitación la empresa brinda los recursos requeridos para la realización de las capacitaciones en las instalaciones, tales como la sala de

reuniones adecuada de acuerdo a la cantidad de personas, computadora y proyector para presentar el material audiovisual y papel y lapiceros para que los colaboradores tomen los apuntes pertinentes.

- Capacitación 1: tareas de mantenimiento programado

Está dirigida para todo el personal del departamento de operaciones. Su propósito es capacitar al personal técnico y administrativo de interés sobre conceptos generales de mantenimiento programado y dar a conocer los tipos de mantenimiento que se realizan en la empresa. Al culminar la capacitación el personal tendrá el conocimiento general sobre las principales tareas de mantenimiento que se realizan en la maquinaria y equipos, siendo éstas la inspección de condiciones de equipos: limpieza, ajuste y cambio de piezas, lubricación, tratamientos químicos y verificación de funcionamiento. El contenido de la capacitación es el siguiente:

- Mantenimiento
  - Definición de mantenimiento
  - Mantenimiento programado y no programado
  - Mantenimiento correctivo
  - Mantenimiento preventivo
- Tipos de mantenimiento
  - Inspección de condición actual
  - Lubricación
  - Verificación de correcto funcionamiento
  - Limpieza

- Ajuste y cambio de piezas
- Tratamientos químicos
- Capacitación 2: plan de mantenimiento de maquinaria y equipos del área productiva.

Está dirigida para supervisores del departamento de operaciones. Su propósito es capacitar al supervisor sobre el funcionamiento del ciclo estándar de mantenimiento, el cual permite gestionar el mantenimiento programado y dar a conocer las herramientas que se aplican para su correcta aplicación. Al culminar la capacitación el supervisor será capaz de realizar una planificación adecuada de mantenimiento para la maquinaria y equipos del área productiva. El contenido de la capacitación es el siguiente:

- Cómo administrar el mantenimiento mediante el plan de mantenimiento preventivo
- Capacitación 3: estrategia de mantenimiento e Indicadores clave

Está dirigida para todo el departamento de operaciones. Su propósito es dar a conocer los objetivos estratégicos de mantenimiento, las acciones esenciales para cumplir con los objetivos y los indicadores clave que servirán para conocer que se está cumpliendo con las responsabilidades obligatorias de mantenimiento. Al terminar la capacitación el personal reconocerá los objetivos estratégicos de mantenimiento y que existen formas de medir el desempeño. El contenido de la capacitación es el siguiente:

- Objetivo 1: actuar de forma eficaz, eficiente y oportuna para cumplir con los requerimientos del cliente.

- Objetivo 2: gestionar el mantenimiento para la prevención de fallos o averías en maquinaria y equipos.
  - Objetivo 3: capacitar y motivar a todos los colaboradores para sacar todo su potencial y liderazgo.
  - Objetivo 4: hacer uso apropiado de los recursos destinados a mantenimiento al menor costo posible.
  - Objetivo 5: garantizar que los equipos operan adecuadamente sin perder de vista la seguridad y salud del colaborador, además del respeto y cuidado del medio ambiente.
- Capacitación 4: mantenimiento centrado en confiabilidad

Está dirigida a todo el personal de operaciones, especialmente al área de taller. El propósito es introducir los conceptos básicos para el cuidado de equipos críticos, y otorgar la aptitud para implementar herramientas de mantenimiento centrado en confiabilidad como una herramienta del mantenimiento. Al finalizar la capacitación, el personal será capaz de entender y ejecutar la metodología de análisis de fallas por el mantenimiento centrado en confiabilidad. El contenido de la capacitación es el siguiente:

- Se describen los 7 principios para el análisis de modo y efecto de falla de equipos críticos los cuales son: la forma que puede fallar un equipo, sus causas, los efectos, formas para predecirlos o prevenirlos y las medidas de contingencia.

- Capacitación 5: calderas

Está dirigida al operario de calderas y supervisor de taller. El propósito de la capacitación es otorgar las herramientas para desempeñar de forma efectiva y segura cualquier tipo de caldera. Al finalizar la capacitación el personal se certificará al operario de calderas y tendrá un amplio conocimiento sobre seguridad y operación de calderas; así como el mantenimiento preventivo de la misma. Se ha considerado la posibilidad de optar el curso Principios de seguridad para trabajo en calderas ofrecido por el Instituto Técnico de Capacitación (Intecap). El contenido de la capacitación estaría compuesto del siguiente contenido:

- Riesgos y responsabilidades en la operación de calderas.
  - Normativos de sistemas a presión.
  - Eficiencia térmica y ahorro de energía.
  - Mantenimientos básicos a la caldera y su sistema.
  - Tratamientos químicos, pH y dureza del agua, e incrustación de calderas.
  - Fallos en el quemador.
  - Que debe hacerse para que no explote la caldera.
  - Entre otros.
- Capacitación 6: bombas de succión

Está dirigida al operario de mantenimiento 3, operario de taller 1 y supervisor de taller. El propósito de esta capacitación es ampliar el conocimiento sobre las bombas de vacío que se utilizan en el ámbito laboral, detectar fallas y realizar mantenimientos adecuados para mantener el sistema de succión en óptimas condiciones. Al finalizar el curso, se certificará al operario para su

desempeño y tendrá el conocimiento necesario para operar el sistema de vacío de la finca. Se puede coordinar capacitaciones con Intecap.

