



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Mejora del tiempo de disponibilidad de maquinaria agrícola
mediante la aplicación de 5'S y el pilar de Mantenimiento
Planeado del TPM en el área de Mantenimiento de una
empresa agroindustrial**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Diego Gonzalo De Lama Ramírez

Asesor:
Mgtr. Ing. Jorge Yaksetig Castillo

Piura, mayo de 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis - Diego De Lama Ramírez.pdf

AUTOR

Diego De Lama Ramírez

RECuento DE PALABRAS

42238 Words

RECuento DE CARACTERES

235841 Characters

RECuento DE PÁGINAS

168 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.0MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 24, 2023 9:17 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 24, 2023 9:19 AM GMT-5

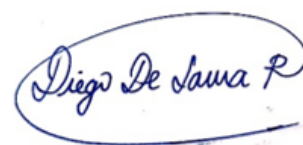
● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado



.....
Firma del Autor
DNI 72717875

Email: diego.delama@alum.udep.edu.pe



A Dios y a la Virgen María por darme la oportunidad de ser mejor cada día. A mi familia por su apoyo y compañía incondicional.



Resumen

El presente trabajo describe las actividades ejecutadas en la implementación de la Metodología 5S y Mantenimiento planeado en la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de Maquinaria Agrícola, de una empresa agroindustrial en el distrito de Tambogrande, provincia de Piura y región de Piura; durante el mes de diciembre del 2021 y noviembre del 2022. Estas actividades se realizaron como parte de mis funciones en mejora de procesos. La implementación de ambas metodologías se llevó a cabo a través de la elaboración de documentación y capacitación al personal del área indicada. El impacto de las metodologías aplicadas se evidenció mediante la medición de la disponibilidad de los cuatro tractores, principales equipos del área.

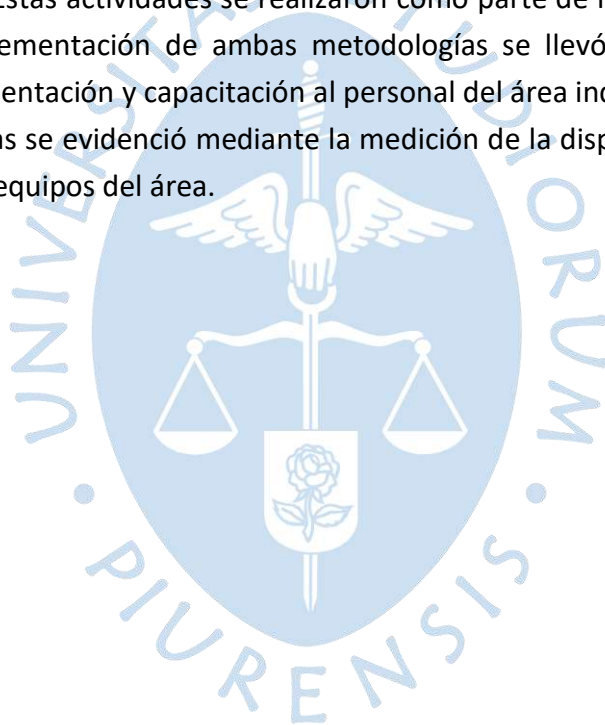




Tabla de contenido

Introducción.....	15
Capítulo 1 Antecedentes y situación actual	17
1.1 Antecedentes.....	17
1.2 Situación actual	18
1.2.1 Aplicación y herramientas de implementación de 5'S.....	19
1.2.2 Aplicación y herramientas de implementación de Mantenimiento planeado	19
1.2.3 Sector agroindustrial en Piura	20
1.2.4 Sector agroindustrial y maquinarias agrícolas	20
1.2.5 Sector agroindustrial y el mantenimiento.....	21
Capítulo 2 Marco teórico.....	23
2.1 Metodología 5'S.....	23
2.1.1 Historia	24
2.1.2 Seleccionar.....	24
2.1.3 Orden.....	25
2.1.4 Limpieza.....	26
2.1.5 Estandarizar	26
2.1.6 Seguimiento.....	27
2.2 Gestión del mantenimiento.....	28
2.3 Mantenimiento preventivo	29
2.3.1 Historia	30
2.3.2 Aspectos por considerar.....	30
2.4 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	31
2.4.1 Historia	31

2.4.2	Objetivos y beneficios	31
2.4.3	Pilares	32
2.5	OEE 35	
2.5.1	Disponibilidad	36
2.6	Tractores agrícolas y su mantenimiento	38
Capítulo 3 Situación de la empresa.....		41
3.1	Descripción general	41
3.1.1	Descripción general de la empresa	41
3.1.2	Descripción de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola 42	
3.2	Descripción de las actividades de campo	44
3.3	Análisis del mantenimiento.....	44
3.3.1	Análisis del problema	45
Capítulo 4 Metodología de la investigación		51
4.1	Planteamiento del problema.....	51
4.2	Objetivos.....	51
4.2.1	Objetivo general	51
4.2.2	Objetivos específicos	52
4.3	Justificación de la investigación	52
4.4	Hipótesis de la investigación	53
4.5	Herramientas y/o técnicas empleadas.....	54
4.5.1	Metodología de análisis del problema	54
4.5.2	Metodología de diseño de procesos	55
4.5.3	Metodología del diseño y creación de una aplicación móvil	56
4.5.4	Metodología para la creación de un plan de capacitación	57
Capítulo 5 Desarrollo de implementación de metodología 5'S y Mantenimiento planeado		59
5.1	Estrategia e implementación de metodología 5'S	59
5.1.1	Matriz de competencias	59
5.1.2	Propuesta.....	60

5.1.3	Fichas de registro empleadas	63
5.1.4	Situación inicial del taller de mantenimiento	63
5.1.5	Primera charla y conformación de los grupos.....	64
5.1.6	Primera fase de implementación	64
5.1.7	Segunda fase de implementación	66
5.1.8	Tercera fase de implementación.....	72
5.1.9	Cuarta fase de implementación	77
5.1.10	Quinta fase de implementación	79
5.1.11	Análisis de resultados de auditorías e indicadores	83
5.2	Estrategia e implementación del pilar de Mantenimiento planeado	87
5.2.1	Capacitaciones de personal propuestas.....	87
5.2.2	Mejoras en el organigrama	88
5.2.3	Actividades de mantenimiento autónomo	88
5.2.4	Actividades de mantenimiento planeado	94
5.3	Análisis económico de la implementación	111
Capítulo 6 Análisis de resultados de disponibilidad		113
6.1	Identificación de tipos de disponibilidad	113
6.2	Registro y almacenamiento de datos	114
6.3	Análisis de datos de disponibilidad	115
6.4	Disponibilidad genérica	116
6.4.1	Tractor Valtra A990	118
6.4.2	Tractor Valtra BF75.....	120
6.4.3	Tractor Valtra BM110	121
6.4.4	Tractor Same Explorer 115E	123
Conclusiones		127
Recomendaciones		131
Referencias bibliográficas.....		133
Apéndices		139
Apéndice A. Resultados de encuestas a trabajadores		140