- Capacitación 7: 5 S en espacios de trabajo

Está dirigida a todo el personal del departamento de operaciones. El propósito de esta capacitación es otorgar al personal la posibilidad de realizar cambios que permitan eliminar, ordenar, limpiar, estandarizar y tener disciplina en los puestos para que se obtengan beneficios como una mayor eficiencia y seguridad para trabajar. Al finalizar el curso los supervisores y operarios serán responsables de establecer las acciones a realizar para aplicar las 5 s en sus actividades en el trabajo. La capacitación de este tema puede ser impartida por personal del área de mejora continua de la organización para evitar incurrir en gastos.

- Capacitación 8: espacios confinados

Está dirigida al personal que trabaja en excavaciones como los albañiles o fontaneros, espacios cerrados como el carpintero, soldador y mecánico. El objetivo de la capacitación es identificar los espacios confinados existentes, presencia de peligro durante las operaciones y los permisos y condiciones que deben existir para trabajar de manera segura. Al finalizar el curso, los colaboradores serán capaces de realizar trabajos en espacios confinados responsablemente aplicando las medidas de seguridad de la empresa. Se tiene contemplado recurrir a la empresa Cementos Progreso por las capacitaciones que brindan de esta índole.

- Capacitación 9: Reglamento 229-2014.

Está dirigida a los supervisores de operaciones. El objetivo de la capacitación es reforzar y aplicar las leyes de regulación sobre edificios e instalaciones. Al finalizar la capacitación, los supervisores serán capaces de realizar un análisis más concienzudo para realizar cambios estructurales y proyectos en cumplimiento a lo que exige el reglamento de seguridad industrial en Guatemala. Se tiene contemplado recurrir a la empresa Cementos Progreso por las capacitaciones que brindan de ésta índole.

- Capacitación 10: comunicación efectiva.

Está dirigida a supervisores del departamento de operaciones. El propósito de la capacitación es proveer de principios fundamentales para la comunicación efectiva. Al terminar la capacitación, se esperará que existan un mejor ambiente laboral y un trato justo, respetuoso y profesional por para mejorar los aspectos psicosociales que pueden llegar a afectar la salud. El área de recursos humanos puede ser la responsable de coordinar capacitaciones de ésta índole para evitar incurrir en gastos.

- Capacitación 11: teoría básica de controles fitosanitarios.

Está dirigida al puesto de operario de mantenimiento 2. El objetivo de la capacitación es introducir los conocimientos básicos de esterilización de microorganismos en los materiales por medio de métodos químicos, los químicos que se utilizan en el proceso, sus características y riesgos para la salud. Al finalizar la capacitación, el operador conocerá mejor su función y tendrá mayor conocimiento de los riesgos ocupacionales del puesto. La empresa cuenta con el

personal indicado en dar la capacitación, por tanto, no será necesario subcontratar una empresa.

- Capacitación 12: riesgo eléctrico

Está dirigida al operario de taller 5, y el propósito de la misma es otorgar conocimiento de normas internacionales como la Norma de seguridad eléctrica en lugares de trabajo (NFPA 70). Al terminar el curso, el colaborador tendrá conocimiento suficiente para realizar un análisis más concienzudo para realizar cambios eléctricos y proyectos en cumplimiento a lo que exige el reglamento de seguridad industrial internacionales sobre electricidad, así como propuestas de ahorro energético. Los responsables de dar la capacitación pueden ser proveedores de servicios Energía Activa, S.A. El costo estimado de la capacitación es de Q 1 500,00

- Otras capacitaciones

- Riesgo químico: dar a conocer los riesgos del manejo de químicos corrosivos, tóxicos, inflamables.
- Riesgo biológico: dar a conocer los riesgos de trabajo en la intemperie como picaduras de abeja, alergias a plantas, entre otros.

A continuación, se presenta programa de capacitación anual propuesto en la tabla LIV.

Tabla LIV. Plan anual de capacitaciones

Tema	Objetivo	Encargado	Dirigido a	ene	Feb	Mar	abr	may	Jun	jul	Ago	Sep	oct	nov	dic
Mantenimiento programado	Capacitar al personal técnico y administrativo de interés sobre conceptos generales de mantenimiento programado y dar a conocer los tipos de mantenimiento que se realizan en la empresa	Kevin Chamalé	Departamento de operaciones												
Plan de mantenimiento	Capacitar al supervisor sobre el funcionamiento del ciclo estándar de mantenimiento, el cual permite gestionar el mantenimiento programado y dar a conocer las herramientas que se aplican para la correcta aplicación del mismo	Kevin Chamalé	Supervisores del departamento de operaciones												
Calderas	Otorgar las herramientas para desempeñar de forma efectiva y segura cualquier tipo de caldera.	Intecap	Operario de mantenimiento 6												

Continuación de la tabla LIV.

Estrategia de mantenimiento	Dar a conocer los objetivos estratégicos de mantenimiento, las acciones esenciales para cumplir con los objetivos y los indicadores clave que servirán para conocer que se está cumpliendo con las responsabilidades obligatorias de mantenimiento	Kevin Chamalé	Departamento de operaciones												
Mantenimiento centrado en confiabilidad	Introducir los conceptos básicos para el cuidado de equipos críticos, y otorgar la aptitud para implementar herramientas de mantenimiento centrado en confiabilidad como una herramienta del mantenimiento	Kevin Chamalé	Departamento de operaciones												
Bombas de succión	Ampliar el conocimiento sobre las bombas de vacío que se utilizan en el ámbito laboral, detectar fallas y realizar mantenimientos adecuados para mantener el sistema de succión en óptimas condiciones.	Intecap	Operario de mantenimiento 3												

Continuación de la tabla LIV.

5's en espacios de trabajo	Otorgar al personal la posibilidad de realizar cambios que permitan eliminar, ordenar, limpiar, estandarizar y tener disciplina en los puestos para que se obtengan beneficios como una mayor eficiencia y seguridad para trabajar.	Cementos progreso	Departamento de operaciones															
Reglamento 229-2014	Reforzar y aplicar las leyes de regulación sobre edificios e instalaciones	Cementos progreso	Supervisores del departamento de operaciones															
Espacios confinados	Identificar los espacios confinados existentes, presencia de peligro durante las operaciones y los permisos y condiciones que deben existir para trabajar de manera segura	Intecap	Departamento de operaciones															
Comunicación efectiva	Proveer de principios fundamentales para la comunicación efectiva	Recursos humanos	Supervisores de operaciones															

Continuación de la tabla LIV.

Controles fitosanitarios en los procesos	Introducir los conocimientos básicos de esterilización de microorganismos en los materiales por medio de métodos químicos, los químicos que se utilizan en el proceso, sus características y riesgos para la salud	Laboratorio de Fitopatología	Operario de mantenimiento 2												
Riesgo eléctrico	Otorgar conocimiento de normas internacionales como la NFPA 70 (Norma de seguridad eléctrica en lugares de trabajo)	Energía Activa, S.A.	Operario de taller 5												

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Resultados de la capacitación

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la realización de las capacitaciones realizadas del plan de capacitación.

- Plan de mantenimiento

Se realizó el día viernes 26 de julio del 2019 en la de reuniones de Jardines Mil Flores, S.A. Se utilizó una hora para el desarrollo de los temas y se tuvo la participación de todos los supervisores de operaciones. El responsable de la presentación fue el epesista como representante de lo realizado en el diseño del

plan de mantenimiento. La información multimedia que se presentó se encuentra a continuación en la figura 82.

Figura 82. Diapositivas de la capacitación 1

## Mantenimiento

### Definición de Mantenimiento

Son las tareas que se realizan para conservar a la maquinaria y equipos con:

- Un máximo rendimiento
- Alta disponibilidad
- Buscando reducir costos



**Con una cultura HSE y el mantenimiento de los equipos:**

- Gestionamos los riesgos.
- Somos proactivos, y no reactivos para la prevención de fallas y posibles incidentes.
- Minimizamos y controlamos la contaminación al medio ambiente.



Uso de EPP para mantenimientos preventivos



No actuar cuando el fallo o avería ya es irreparable



Residuos de aceites y lubricantes almacenados de forma adecuada

---

## Mantenimiento programado y no programado

*"El fracaso es simplemente la oportunidad para comenzar de nuevo, en esta ocasión con más inteligencia".*

Henry Ford.

Mantenimiento correctivo

Experiencias y aprendizaje

Plan de Mantenimiento

Mantenimiento programado

Mantenimiento preventivo

Mantenimiento centrado en confiabilidad

## Mantenimiento correctivo

- Es el mantenimiento que se realiza cuando ya se ha producido el fallo o desgaste severo de elementos.
- Deja fuera de servicio a la maquinaria y equipos mientras se consiguen los repuestos y se realiza el servicio.

---

## Mantenimiento preventivo

- Es el mantenimiento que se realiza a intervalos para reducir la probabilidad de fallo y/o desgaste.
- Se anticipa a la de fallas.
- Tiene considerado los riesgos de la tarea.
- Se han considerado los recursos a utilizar.

## Tareas de Mantenimiento

1. Inspección de condición actual
2. Lubricación
3. Verificación de correcto funcionamiento
4. Limpieza
5. Ajuste y cambio de piezas
6. Tratamientos químicos

---

6 Classification: INTERNAL USE ONLY

**syngenta**

7 Classification: INTERNAL USE ONLY

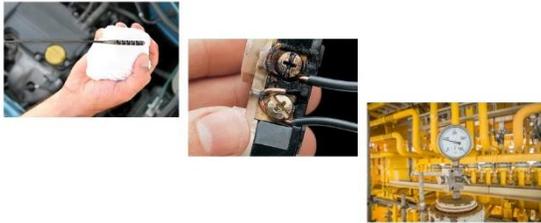
**syngenta**

Continuación de la figura 82.