Apéndice B. Matriz de competencias y habilidades de metodología 5'S	143
Apéndice C. Project Charter	146
Apéndice D. Ficha de registro de equipos de proyectos en la implementación de 5'S	147
Apéndice E. Ficha de registro de participación de equipos	148
Apéndice F. Ficha de reporte de actividades	149
Apéndice G. Ficha de auditorías de 5'S	150
Apéndice H. Etiquetas roja	151
Apéndice I. Registro de etiquetas rojas.....	152
Apéndice J. Protocolo de gestión para remoción de materiales etiquetados.....	153
Apéndice K. Afiche de uso de basureros ubicados en el taller de mantenimiento	155
Apéndice L. Afiche de uso de EPP	156
Apéndice M. Formato de programa de limpieza	157
Apéndice N. Ficha de procedimiento	158
Apéndice O. Programa de seguimiento de auditorías de 5'S	159
Apéndice P. Afiches de estandarización del pizarrón del taller de mantenimiento	160
Apéndice Q. Programa de seguimiento de auditorías de 5'S	162
Apéndice R. Comparación de antes y después del taller de mantenimiento	164
Apéndice S. Análisis de uso de EPP específico para la labor de limpieza de tractores.....	167
Apéndice T. Formato de ficha técnica de equipo.....	168

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz RASCI	43
Tabla 2. Criterios de evaluación de propuestas de solución	47
Tabla 3. Puntaje de calificación	47
Tabla 4. Análisis de las soluciones propuestas	48
Tabla 5. Objetos de flujo de BPMN	56
Tabla 6. Descripción de calificación	58
Tabla 7. Categorías y competencia para la implementación de la Metodología 5'S	59
Tabla 8. Cronograma: Actividades y sus roles a cargo	62
Tabla 9. Listado de actividades de limpieza y su frecuencia	75
Tabla 10. Valores de indicadores de primera fase de implementación	84
Tabla 11. Valores de indicadores de segunda fase de implementación	85
Tabla 12. Valores de indicadores de tercera fase de implementación	85
Tabla 13. Valores de indicadores de cuarta fase de implementación	86
Tabla 14. Valores de indicadores de quinta fase de implementación	87
Tabla 15. Categorías y competencia para la implementación del Mantenimiento Planeado	88
Tabla 16. Descripción de actividades de limpieza de tractores N°1	90
Tabla 17. Descripción de actividades de limpieza de tractores N°2	90
Tabla 18. Descripción del uso del aplicativo para envío de inspecciones de tractores	93
Tabla 19. Guía de codificación de equipos	95
Tabla 20. Descripción del uso del aplicativo para envío de averías	98
Tabla 21. Clasificación de averías por su tiempo de indisponibilidad	99
Tabla 22. Descripción de la programación del mantenimiento	103
Tabla 23. Descripción del registro de un mantenimiento preventivo de tractores a las 50, 100, 250 y 500 horas	104

Tabla 24. Descripción del registro de un mantenimiento preventivo de tractores a las 1000 horas.....	104
Tabla 25. Descripción del registro de un mantenimiento correctivo de tractores.....	107
Tabla 26. Lista de productos adquiridos en la implementación	112
Tabla 27. Criterios por considerar en la matriz de priorización	113
Tabla 28. Matriz de priorización para escoger el tipo de disponibilidad a medir.....	113
Tabla 29. Interrupciones de la operación del tractor Valtra A990 en el periodo evaluado ..	118
Tabla 30. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Valtra A990	118
Tabla 31. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Valtra A990.....	118
Tabla 32. Indicadores de mantenimiento para el tractor Valtra A990	119
Tabla 33. Interrupciones de la operación del tractor Valtra BF75 en el periodo evaluado...	120
Tabla 34. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Valtra BF75	120
Tabla 35. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Valtra BF75	120
Tabla 36. Indicadores de mantenimiento para el tractor Valtra BF75	121
Tabla 37. Interrupciones de la operación del tractor Valtra BM110 en el periodo evaluado	122
Tabla 38. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Valtra BM110.....	122
Tabla 39. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Valtra BM110	122
Tabla 40. Indicadores de mantenimiento para el tractor Valtra BM110.....	123
Tabla 41. Interrupciones de la operación del tractor Same Explorer 115E en el periodo evaluado	124
Tabla 42. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Same Explorer 115E.....	124
Tabla 43. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Same Explorer 115E	124
Tabla 44. Indicadores de mantenimiento para el tractor Same Explorer 115E.....	125

Lista de figuras

Figura 1. Partes de un tractor.....	39
Figura 2. Organigrama funcional de la subárea evaluada.....	42
Figura 3. Diagrama de Ishikawa del problema identificado.....	46
Figura 4. Análisis de los 5 porqués del problema 1.....	46
Figura 5. Análisis de los 5 porqués del problema 2.....	46
Figura 6. Análisis de los 5 porqués del problema 3.....	47
Figura 7. Resultados de la primera auditoría de la Metodología 5'S.....	64
Figura 8. <i>Layout</i> inicial del taller de mantenimiento	67
Figura 9. <i>Layout</i> propuesto del taller de mantenimiento.....	68
Figura 10. Cartel identificador de equipos en taller de mantenimiento	71
Figura 11. Modelo de etiquetas para panel de herramientas	71
Figura 12. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad de los estantes	73
Figura 13. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad del suelo.....	73
Figura 14. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad de las mesas.....	74
Figura 15. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad de los paneles de herramientas	74
Figura 16. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad del área de tractores	75
Figura 17. Modelo de instructivo de limpieza.....	76
Figura 18. Modelo de afiche de estandarización	79
Figura 19. Formato de rotación mensual de auditores.....	80
Figura 20. Formulario de registro de auditorías de 5'S en aplicación creada en Power Apps	81
Figura 21. Cartel de compromiso en la implementación de 5'S	82
Figura 22. Organigrama propuesto	88

Figura 23. Gráfico de barras del número de fallas por categoría	110
Figura 24. Modelo de aplicación de registro de actividades.....	115
Figura 25. Estimación de recta de regresión para tractor Valtra A990.....	119
Figura 26. Estimación de recta de regresión para tractor Valtra BF75	121
Figura 27. Estimación de recta de regresión para tractor Valtra BM110	123
Figura 28. Estimación de recta de regresión para tractor Same Explorer 115E	125



Introducción

En las últimas décadas, el interés de las empresas por satisfacer las necesidades de sus clientes ha exigido el cumplimiento de estándares de calidad y la generación de una cultura de mejora continua. Como parte de las mejoras en la calidad, el mantenimiento es una herramienta indispensable para cumplir estándares globales y maximizar la disponibilidad de los equipos, en consecuencia, mejorar su productividad.

Actualmente, se dispone de una serie de herramientas, como capacitaciones, facilidades y auditorías, para la implementación de mejoras en empresas. Una de estas herramientas es la metodología 5'S, que permite la crear el hábito del orden y la limpieza en los trabajadores para las áreas de trabajo.

Otra herramienta es el mantenimiento planeado, que permite mantener las condiciones de las máquinas que participan en los procesos productivos, garantizando calidad en la producción o servicios brindados. De esta manera, el mantenimiento puede ser considerado una inversión a mediano y largo plazo, pues evitará gastos innecesarios en reparaciones o daños en equipos (Olarte, Botero, & Cañon, 2010).

La investigación se ha realizado en una empresa agroindustrial de la región Piura, donde se identificó un déficit de gestión en el mantenimiento. Además, la falta de registros de mantenimientos de maquinaria agrícola ejecutados y el manejo empírico del mantenimiento, originaban el aumento de la indisponibilidad de los equipos.