### Inspección de condición actual

Se basan en:

- Revisar que el equipo tenga todo para funcionar normalmente
- Revisar que el estado físico de un equipo este en perfectas condiciones
- Tomar lecturas de valores de operación



8 Classification: INTERNAL, USE ONLY

syngenta

### Lubricación

Se basa en:

- Revisar niveles de aceite, realizar cambios de aceites y lubricantes, y engrase de piezas.



9 Classification: INTERNAL, USE ONLY

syngenta

### Verificación del correcto funcionamiento

Se basa en:

- Poner a prueba condiciones para conocer si se están cumpliendo, si no se cumplen puede provocar incertezas, fallas o riesgos ocupacionales.



10 Classification: INTERNAL, USE ONLY

syngenta

### Limpieza

Se basa en:

- Limpiar el sistema de maquinaria y equipos (partes externas e internas)
- Evita obstrucciones por acumulación de residuos.



11 Classification: INTERNAL, USE ONLY

syngenta

### Ajuste y cambio de piezas

Se basa en:

- Reemplazar elementos en mal estado
- Por naturaleza los materiales sufren desgaste, al existir desgaste pueden darse condiciones inseguras de operación, por tal motivo es mejor hacer un ajuste y cambio de piezas.



12 Classification: INTERNAL, USE ONLY

syngenta

### Tratamientos químicos

Se basa en:

- Tratar con pintura anticorrosiva metales expuestos al ambiente.
- Desincrustación química de calderas, sistema de calefacción solar, etc.



13 Classification: INTERNAL, USE ONLY

syngenta

Fuente: elaboración propia.

En la figura 83 se presenta una fotografía de la capacitación.

**Figura 83. Resultados de la capacitación 1**



Fuente: elaboración propia.

- **Mantenimiento programado**

Se realizó la segunda capacitación el día sábado 27 de julio del 2019 en la sala de reuniones de Jardines Mil Flores, S.A. La duración de la capacitación fue de una hora y tuvo la participación de operarios y supervisores del departamento de operaciones.

El responsable de impartir la capacitación fue el epesista, el indicado para presentar la información correspondiente al plan de mantenimiento.

Las diapositivas utilizadas se presentan a continuación en la figura 84.

Figura 84. Diapositivas de la capacitación 2

## DEFINICION DE PLAN DE MANTENIMIENTO

- Es el modo de administrar estratégicamente el mantenimiento, para conservar la maquinaria y equipos con un máximo rendimiento, alta disponibilidad, buscando reducir costos y garantizar la seguridad.



## Ciclo Estándar de Mantenimiento



syngenta

## Identificación de trabajos

Si se ha detectado la necesidad de hacer una implementación, reforma, sustitución o eliminación de una tarea de mantenimiento para la maquinaria y equipos el proceso es el siguiente:

Pasos: Ver si ya se realizan en el documento "Listado de tareas de mantenimiento programado"



Justificar con un especialista o experiencia técnica para respaldar el cambio.

Seguir el proceso de Manejo de Cambio (MoC) o

Registrar cambios en la bitácora del equipo o maquinaria correspondiente.



syngenta

## Planificación

- La planificación de mantenimiento se realizará previo a comenzar el año comercial. Con base al comportamiento de solicitud de materiales del año presente:



Proyectar todos los insumos



Revisar y programar tareas de mantenimiento del año



Evaluar si es necesaria la contratación de más personal o subcontratar mantenimiento.

4 Clasificación: INTERNAL USE ONLY

syngenta



syngenta

## Planificación



Identificar oportunidades de implementación mejoras.



Asignar fechas de mantenimientos y reprogramar mantenimientos no realizados

## Programación

- Si el mantenimiento es interno (lo realizan los operarios de taller):
  - Revisar el programa de mantenimiento anual para seleccionar las tareas que fueron asignadas.
  - Revisar bitácoras de mantenimiento de equipos para saber si ha existido una falla o anomalía reciente para verificar el seguimiento durante el mantenimiento preventivo.
  - Programar mantenimientos que hayan surgido de imprevisto.
  - Imprimir listado de las órdenes de mantenimiento semanal y hoja de servicios. Asimismo, entregar hoja bitácora del equipo.
  - Gestionar los insumos a utilizar.
- Si el mantenimiento es subcontratado:
  - Coordinar servicios. Recalcular la obligatoriedad de utilizar equipo de protección personal apropiado, y herramientas e insumos en buen estado.
  - Adicionalmente, se contemplan todas las tareas de mantenimiento que ocurren normalmente en la empresa.

6 Clasificación: INTERNAL USE ONLY

syngenta



syngenta

Continuación de la figura 84.



### Asignación

- El supervisor de mantenimiento asigna las tareas de mantenimiento programado de acuerdo a los perfiles de puesto debidamente capacitados y a las características de los equipos.
- Adicionalmente, se contemplan todas las tareas de mantenimiento que ocurren normalmente en la empresa.



8

### Ejecución

Si el trabajo lo amerita, seguir las normativas para otorgar la aptitud para trabajar

**PTW (Permiso de Trabajo)**

Realizar las pruebas de funcionamiento y velar por entrega de calidad de servicios

Velar por que las condiciones del lugar de trabajo sean seguras y que el personal tenga el equipo de protección personal adecuado para la tarea de mantenimiento asignada.

Realizar trabajos con orden y limpieza

Comunicarse con el personal involucrado para informar el seguimiento del mantenimiento y estado del equipo

9

### Documentación

Hacer responsable al ejecutante de la tarea el registro de:

- Hoja de Servicio.
- Bitácora de mantenimiento.
- Mantenimiento de servicios subcontratados.
- Permisos de trabajo

Registrar, documentar y almacenar:

- Gastos, insumos e inventarios
- Cambios
- Mantenimientos correctivos
- Mantenimientos no realizados en tiempo correspondiente
- Manuales de servicio
- Cualquier otro documento que sea de utilidad



10

### Retroalimentación

- Es el proceso de generar nuevas ideas a partir de los resultados obtenidos.
- Participar en la generación de mejoras por medio de programación de reuniones. Será de gran importancia identificar en las bitácoras de mantenimiento patrones de falla los cuales puedan ser tratados desde la raíz.
- Si es posible realizar pruebas.
- Documentar resultados y mejorar continuamente el plan de mantenimiento añadiendo o quitando con justificación (según lo mencionado anteriormente en la identificación de trabajos).

11

## DOCUMENTOS DE USO

Classification: INTERNAL USE ONLY



12

12

Continuación de la figura 84.

LISTADO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

Actividad	Fecha	Responsable	Responsable
<b>Mantenimiento Programado</b>			
Control de seguridad personal y mantenimiento de equipo de protección			Dependencias
Inspección de marcos de trabajo			Dependencias
Lubricación de ejes, articulaciones y cadenas			Dependencias
Preparación de cables para trabajo			Dependencias
Inspección de conexiones eléctricas			Dependencias
Lubricación de lubricadores de aire y agua			Dependencias
Inspección general del equipo			Dependencias
Ajuste y recalibramiento de ejes			Dependencias
Inspección de cables de control			Dependencias
Inspección de cables de control de frenos			Dependencias
Inspección de cables de control de freno de estacionamiento			Dependencias
Inspección de marcos de trabajo de almacenamiento			Dependencias
Identificación de estado de marcos			Dependencias
Inspección de marcos de trabajo de marcos			Dependencias
Inspección de marcos de trabajo de marcos			Dependencias
Control de estado para almacenamiento			Dependencias
Control de estado de almacenamiento de marcos			Dependencias

2. LISTADO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

- Documento que resume las tareas de mantenimiento realizadas en los equipos.
- Es útil para identificar las tareas de mantenimiento básicas realizadas en el equipo.
- Debido a que el manual de fabricante no siempre describe el procedimiento a realizar, se han colocado instrucciones de mantenimiento preventivo genéricas.
- Colocar tareas de mantenimiento correctivas y tiempos de la tarea cuando se tenga la información.

14



15



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Identificación	Equipo	Modelo	Marca	Fecha de compra	Ubicación	Operario	Estado	Observaciones
000001	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000001
000002	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000002
000003	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000003
000004	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000004
000005	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000005
000006	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000006
000007	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000007
000008	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000008
000009	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000009
000010	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000010

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

- También conocido como Sabana de Mantenimiento
- Solo se deberán colocar los equipos que están en funcionamiento y aquellos a los cuales se les da mantenimiento programado.
- Solo están aquí los equipos y maquinaria. El mantenimiento de edificios e instalaciones y mantenimiento eléctrico se deberá crear para complementar.
- Los equipos tienen una codificación para saber a cual departamento pertenecen, a cual clase de equipo pertenecen y su numeración consecutiva.

16



17



INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO

Identificación	Equipo	Modelo	Marca	Fecha de compra	Ubicación	Operario	Estado	Observaciones
000001	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000001
000002	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000002
000003	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000003
000004	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000004
000005	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000005
000006	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000006
000007	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000007
000008	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000008
000009	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000009
000010	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000010

BITACORA DE MANTENIMIENTO

Identificación	Equipo	Modelo	Marca	Fecha de compra	Ubicación	Operario	Estado	Observaciones
000001	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000001
000002	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000002
000003	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000003
000004	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000004
000005	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000005
000006	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000006
000007	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000007
000008	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000008
000009	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000009
000010	Tractor	4500	John Deere	15/03/2010	Almacén	Juan	En uso	000010

20



18



Continuación de la figura 84.

#### 4. BITACORA DE MANTENIMIENTO

- Documento propuesto, cuya función es proveer un historial de fallas, de mantenimientos, cambios de la maquinaria y equipos, y cualquier información que pueda servir para conocer el estado actual del equipo y actuar de forma preventiva.

#### 5. INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO

- Son documentos en los cuales se describe la brevemente todas las tareas de mantenimiento que se realizan en los equipos, también se identifican las responsabilidades del usuario y el equipo de seguridad a utilizar, o si es necesario realizar permisos de trabajo.

19 	21 
<b>6. GUIAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>DOCUMENTOS QUE YA SE UTILIZAN</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>● Son las tareas de mantenimiento básicas en el Mantenimiento Preventivo: Inspección de condiciones, Lubricación, Limpieza, Ajuste y cambio de piezas, verificación de funcionamiento, y tratamiento químico.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Hoja de Servicios de Maquinaria y Equipos</li><li>● Control de insumos (diésel, gasolina, entre otros)</li><li>● Manejo de Cambio (MoC)</li><li>● Listado de Ordenes de Trabajo semanal</li><li>● Permisos de Trabajo</li><li>● Solicitudes de mantenimiento</li></ul>
22 	23 <small>Classification INTERNAL, USE ONLY</small> 

Fuente: elaboración propia.