En consecuencia, se propuso la implementación de la metodología 5'S para mejorar el orden y limpieza del área de trabajo del taller de mantenimiento, ambiente en donde se ejecutan los mantenimientos de maquinaria agrícola. Asimismo, se implementó Mantenimiento Planeado de la maquinaria agrícola, compuesta principalmente por tractores e implementos, en el que se estableció un programa de mantenimiento planeado y una gestión de averías; empleando un registro digital de datos.

El presente documento comprende 7 capítulos en los que se expone la investigación e implementación realizada. El primer capítulo abarca un resumen de los antecedentes, investigaciones en las que se han aplicado las metodologías expuestas; y un análisis a la situación actual de herramientas con las que disponen las empresas para implementar la metodología 5'S y Mantenimiento Planeado para la mejora de sus procesos.

El segundo capítulo expone el marco teórico, en el que se presentan las definiciones, objetivos y beneficios más importantes de las metodologías que fueron empleados para la implementación y el análisis de resultados.

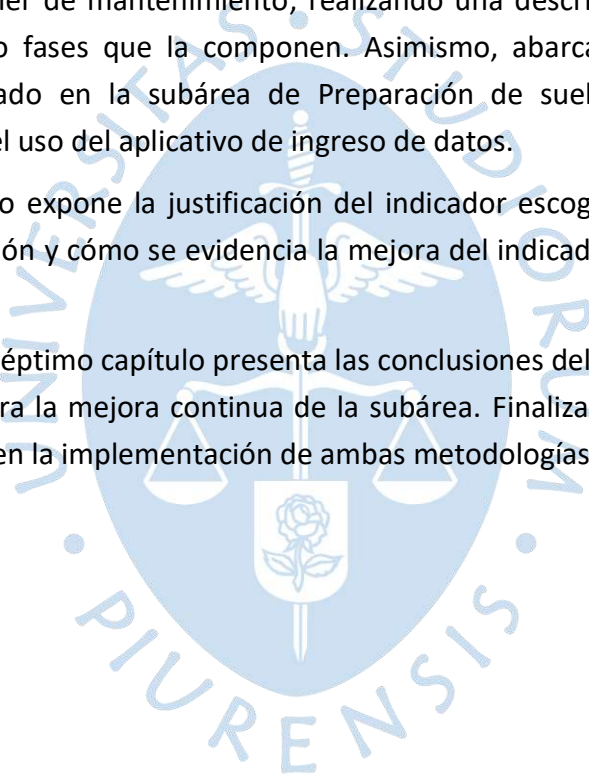
El tercer capítulo comprende un análisis a la situación actual de la empresa, descripción del problema y las causas raíz, que permitieron el desarrollo y evaluación de una solución factible.

El cuarto capítulo presenta los objetivos, hipótesis, justificación y descripción de las herramientas empleadas durante la planeación e implementación de la metodología 5'S y mantenimiento planeado.

El quinto capítulo comprende el desarrollo de la implementación de la metodología 5'S para mejoras en el taller de mantenimiento, realizando una descripción de las actividades realizadas en las cinco fases que la componen. Asimismo, abarca la implementación de Mantenimiento Planeado en la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola y el uso del aplicativo de ingreso de datos.

El sexto capítulo expone la justificación del indicador escogido, la disponibilidad; la metodología de medición y cómo se evidencia la mejora del indicador durante y después de la implementación.

Finalmente, el séptimo capítulo presenta las conclusiones del trabajo de investigación y recomendaciones para la mejora continua de la subárea. Finalizando con la bibliografía y apéndices elaborados en la implementación de ambas metodologías.



Capítulo 1

Antecedentes y situación actual

En este primer capítulo se presenta un resumen de los antecedentes de investigación sobre aplicaciones de la metodología 5'S y mantenimiento planeado en empresas similares a la estudiada. Asimismo, se presentará un análisis de la situación actual de las herramientas disponibles en el mercado peruano, que sirven de apoyo para la aplicación de ambas metodologías. Finalmente, un resumen del estado actual del sector agroindustrial, las maquinarias agrícolas empleadas en las labores de campo y su mantenimiento.

1.1 Antecedentes

La metodología 5'S ha sido implementada en organizaciones de diversos sectores desde su origen en la década de los 60, con el objetivo de obtener mejores resultados de productividad y calidad a través de estandarizar procesos y el espacio de trabajo donde se ejecutan.

En la investigación realizada se destacan tres publicaciones en las que se desarrolla la implementación de la metodología 5'S en empresas agrícolas similares a la evaluada:

- Implementación de metodología 5S para la mejora del desempeño productivo de una empresa agroindustrial: se obtuvieron mejoras en la organización mantenimiento de actividades y disciplina, reducción de tiempos, procesos, costos y generación de un ambiente de trabajo amigable. Se realizó la medición de dos indicadores: cobertura, porcentaje de personal capacitado; y el cumplimiento de los criterios evaluados. (Orizano-Acuña, Orizano-Ponce, Villanueva-Tiburcio, Estancio-Laguna, & Muñoz-Garay, 2019).
- Implementación de 5S en talleres de mantenimiento de maquinaria pesada: mejora de indicadores de accidentabilidad, horas de capacitación y tiempos de parada. Se obtuvo la creación de una cultura de prevención, aumento de áreas de trabajo de mantenimiento, mejora de la imagen ante los clientes y proveedores, y desarrollo de un ambiente adecuado para la mejora en el desempeño laboral (Ruiz, 2019).
- Implementación de Kaizen y 5S para una mejora global en una organización agrícola: se evidenciaron cambios y mejora significativas en la organización, en términos de aumento de eficacia y eficiencia de los procesos operativos, mejora de la gestión visual

del proceso, de su seguridad y de la moral de los trabajadores, limpieza mejorada, eliminación de residuos y estandarización (Sing & Moi, 2020).

El mantenimiento forma parte de las empresas desde el surgimiento de las máquinas como parte fundamental en los procesos industriales. Inicialmente, para solucionar las paradas no previstas que podrían presentarse durante su operación; hasta la aplicación de TPM (Mantenimiento Productivo Total) y el desarrollo de sistemas integrados de mantenimiento computarizados y predictivos.

En la investigación realizada se destacan cuatro publicaciones en las que se desarrolla la aplicación de mantenimiento planeado o TPM en empresas agrícolas, en las que se demostraron mejoras en indicadores claves de gestión:

- Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa agroindustrial: análisis de la situación actual de la empresa y propuesta de un modelo de gestión que integra la teoría del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y TPM; el objetivo es la reducción de costos de inventario y aumento de producción debido a la disminución de paradas, aumento de la disponibilidad de los equipos y estandarización de procesos (García, 2015).
- Diseño de modelo de gestión de mantenimiento basado en TPM y RCM para reducir costos en el área de mantenimiento en una empresa agroindustrial: se destaca la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo, modelo de control, seguimiento de indicadores y análisis de fallas. Como resultado, hubo una reducción de tiempos de operación y mejora de indicadores como confiabilidad y disponibilidad (Perez, 2021).
- Gestión del mantenimiento de tractores y maquinaria agrícola: el objetivo de la gestión del mantenimiento es garantizar la disponibilidad y seguridad de las máquinas y equipos agrícolas; de esta manera, se reducen los costos operativos y gastos en mantenimiento. Asimismo, abarca un repaso por las herramientas de monitoreo de la maquinaria agrícola (Khodabakhshian, 2013).
- Barreras y facilitadores de la implementación del TPM: presenta metodologías para la aplicación de TPM. Estableciendo una comparación entre las limitaciones o barreras, y los facilitadores identificados en la implementación del TPM en una organización. Los facilitadores y las barreras son elementos o características de la organización que pueden ayudar o impedir un mejor desarrollo de la mejora continua (Marín-García & Mateo Martínez, 2013).