En la figura 85 se presenta una fotografía de la capacitación.

Figura 85. **Resultados de la capacitación 2**



Fuente: elaboración propia.

- **Estrategia de mantenimiento**

Se realizó la tercera capacitación el día sábado 27 de julio del 2019 en la sala de reuniones de Jardines Mil Flores, S.A. con una duración de una hora y tuvo la participación de operarios y supervisores del departamento de operaciones. El responsable de impartir la capacitación fue el epesista, el indicado para presentar la información correspondiente al plan de mantenimiento. Las diapositivas utilizadas se presentan a continuación en la figura 86.

Figura 86. Diapositivas de la capacitación 3

**El cómo importa:  
“Garantizar que los equipos operen adecuadamente sin perder de vista la seguridad y salud del colaborador además del respeto y cuidado del medio ambiente”**

**Cómo lo lograremos:**

- Hacer las cosas bien a la primera
- Utilizar equipos y repuestos e insumos de alta calidad
- Reducir ambientes que propicien errores humanos
- Hacer uso adecuado de herramientas equipo y maquinaria

13 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta



syngenta

**Implementar con determinación: “Hacer uso apropiado de los recursos destinados a mantenimiento al menor costo posible”**

**Cómo lo lograremos:**

- Cumplir con el plan de capacitación.
- Participar en los cambios de mejora a los colaboradores.
- Comunicarnos con nuestro jefe inmediato y con otros departamentos para velar por el buen cuidado de la maquinaria y equipos

11 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta



syngenta

**Crecimiento para todos: “Capacitar y motivar a todos los colaboradores para sacar todo su potencial y liderazgo”**

**Cómo lo lograremos:**

- Cumplir el programa de mantenimiento.
- Llenar los registros de servicio de mantenimiento y resto de documentación
- Proponer mejoras que sirvan a la mejora del plan de mantenimiento
- Reducir condiciones inseguras mediante controles de ingeniería

9 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta



syngenta

Continuación de la figura 86.

- Una gestión de un proceso involucra administrar apropiadamente cada elemento de un sistema para garantizar que funcionen como fue planificado.
- Somos proactivos cuando en vez de esperar a que sucedan las cosas, actuamos un paso adelante y prevenimos las adversidades

## Mirada de largo plazo: “Gestionar el mantenimiento para trabajar proactivamente”

7 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

6 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

### Cómo lo lograremos:

- Actuar inmediatamente ante fallas o averías.
- Optimizar el tiempo medio para reparar.
- Reducir la frecuencia de fallas

### Cómo lo lograremos:

- Reportar y actuar ante fallas
- Reportar mal estado de los equipos
- Reportar uso inadecuado por los usuarios
- Reportar condiciones que aceleran el desgaste de los equipos.
- Usar la maquinaria, equipo, herramientas y equipo de protección personal para lo que fue destinado.

5 

syngenta

4 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

- Eficaz: Cuando actuamos eficazmente estamos logrando lo que nos proponemos hasta finalizarlo.
- Eficiente: Cuando actuamos eficientemente, lo hacemos en un menor tiempo, y con menor cantidad de recursos
- Oportuno: Somos oportunos cuando buscamos el momento adecuado para las cosas

## Pasión por los clientes: “Actuar de forma eficaz, eficiente y oportuna para cumplir con los requerimientos del cliente”

3 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

2 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

Continuación de la figura 86.

**Cómo lo lograremos:**

- Conocer todos los peligros asociados a nuestras actividades de trabajo y del lugar de trabajo.
- Conocer el protocolo de uso de la maquinaria o equipo asignada al usuario.
- Utilizar equipo de protección personal.
- Seguir instrucciones de manual del fabricante.



syngenta

Fuente: elaboración propia.

En la figura 87 se presenta una fotografía de la capacitación.

**Figura 87. Resultados de la capacitación 3**



Fuente: elaboración propia.

- Mantenimiento centrado en confiabilidad

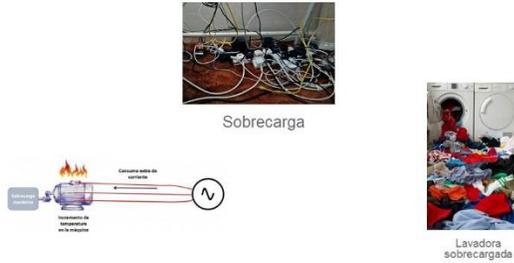
Se realizó la cuarta capacitación el día sábado 27 de julio del 2019 en la sala de reuniones de Jardines Mil Flores, S.A. con una duración de una hora y tuvo la participación de operarios y supervisores del departamento de operaciones. El responsable de impartir la capacitación fue el epesista, el indicado para presentar la información correspondiente al plan de mantenimiento. Las diapositivas utilizadas se presentan a continuación en la figura 88.