1.2 Situación actual

Actualmente, la metodología 5S es aplicada como parte de la Mejora Continua o filosofía Kaizen y es una de las herramientas de calidad de Lean Manufacturing, para la

disminución de desperdicios, estandarización y mejora en la gestión visual del espacio de trabajo.

De igual manera, el mantenimiento planeado es aplicado en organizaciones que cuentan con maquinarias y equipos y desean mantenerlo en buenas condiciones, y es uno de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

1.2.1 Aplicación y herramientas de implementación de 5'S

Las empresas cuentan con distintas herramientas para la implementación de la metodología 5S. Actualmente, se dispone de empresas consultoras que brindan apoyo para su implementación. Asimismo, AOTS, una asociación peruano-japonesa, brinda un reconocimiento a las empresas que aplicaron satisfactoriamente esta metodología. Algunas de estas herramientas son:

- Consultorías de implementación 5S Kaizen: consultorías que brindan soluciones a empresas enfocadas en mejorar las condiciones de calidad, seguridad y medio ambiente.
- Libros guía para la implementación de la metodología 5S: bibliografía que presenta y explica detalladamente los pasos a seguir en la implementación.
- Material disponible en línea: Se dispone de materiales editables para ser utilizados en la implementación, como etiquetas rojas, cintas para suelo, organizadores, cintas, plumones, paneles.
- Premio Nacional 5S: su objetivo es incentivar la implementación y práctica de herramientas de mejora continua y sistemas de gestión de clase mundial. En este concurso pueden postular MYPES, grandes empresas de distintos sectores, colegios, universidades, instituciones públicas (AOTS Perú, 2021).

En este premio se definen criterios de evaluación, cada uno con distinto puntaje y ponderación. Incluyen el compromiso de alta dirección, organización del sistema 5S Kaizen, la implementación, integración y resultados, entrevistas y auditorías de los evaluadores.

1.2.2 Aplicación y herramientas de implementación de Mantenimiento planeado

De igual manera que con la metodología 5S, actualmente existen distintas herramientas con las que disponen las empresas para gestionar el mantenimiento en sus instalaciones:

- Consultorías de mantenimiento: asesorías para diseñar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento. Suele consistir en un análisis de los procesos de la empresa, identificación de las necesidades, elaboración de planes de mantenimiento, procedimientos e implantación de indicadores claves de gestión de mantenimiento.

- Softwares de gestión del mantenimiento o CMMS (sistema computarizado de gestión del mantenimiento: en el mercado se pueden encontrar softwares que integran funciones de manejo de datos para la toma de decisiones, programación de mantenimientos de activos, registros de mantenimientos y generación de informes. Algunas de las empresas de TI que ofrecen estos productos son: IBM, Fractal, SAP y Oracle (Safety Culture, 2022).
- Empresas que prestan servicio de mantenimiento: dependiendo del sector existen empresas o talleres especializados que brindan el servicio de mantenimiento y reparación a maquinaria o equipos.
- Premio TPM: anualmente el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) premia a empresas extranjeras que hayan obtenido resultados importantes tras la implementación de TPM. Se realizan auditorías y solo aquellos que las aprueben satisfactoriamente pueden postular al premio.
Si bien, ser elegible para este premio suele ser una ardua labor, se pueden emplear los criterios de verificación en las auditorías para evaluar el proyecto de implementación de TPM, en el caso que corresponda, o de alguno de los pilares como el Mantenimiento planeado.

1.2.3 Sector agroindustrial en Piura

En el año 2021, Piura ha presentado un crecimiento de su PBI de 11.6% y en el último año, el sector privado creció un 8.5% en con relación al año anterior (Banco Central de Reserva del Perú, 2021).

El sector agrícola abarca el 37.2% de los trabajadores formales, siendo el principal sector en la región Piura (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2022). Esto ha impulsado el crecimiento de las exportaciones de la región, representando el 41% del total en 2020.

Actualmente, la agricultura en Piura puede ser considerada como moderna para grandes empresas. Sin embargo, la mayor proporción de las exportaciones son de materia prima, lo cual indicaría que existe un amplio campo de mejora en la tecnología agrícola de la región (Juarez, 2022). La implementación de mejoras tecnológicas se ha visto reducida por la limitada inversión de la agricultura en pequeña escala, la que representa cerca del 90% (Banco Central de Reserva del Perú, 2021).

1.2.4 Sector agroindustrial y maquinarias agrícolas

Actualmente, el sector agrícola tiene la tendencia a la mecanización en sus principales labores de campo, esto permite facilitar el trabajo, incrementar la producción y alcanzar un mayor rendimiento de los suelos y recursos disponibles.

Esta mecanización se podrá alcanzar empleando maquinaria agrícola como: tractores, motocultores, cosechadoras, guadañadoras, gradas, sembradoras, trasplantadoras, distribuidores de abono y demás máquinas y artefactos agrícolas (ICEX, 2019).

Desde el punto de vista técnico, el contar con maquinaria especializada exige contar con personal capacitado en aspectos técnicos, que permitan brindar un soporte básico al uso y mantenimiento de estos. Este sector se suele caracterizar por su estacionalidad, el contar con maquinaria agrícola estandarizada permite nivelar la fuerza laboral a lo largo de todo el año (Cortés M., Álvarez M, & González S., 2009).

En los últimos años, las pequeñas y medianas empresas han iniciado el camino a la mecanización, generando un nicho de mercado. A través de la compra a proveedores de maquinaria agrícola de importación como Ferreyros, IPESA, Unimaq, Derteano, Morguillo, Rinailt; y en menor proporción a productores locales (ICEX, 2019).

Desde el 2013 al 2017, la importación de maquinaria de preparación de suelo se ha incrementado en un promedio de 48%. Entre los proveedores de este tipo de maquinaria se encuentran Marchesan Implementos, Maschio Gaspardo, FAE y John Deere; provenientes de Brasil, Italia y México; y proveedores locales como Sermi, Yato y Full Maquinaria (ICEX, 2019).

Desde el 2013 al 2017, la importación de la maquinaria utilizada para cosechar o trillar, se incrementó en un 3.9% y se destacan marcas como STIHL Ferramentas, CNH Industrial y Jiangsu World Agriculture; de Brasil y China; y proveedores locales como Chaski y Sermi (ICEX, 2019).

La importación de tractores se incrementó en un 28.5% y se destacan marcas como AGCO DO Brasil, John Deere, SAME; de Brasil, México e Italia. Asimismo, se cuentan con proveedores de tractores ensamblados localmente como Chaski y Full Maquinaria (ICEX, 2019).

1.2.5 Sector agroindustrial y el mantenimiento

Según el análisis a la gestión del mantenimiento de doce empresas agroindustriales en la región Piura, de Ruíz-Venegas (2019), la falta de conocimiento del estado actual de la empresa puede influenciar en la implementación del mantenimiento y definición del modelo de gestión.