Figura 88. Diapositivas de la capacitación 4

<p><b>MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una herramienta del mantenimiento en la cual se hace un seguimiento de fallas en equipos para que se evite tener una durante el proceso productivo mediante el control de las causas origen.</li> <li>• Para esta tarea se deberá formar un equipo de trabajo que consta del Supervisor de Taller, técnicos de mantenimiento, usuarios del equipo, supervisores y Coordinadores del departamento del equipo.</li> <li>• Esta herramienta se aplica principalmente en los equipos críticos.</li> </ul>	<p><b>Algunos equipos críticos...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba de aspersion motorizada</li> <li>• Caldera</li> <li>• Retroexcavadora</li> <li>• Deshumificador</li> <li>• Aire acondicionado</li> <li>• Bomba de succión</li> <li>• Tanque de agua</li> <li>• Cámaras de refrigeración</li> </ul>
<p><b>Preguntarse ¿De qué forma puede fallar?</b></p> <p>En esta parte examinamos cualquier posible fallo en la maquinaria o equipo.</p> <p>Por ejemplo:          La maquina no enciende          La maquina enciende pero se disparan los flipones          Hay fuga de aceite          Hay una ruptura en la estructura          Etc.</p>	<p><b>Preguntarse ¿Qué puede causar la falla?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionarse cuales pueden ser las posibles causas de la falla.</li> <li>• Por ejemplo:</li> <li>• Mal diseño</li> <li>• Obstrucciones</li> <li>• Error en el mantenimiento o en el montaje</li> <li>• Factores ambientales, sobrecargas</li> <li>• Etc.</li> </ul>

Continuación de la figura 88.

### Preguntarse ¿Qué puede causar la falla?



### Preguntarse ¿Qué sucede realmente cuando falla?

- Aquí es donde el técnico especialista encuentra una razón por la cual se está dando una falla o avería:
- Por ejemplo:
- El sistema de bombas no funciona porque hay rotación incorrecta, o el suministro de agua es inadecuado o la bomba corrió en seco.

6 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

7 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

### Preguntarse ¿Qué repercusiones tiene?

Ejemplos:

- Paros en la producción
- Catástrofes
- Incidentes ambientales

### Preguntarse ¿Cómo predecir o prevenir la falla?

- Se describen cuales son los procedimientos que pueden mejorar a prevenir las fallas:
- Por ejemplo:
- Garantizar que el montaje y armado se hagan correctamente.
- Que se use el equipo de forma adecuada para el uso que fue destinado.
- Mantenimiento especializado a partes del sistema que no se habían considerado.
- Etc

8 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

9 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

### Preguntarse ¿Es rentable prevenir el fallo?



### Preguntarse ¿Qué hacer si ocurre el fallo o no se puede prevenir?

- Se deberán tomar medidas de contingencia en caso que un equipo crítico fallase. Es importante velar por el buen cuidado de los equipos críticos porque impactan en la salud, seguridad, ambiente y producción

10 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

11 Classification: INTERNAL USE ONLY

syngenta

Fuente: elaboración propia.

En la figura 89 se presenta una fotografía de la capacitación.

Figura 89. **Resultados de la capacitación 4**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. **Costos de la propuesta**

El costo total de la propuesta fue elaborado calculando el costo estimado para cada capacitación, en las cuales se incluye el costo de la capacitación, el costo de los insumos utilizados durante las capacitaciones, y el espacio físico apropiado. Los costos de la propuesta del plan de capacitación se desglosan a continuación en la tabla LV.

Tabla LV. **Costos del plan de capacitación propuesto**

<b>Tipo</b>	<b>Costo</b>
Capacitaciones del plan de mantenimiento	Q 0,00
Capacitación de calderas	Q 2 000,00
Capacitación de bombas de succión	Q 1 500,00
Capacitación de 5's en espacios de trabajo	Q 0,00
Capacitación de espacios confinados	Q 2 000,00
Capacitación de comunicación efectiva	Q 0,00
Capacitación de controles fitosanitarios en los procesos	Q 1 000,00

Continuación de la tabla LV.

Capacitación de reglamento 229-2014 para edificios e instalaciones	Q 1 500,00
Capacitación de riesgo eléctrico	Q 1 500,00
Salón de capacitación	Q 0,00
Cañonera	Q 0,00
Computadora	Q 0,00
Energía eléctrica	Q 30,00
Papel	Q 15,00
Bolígrafos	Q 12,00
Sillas	Q 0,00
<b>Total</b>	<b>Q9 557,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. El análisis FODA y el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento permitió comprobar que la maquinaria y los equipos reciben mantenimiento preventivo y correctivo, pero no existe un análisis profundo sobre la gestión estratégica de mantenimiento ni documentación de las tareas de mantenimiento a realizar. Se evidenció que no existe una nomenclatura o codificación apropiada para referirse a los equipos, ni clasificación según la criticidad en la producción o registros del historial de fallas o bitácora de equipos; existe una preferencia por el mantenimiento correctivo porque no se han implementado pasos para gestionar correctamente el mantenimiento preventivo.
2. Se realizó la jerarquización de la maquinaria y los equipos del área productiva mediante el modelo de criticidad semicuantitativo para determinar el nivel de importancia para la empresa en la gestión de riesgos; y se identificaron los factores de frecuencia de fallos y los efectos de fallos desde el punto de vista del impacto en la producción, flexibilidad operacional, mantenimiento, salud seguridad y ambiente; se obtuvo como resultado que el 28 % de los activos se consideran críticos, el 28 % importantes y el 44 % como prescindibles; y que el mantenimiento óptimo para todos los equipos es el mantenimiento preventivo y para equipos críticos; también, el mantenimiento centrado en confiabilidad.
3. Se determinaron las tareas de mantenimiento básicas de mantenimiento: inspección de condiciones de equipo, ajuste y cambio de piezas, lubricación, limpieza técnica, verificación de correcto funcionamiento, y