En esta investigación, se concluyó que, en promedio, las empresas se encuentran en un nivel intermedio de desarrollo del mantenimiento. Donde los puntos más importantes de mejora son: aumentar los programas de capacitación, implementar sistemas electrónicos para la gestión de mantenimiento o CMMS, desarrollar mantenimiento predictivo y, por último, desarrollar un sistema de gestión documentaria (Ruiz-Venegas, 2019).

El mantenimiento a las maquinarias agrícolas suele llevarse a cabo en los talleres de mantenimiento de las empresas o por empresas prestadoras de servicios de mantenimiento.

Por ejemplo, para el caso de los tractores, los proveedores cuentan con personal especializado que se trasladan a las empresas para ejecutar los mantenimientos. Estas empresas pueden ser: Ferreyros, Palagro, Triton, IPESA, entre otras.



Capítulo 2

Marco teórico

En este capítulo se presentará la teoría empleada en la implementación de la metodología 5'S y mantenimiento planeado. La información presentada se ha extraído de libros, artículos científicos e informes. Adicionalmente, se abarcarán aspectos teóricos del Mantenimiento Productivo Total y de indicadores evaluados como la disponibilidad.

2.1 Metodología 5'S

Las 5'S es una metodología japonesa que presenta cinco herramientas de calidad aplicadas para reducir los desperdicios, incrementar la productividad, aprovechar el espacio disponible, reducir desplazamientos, reducir el tiempo de trabajo e incrementar la seguridad eliminando peligros.

Se basa en cinco palabras japonesas que comienzan con la letra "S", cada una corresponde a una de las cinco fases de su implementación; se refieren a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras.

Es la herramienta de Lean Manufacturing que establece y estandariza actividades de orden y limpieza en el área de trabajo (Manzano & Gisbert, 2016); y es considerada el pilar fundamental en la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo que define una forma de mejora y optimización a través de la identificación y eliminación de todo tipo de desperdicios o actividades que utilizan más recursos de los debidos. Su aplicación implica un cambio en la cultura organizacional, abarca técnicas y métodos como: 5'S, *Value Stream Mapping* (VSM), Cambio rápido de herramientas (SMED), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Kanban, entre otras (Hernández & Vizán, 2013).

Según Ortiz (2016), los desperdicios (usos descuidados de recursos) que podrían ser reducidos mediante la aplicación de Lean Manufacturing y herramientas como las 5'S son:

- Sobreproducción: producción por encima de la cantidad requerida.
- Sobre procesamiento: repetición de actividades ya realizadas previamente.
- Transporte: movimiento de productos a través de áreas de trabajos.

- Esperas: inactividad de los equipos o personas debido a que los materiales de trabajo no están disponibles.
- Movimientos: traslado de personas alrededor del área de trabajo en búsqueda de materiales para el trabajo.
- Inventario: implica mantener niveles de inventario por encima de los requeridos.
- Defectos: desperdicios causados por errores en la producción.
- Habilidades del personal: no emplear correctamente el potencial del personal.

2.1.1 Historia

En la década de los 60, Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno desarrollaron en Japón, un conjunto de herramientas como las 5S, *Poka Yoke* y 6 sigma; con el objetivo de aumentar la productividad en la manufactura de autos. De esta manera, se creó el sistema Toyota.

En el mundo occidental se estaba conformando una sociedad consumista, que originó que las organizaciones aumentaran la intensidad de trabajo para incrementar su producción. Esto ocasionó sobreproducción, que llevó a las empresas a la búsqueda de alternativas para mejorar los sistemas de producción. Tomando como referencia al sistema Toyota de Japón y adaptándolas a un contexto occidental, se creó el Lean Manufacturing.

Inicialmente, la metodología 5'S era aplicada solamente en empresas industriales, sin embargo, a medida que se ha evidenciado su eficacia, se ha aplicado en empresas de diversos sectores. Efectivamente, puede ser aplicada por cualquier tipo de organización que desea iniciar en el camino de la mejora continua, ya sea industrial o de servicios (Palencia, 2015).

2.1.2 Seleccionar

Conforma la primera "S" y corresponde a la palabra en japonés *Seiri*. Consiste en identificar, clasificar y separar los materiales en necesarios e innecesarios, y retirar del área de trabajo aquellos materiales que no se necesitan para las labores productivas.

El objetivo de esta primera fase de la metodología 5'S es eliminar del puesto de trabajo aquellos materiales que no se utilizan en las operaciones y establecer métodos para el descarte de estos materiales.

Según Socconini & Barrantes (2020) su implementación abarca:

- Establecer criterios para identificar y clasificar los ítems del área de trabajo.
- Elaborar etiquetas rojas, que son fichas empleadas para registrar el estado de un artículo.
- Definir un ambiente del espacio de trabajo para colocar aquellos materiales innecesarios.

- Gestionar la ejecución de acciones correctivas con aquellos materiales innecesarios.

Según Visco (2016), los beneficios de implementar la fase de selección en el área de trabajo son:

- Eliminación del desorden al haber eliminado los materiales innecesarios.
- Mejora en la seguridad al eliminar materiales del suelo que puedan ocasionar caídas y materiales peligrosos que no son utilizados con frecuencia.
- Mejora en la productividad y flujo de trabajo al reducir los traslados en la búsqueda de materiales, y al contar con los materiales requeridos en las labores diarias al alcance.
- Ahorros al disminuir los materiales o herramientas perdidas.

2.1.3 Orden

Conforma la segunda “S” y corresponde a la palabra en japonés *Seiton*. Consiste en establecer el modo en que se deben ubicar los materiales necesarios o materiales utilizados en las operaciones diarias. De esta manera se facilita su identificación, uso y reposición.

El objetivo es mantener el ambiente de trabajo organizado, estableciendo un lugar específico para cada material a través de controles visuales, de esta forma, será fácil su identificación y disposición.

Según Socconini & Barrantes (2020), su implementación abarca:

- Delimitar áreas de trabajo con controles visuales.
- Colocar los materiales necesarios en el área de trabajo, teniendo en cuenta la actividad realizada y su frecuencia de uso.
- Establecer lugares de almacenamiento de materiales, ya sean repisas, estantes o paneles de herramientas.
- Ubicar mesas, sillas y repisas en los lugares adecuados según las actividades y respetando espacios de tránsito.
- Identificar herramientas, equipos y mobiliario del área de trabajo.

Según Visco (2016), los beneficios de la implementar la fase de orden en el área de trabajo son:

- Obtener un estándar de cómo deben ubicarse los equipos, herramientas, máquinas y materiales empleados en las actividades diarias.
- Mejorar en la disponibilidad de espacio, flujo de trabajo y productividad al contar con los materiales en su lugar y fácilmente identificables.

- Motivar a los trabajadores a conocer las herramientas y equipos disponibles en el área de trabajo, ya sea cómo utilizarlos, su importancia y valor.
- Facilitar la identificación visual de las herramientas empleadas en las labores diarias.

2.1.4 Limpieza

Conforma la tercera “S” y corresponde a la palabra en japonés *Seiso*. Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad del espacio de trabajo, estableciendo procedimientos y un programa de limpieza.

El objetivo de esta fase es la eliminación de la suciedad y mejorar el estado y condiciones del ambiente de trabajo. De esta manera, mejorará el aprovechamiento de los equipos y herramientas, al contar con un ambiente de trabajo limpio, seguro y ordenado.

Según Socconini & Barrantes (2020) su implementación abarca:

- Sectorizar ambientes de trabajo en función de aquellos ambientes que sean fáciles o difíciles de limpiar.
- Identificación y eliminación de fuentes de suciedad. Estas pueden incluir herramientas deterioradas o lugares difíciles de limpiar.
- Establecer un programa de limpieza: procedimientos, responsables, materiales empleados y frecuencia.

Según Visco (2016), los beneficios de la implementar la fase de limpieza en el área de trabajo son:

- Ampliar la vida útil de las máquinas, equipos y herramientas al mejorar sus condiciones de uso y almacenamiento.
- Mejorar el ambiente de trabajo al mantener pisos, equipos y mobiliario libres de suciedades.
- Al mejorar las condiciones de uso de los equipos, se reducirán las interrupciones por fallas.
- Generar disciplina en los operadores con respecto a la ejecución de las actividades de limpieza.

2.1.5 Estandarizar

Conforma la cuarta “S” y corresponde a la palabra en japonés *Seiketsu*. Consiste en establecer normas visibles y estándares que permitan identificar con rapidez las situaciones fuera de lo normal y cómo actuar ante desviaciones. Asimismo, incluye la documentación de estos procedimientos para que puedan ser comunicados al personal pertinente (Días, García, & Martínez, 2019).

El objetivo de implementar esta fase es lograr que los procedimientos, prácticas y actividades se ejecuten consistentemente y regularmente, para asegurar que la selección, organización y limpieza se mantengan en las áreas de trabajo.

Según Socconini & Barrantes (2020) su implementación abarca:

- Establecer procedimientos y estándares sobre cómo debe realizarse la selección, orden y limpieza.
- Publicar los procedimientos y estándares en lugares estratégicos del ambiente de trabajo.
- Implementar un programa de auditorías, en el que se indiquen criterios, auditores, frecuencias, para evaluar el cumplimiento de los estándares.
- Establecer un sistema de análisis de resultados de auditorías.

Según Visco (2016), los beneficios de la implementar la fase de limpieza en el área de trabajo son:

- Hacer que las condiciones o situaciones anormales se identifiquen fácilmente.
- Permitir que los trabajadores tengan claros sus objetivos y responsabilidades dentro del área de trabajo.
- Proporcionar un estándar para que los documentos, letreros y etiquetas tengan una apariencia uniforme.
- Establecer un estándar de cómo debe verse cada área de trabajo.

2.1.6 Seguimiento

Conforma la quinta “S” y corresponde a la palabra en japonés *Shitsuke*. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas y adquirir el hábito de mejora continua en el trabajo diario. Asimismo, busca capacitar y generar disciplina en las 5’S. (Días, García, & Martínez, 2019).

A diferencia de las fases previas de implementación, esta no tiene un cierre. Después de terminar con la implementación de las cuatro primeras fases, la quinta fase debe permanecer a lo largo de los años.

El objetivo de esta última fase de implementación es crear el hábito y disciplina, de tal manera que el grupo de trabajo practique constantemente las actividades establecidas y refuerce los hábitos correctos.

Según Ortiz (2016), su implementación abarca:

- Generar métodos para mantener el conocimiento en 5S para el nuevo personal a través de programas de capacitación y difusión de material informativo.

- Establecer programas de supervisiones inadvertidas que sean realizadas por los supervisores de áreas.
- Establecer reconocimientos a los operadores que más apliquen las 5'S en sus labores diarias.
- Llevar a cabo reuniones mensuales en las que se evalúen el desempeño y los resultados de las auditorías.

Según Visco (2016), los beneficios de la implementar la fase de seguimiento en el área de trabajo son:

- Crear un hábito de las actividades planteadas en las fases previas de implementación de las 5'S.
- Generar un ambiente de cumplimiento y respeto de los estándares establecidos.
- Se mantendrá el conocimiento en el área de trabajo, a través del constante entrenamiento al personal.
- Valorar el trabajo del resto de trabajadores a través de su reconocimiento.
- Demostrar que el nivel estratégico de la organización tiene un interés por mantener un ambiente de trabajo grato para los operadores.

2.2 Gestión del mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un equipo, máquina o instalación; para monitorear y mantener el funcionamiento que asegure la correcta ejecución de sus funciones, y permita minimizar los tiempos de inactividad causados por averías o reparaciones resultantes (Manzini, Regattieri, Pham, & Ferrari, 2010).

Según la Normalización Española, el mantenimiento es “la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un elemento destinado a mantenerlo o restaurarlo a un estado en el que pueda realizar la función requerida” (Holguin Londoño, 2013).

Según Mora (2009), la gestión involucra el planeamiento, organización, dirección, coordinación y control por diferentes niveles de áreas en una organización. En el mantenimiento participan dos aspectos: la gestión y operación. En consecuencia, la gestión abarca la planeación, manejo y control de los recursos y la operación refiere a la ejecución del servicio.

La gestión del mantenimiento debe tratarse desde dos enfoques: el primero es dentro de la empresa alineándose a los objetivos de la empresa, a través de colaboración y trabajo en grupo para seguir las pautas de la organización; el segundo enfoque presenta la gestión

interna del departamento, del aprovechamiento de los recursos para generar un servicio de mantenimiento al menor costo posible y mejor calidad.

Debe implementarse un proceso sistémico, en el que se defina un sistema capaz de planificar, organizar, dirigir, controlar y administrar todas las actividades inherentes al mantenimiento; de la mano de un sistema de información que permita definir los servicios y recursos requeridos para la operación, y de metodologías para la mejora continua (Mora, 2009).

La gestión del mantenimiento incluye cuatro tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento de averías: se espera hasta que el equipo falle por completo, para su reparación; porque se cuenta con un respaldo o porque su indisponibilidad no afecta al sistema productivo (Kanti & Cudney, 2016).
- Mantenimiento correctivo: mantenimiento que se ejecuta después de que ocurre una falla o problema, de esta manera, se recuperará su funcionalidad. También abarca mejoras en el diseño y facilita la ejecución del mantenimiento preventivo (Kanti & Cudney, 2016).
- Mantenimiento predictivo: empleado para detectar la condición del equipo antes de su falla y definir cuándo la máquina puede requerir mantenimiento, en base al análisis histórico e inspección justo antes de que se presente una falla (Peng, 2012).
- Mantenimiento preventivo: ejecución de una serie de tareas programadas para extender la vida útil de un equipo y para detectar el desgaste de un equipo antes que presente fallas (Peng, 2012).

2.3 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo son una serie de actividades realizadas con una frecuencia definida, con el objetivo de extender la vida útil de los equipos y con cero fallas, con una producción de calidad y que cumpla con los requerimientos de los clientes.

Su principal objetivo es mantener la disponibilidad y mejorar la confiabilidad de las máquinas, mantener un costo óptimo de mantenimiento, garantizar las cero averías en los equipos y garantizar la disponibilidad de repuestos. Presenta un enfoque proactivo en el que los operadores son capacitados para mantener a sus equipos (Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013).

Se debe seleccionar qué equipos requieren un mantenimiento preventivo, basándose en recomendaciones del proveedor, equipos críticos para el proceso y en la vida útil de los equipos (Kanti & Cudney, 2016).

2.3.1 Historia

El mantenimiento preventivo fue de los primeros enfoques de la gestión de maquinaria, surgió en la década de 1950 en Estados Unidos.