tratamiento químico; y el mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos críticos y se realizaron instructivos que describen a detalle las tareas de mantenimiento a realizar en la maquinaria y los equipos.

4. Se realizó un procedimiento para planificar el mantenimiento que forma parte de la estrategia de mantenimiento identificando los objetivos del área de taller, sus actividades clave y los procesos administrativos para la gestión del mantenimiento mediante la planificación de los insumos, registro de los mantenimientos por medio de la bitácora de mantenimiento y programación de las órdenes de mantenimiento para trabajar de forma ordenada.
5. Se realizó un programa de mantenimiento anual que permite la visualización de los mantenimientos, que describe el nombre de la maquinaria o los equipos, su código, el departamento responsable y la fecha de sus mantenimientos programados; para garantizar el cumplimiento del programa de mantenimiento, se diseñaron indicadores clave de rendimiento que miden el cumplimiento de las tareas claves definidas en la estrategia para visualizar si las órdenes se están haciendo conforme al programa.
6. La propuesta de mejora del proceso de cadena de sustrato se divide en tres aspectos importantes: el primer aspecto es la propuesta de reubicación y construcción de infraestructura para realizar el proceso de colado, pasteurizado y llenado en un área en común con el objetivo de reducir tiempos de transporte y tener un espacio seco donde almacenar el sustrato en periodos de lluvia; el segundo aspecto es realizar mantenimientos correctivos para el incremento de la eficiencia y reducción de frecuencia de fallos de los equipos; y el tercer aspecto es la distribución

correcta de las personas del área de montajes durante el proceso de llenado y colocación de bolsas para agilizar las actividades consecutivas.

7. El diagnóstico de necesidades de capacitación en el departamento de operaciones dio como resultado que los perfiles del puesto del personal tienen competencias y habilidades que se deben potenciar por medio de capacitaciones para desempeñar mejor el trabajo, por tanto, se diseñó un plan de capacitación.



## RECOMENDACIONES

1. Para cumplir con los mantenimientos requeridos por el fabricante de las calderas, el supervisor de taller debe contratar un servicio de consultoría de mantenimiento de calderas para que se determinen los mantenimientos correctivos a realizar en los mismos para reducir las incrustaciones y otras fallas; y para definir las rutinas de mantenimiento preventivas para evitar el ingreso de agua con porcentaje de dureza alto.
2. El supervisor encargado en el mantenimiento de edificios e instalaciones y el encargado de mantenimiento eléctrico también deberán desarrollar un plan de mantenimiento preventivo; ya que la planificación en el mantenimiento para la empresa puede significar un impacto en la reducción de riesgos ocupacionales en las actividades y los entornos críticos.
3. El supervisor del taller y los coordinadores pertinentes a cada área serán los responsables de adaptar el plan de mantenimiento a la maquinaria y el equipo de acuerdo a las especificaciones del fabricante en aquellos equipos que no fueron considerados en el presente informe; ya que al delimitar el alcance del informe solo se consideraron aquellos del área productiva.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ANGEL Rafael; OLAYA, Héctor. *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel*. Tesis de Ing. Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2014. 400 p.
2. CONDO, Adriano; HOMERO, Carlos. *Desarrollo de un modelo de análisis de fallas, jerarquización de activos críticos y riesgos para el mejoramiento de la eficiencia en la gestión del mantenimiento de la estación de bombeo Amazonas de OCP*. Tesis de Maestría en Gestión del Mantenimiento Industrial. Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Ecuador, 2016. 107 p.
3. GARCÍA, Oliverio. *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U, 2012. 170 p.
4. GARCÍA, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. 320 p.
5. GONZÁLEZ, Francisco *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. España: FC Editorial, 2004. 259 p.
6. MOUBRAY, John. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. 2a. ed. New York, USA: Industrial Press Inc., 1997. 440 p.

7. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12ª ed. México: McGraw-Hill Educación, 2009. 614 p.
8. PARRA, Carlos; CRESPO, Adolfo. *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. Sevilla, España: INGEMAN, 2012. 166 p.
9. VIVEROS, Pablo. *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*. [en línea]. <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052013000100011](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011)>. [Consulta: 25 de mayo del 2019].
10. VALENZUELA, Nemecio; BUENTELLO, Clara; GÓMEZ, Lilia. *Elaboración de un programa de capacitación basado en una detección de necesidades*. México: Universidad Autónoma de Coahuila, 2017. 150 p.