Inicialmente, era aplicada en equipos mecánicos e incluía ajustes, lubricación y limpieza; a medida que los equipos requerían actividades de mantenimiento más exhaustivas, se incluyeron calibraciones e inspecciones periódicas.

2.3.2 Aspectos por considerar

Según Peng (2012), M. Gross (2006) y Kanti & Cudney (2016), los aspectos claves por considerar en el mantenimiento preventivo:

- Contar con manuales del usuario brindados por el fabricante de los equipos. El fabricante debe brindar recomendaciones para el planteamiento de un programa de mantenimiento preventivo, el cual se adaptará según el uso que se le dará al equipo.
- El horario del mantenimiento preventivo abarca una frecuencia y el detalle de las actividades a ejecutar. La frecuencia se puede definir en base al tiempo de uso, según el calendario, sin tomar en cuenta las horas de uso o por unidades producidas. La frecuencia establecida puede ser semanal, mensual, trimestral, semestral o anual.
- Lista de tareas de mantenimiento preventivo, basadas en las recomendaciones del fabricante, estas pueden incluir: inspecciones visuales, diagnósticos, limpieza, reorganización, ajustes, lubricación, reemplazos, calibración y documentación. También se deben tener en cuenta las condiciones de los equipos y sus fallas más comunes, para incluir las revisiones correspondientes.
- Procedimientos y listas de verificación, son guías detallada de tareas que deben ejecutarse, incluyen dibujos, ilustraciones y diagramas de flujo. Sin embargo, no ser tan detallistas, generalmente, las actividades de mantenimiento preventivo son ejecutadas por personal con conocimientos en los equipos.
- Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, que permitan organizar y programar las actividades de mantenimiento y sean asignadas a personal. Incluyen datos como las horas de trabajo y actividades requeridas.
- Repuestos, después de definir las actividades de mantenimiento preventivo, se deberá definir cuál es la cantidad mínima de repuestos en stock. De esta manera, se reducirán costos de almacenamiento y se contará con repuestos de reserva en caso el mantenimiento correctivo los requiera.
- Materiales: se debe determinar el stock de aceites y lubricantes a ser empleados en el mantenimiento. Escoger el tipo y marca de aceite según las recomendaciones del fabricante.

- Por último, se deben tener en cuenta las normas de seguridad, que deben ser revisadas con una frecuencia anual y ser incluidas en las verificaciones, tanto del ambiente de trabajo como de las actividades de mantenimiento.

2.4 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es un sistema de gestión del mantenimiento que involucra al personal de mantenimiento y a los operadores de los mismos equipos, centrado en eliminar las averías y defectos y la mejora de los sistemas de producción y calidad (Kanti & Cudney, 2016).

Si bien es considerado un sistema de gestión por sí mismo; es considerado parte de las herramientas de calidad del Lean Manufacturing. Está compuesto por 8 pilares y 12 pasos para su implementación. Los 8 pilares serán explicados en los próximos apartados.

2.4.1 Historia

En 1960, una compañía japonesa perteneciente a Toyota implementó un plan de mantenimiento y concluyeron que la decisión más eficiente es que los operadores de los equipos sean quienes lleven a cabo el mantenimiento de los equipos. De esta manera, el costo de la labor sería menor que contratar a personal que solamente ejecute el mantenimiento (Kanti & Cudney, 2016).

TPM se originó en el año 1971 en Japón, como una metodología que permite mejorar la disponibilidad de la maquinaria y el rendimiento a través de un mantenimiento más eficiente y mejor uso de recursos (Kanti & Cudney, 2016).

La tendencia de cero desperdicios, cero interrupciones y cero accidentes son un requisito en la industria de manufactura, en este contexto, el TPM ha sido adoptado por diversas organizaciones a lo largo del mundo (Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013).

2.4.2 Objetivos y beneficios

Según Campoy, Gisbert & Pérez (2018) y Kanti & Cudney (2016), los objetivos del TPM son:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Reducción de paradas no planeadas de los equipos.
- Reducción de incidentes relacionados con la seguridad y el medio ambiente.
- Utilización eficaz de los equipos y maquinaria existente.
- Implicación total del operador en el mantenimiento de los equipos.
- Enfoque en mejora de las competencias de la organización.
- Reducción de costos de mantenimiento y producción.

2.4.3 Pilares

Los pilares del TPM son 8:

2.4.3.1 5'S. Según Kanty & Cudney (2016), TPM inicia con 5'S y es considerado como un pilar, debido a que los problemas presentes en el área no pueden ser visibles si es que el lugar de trabajo se encuentra desorganizado. Por lo tanto, tener el lugar limpio y ordenado hará que los problemas sean más visibles, siendo este el primer paso para la implementación de TPM. Sin embargo, otros autores consideran a las 5'S como parte del Mantenimiento autónomo (Días, García, & Martínez, 2019).

2.4.3.2 Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen. Su principal objetivo es generar un sentimiento de pertenencia en el operador y hacerlo responsable del proceso en el que han sido entrenados. En este pilar, el operador ejecuta pequeñas actividades de mantenimiento como la limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual; de esta manera el personal de mantenimiento ejecutará reparaciones más técnicas o mantenimiento planeado (Días, García, & Martínez, 2019).

Según Levitt (2010), sus objetivos son:

- Reducir el tiempo de inactividad, paradas y el tiempo de proceso.
- Reducir el consumo de lubricantes y aceites.
- Reducir la variabilidad en la producción y calidad.
- Eliminar los defectos desde su origen, mediante la participación de los operadores, inspecciones y entrenamientos.

2.4.3.3 Mejoras enfocadas o Kaizen. Hace referencia a la mejora continua a través de grandes pequeñas mejoras que permitan maximizar la eficacia de los equipos, procesos y organización, mediante la eliminación de desperdicios, aumento de la calidad y disminución de pérdidas. Estas mejoras pueden aplicarse tanto a áreas administrativas como productivas (Días, García, & Martínez, 2019).

Según Levitt (2010), esta fase implica lo siguiente:

- Practicar conceptos de cero pérdidas en todas las actividades del proceso.
- Búsqueda de mejoras para la reducción de costos de recursos e incrementar la eficacia de la planta y sus equipos.
- Asegurarse que los operadores también hayan adquirido el hábito de la mejora continua.

2.4.3.4 Mantenimiento planeado. Este pilar tiene como objetivo principal asegurar la disponibilidad de las máquinas y los cero defectos. Abarca prácticas y enfoques de mantenimiento como: preventivo, mantenimiento basado en el tiempo, mantenimiento basado en la condición y el mantenimiento correctivo. Involucra el trabajo dirigido por técnicos de mantenimiento capacitados (Días, García, & Martínez, 2019).

Según Levitt (2010) y Kanti & Cudney (2016), sus objetivos son:

- Lograr las cero fallas y averías en los equipos y máquinas.
- Mejorar la confiabilidad y mantenibilidad y reducción del costo de mantenimiento.
- Contar con la cantidad necesaria de repuestos para asegurar un mantenimiento óptimo.
- Implementar la cultura de ser proactivo y menos reactivo.
- Capacitar a los operadores en el mantenimiento de los equipos para preservar sus condiciones iniciales.

2.4.3.5 Mantenimiento de calidad Este pilar consiste en la implementación de mejoras que aseguren una producción libre de defectos, centrada en sistemas infalibles y a prueba de errores, y que los defectos se detecten en su origen. Al identificar qué partes del equipo afectan a la calidad del producto, se pueden eliminar los problemas de calidad al establecer métodos para su mantención (Kanti & Cudney, 2016).

Según Levitt (2010), sus objetivos son:

- Enfocar los sistemas productivos en la satisfacción al cliente al reducir los defectos.
- Reducir los defectos en los procesos.
- Mejorar el nivel de servicio al cliente, a través de la reducción de quejas y reclamos a cero.
- Reducir el costo del control y aseguramiento de calidad.

2.4.3.6 Educación y entrenamiento. Este pilar es importante porque incluye la comprensión del TPM, de los procesos operativos y los estándares definidos (Días, García, & Martínez, 2019). Incluye lecciones de punto a punto, resolución práctica de problemas a través de círculos de calidad y creación de un plan de desarrollo de habilidades (Kanti & Cudney, 2016).

Según Kanti & Cudney (2016), sus objetivos son:

- Aumentar la moral y la experiencia de los operadores y personal involucrado en capacitaciones.
- Motivar al personal a ejecutar sus funciones eficientemente.

- Permite la mejora continua pues incluye la mejora de conocimientos y habilidades.
- Alcanzar el 100% de participación en las sesiones de capacitación.
- Lograr y mantener el tiempo de inactividad en cero para máquinas críticas.

2.4.3.7 Control inicial. Este pilar consiste en incorporar los conocimientos y habilidades de mantenimiento de los equipos existentes en los nuevos equipos, en el diseño, puesta en marcha y pruebas. De esta manera, se podrán reducir los problemas iniciales, las acciones se implementarán a tiempo y se obtendrán mejoras en el mantenimiento de los nuevos equipos en base a la experiencia y conocimientos previos (Días, García, & Martínez, 2019).

Según Levitt (2010), sus objetivos son:

- Reducción de los problemas de puesta en marcha de los equipos.
- Contar con tiempo suficiente para la instalación y puesta en marcha del equipo nuevo.
- Actualización de los archivos maestros en los sistemas de mantenimiento.
- Implementación de mantenimiento planeado y autónomo a equipos nuevos.
- Desarrollar procedimientos estándar operativos y de mantenimiento.
- Capacitar a los operadores desde el inicio del proceso.

2.4.3.8 TPM en oficinas. El principal objetivo de aplicar TPM en las oficinas es alcanzar mejoras en la productividad y reducir pérdidas en las funciones administrativas. De esta manera se podrán solucionar problemas causados por la falta de comunicación, retrasos por falta de stock y gastos en despachos (Kanti & Cudney, 2016). Este pilar consiste en analizar procesos y procedimientos administrativos, impulsando la automatización de oficinas (Levitt, 2010).

Según Días, García & Martínez (2019), sus objetivos son:

- Organizar oficinas administrativas en espacios altamente eficientes, de tal manera.
- Estandarizar procedimientos de trabajo administrativo para facilitar el apoyo a departamentos productivos.
- Eliminar pérdidas relacionadas a interrupciones de servicios.
- Eliminar quejas de clientes relacionadas a logística y a pérdidas por baja calidad en los productos.
- Mejorar la comunicación con técnicos de mantenimiento para establecer estrategias de mantenimiento eficientes, como en la gestión de piezas y repuestos.

2.4.3.9 Seguridad, salud y medio ambiente. El principal objetivo de este pilar es crear un lugar seguro para trabajar, en el que se protejan al medio ambiente y comunidades cercanas (Levitt, 2010). Consiste en identificar zonas de riesgo a la salud y mejorar sus condiciones a través de actividades para preservar el medio ambiente. Se deben incluir actividades como: mes de la seguridad, carteles de promoción de la seguridad, concursos de seguridad, auditorías y recorridos (Días, García, & Martínez, 2019).

Sus principales objetivos son:

- Cero accidentes, incendios y explosiones.
- Cero daños a la salud de los trabajadores.
- Involucrar este pilar en la implementación de los pilares explicados previamente.

2.5 OEE

Eficiencia general de los equipos es un indicador utilizado en TPM para medir el porcentaje de eficiencia actual de los equipos, toma en cuenta la disponibilidad del equipo, su rendimiento en funcionamiento y la calidad de los materiales o servicios producidos, durante un periodo de tiempo, ya sean días, semanas o meses (Willmott & McCarthy, 2001).

Este indicador compara el desempeño de los procesos productivos o de un equipo con su potencial, según sus condiciones iniciales o de fábrica. También indica el objetivo alcanzable de mejora (Willmott & McCarthy, 2001).

Un OEE bajo puede justificarse en que la empresa está aplicando un mantenimiento reactivo, debido a que están ocurriendo eventos no planeados que están disminuyendo la disponibilidad de los equipos. A través de la implementación de TPM, el OEE se podrá incrementar, debido a la eliminación de desperdicios, aumento del tiempo de disponibilidad de los equipos, mejoras en el servicio ofrecido y disminución de reclamos o quejas de clientes.

Según Borris (2006), la fórmula de cálculo de la eficiencia general de los equipos se compone de tres indicadores:

$$OEE = Disponibilidad * Calidad * Rendimiento \quad (1)$$

- Disponibilidad: relación entre la cantidad de tiempo que el sistema es capaz de funcionar y el tiempo total que podría estar funcionando. Se debe definir qué se refiere como tiempo de inactividad, ya sean verificaciones, configuraciones, tiempos de espera, cambios y la misma inactividad de los equipos. Su fórmula es la siguiente:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ total\ disponible - Tiempo\ de\ inactividad}{Tiempo\ total\ disponible} * 100 \quad (2)$$

- Rendimiento: relación entre la cantidad de un producto fabricado y la cantidad de producto que pudo haberse fabricado. Cuando los equipos funcionan por debajo de su capacidad, se tienen pérdidas. Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades fabricadas}}{\text{Número posible de unidades}} * 100 \quad (3)$$

- Calidad: relación entre la cantidad de productos fabricados sin defectos y la cantidad total de producto elaborado. Si el producto es de mala calidad o presenta defectos, se tendrán problemas de pérdidas en producción y posiblemente, de pérdidas de clientes. Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Número de unidades producidas} - \text{Número defectos}}{\text{Número de unidades producidas}} * 100 \quad (4)$$

2.5.1 Disponibilidad

El ciclo de vida de un equipo tiene periodos de tiempo en que este opera a condiciones normales, periodos de tiempo en que funciona, pero no a las condiciones esperadas y periodos en los que deja de funcionar debido a fallas y las reparaciones correspondientes (Manzini, Regattieri, Pham, & Ferrari, 2010).

Según Mora (2009), la disponibilidad es la probabilidad que el equipo o sistema funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido, después del inicio de su operación, bajo condiciones estables de uso. Es un indicador que brinda información acerca de la funcionalidad del equipo. El objetivo es alcanzar el valor máximo de disponibilidad de los equipos, para lograrlo se deben establecer métodos que permitan contar con un sistema que cuando falle sea de fácil reparación.

La medición de este indicador se realiza de la siguiente manera:

- Definir los métodos para la obtención, registro, manipulación y tratamiento de los datos de tiempos útiles, fallas, reparaciones, tiempos perdidos de producción y mantenimiento.
- Preparación de los datos y elección del tipo de disponibilidad factible para calcular, según los datos disponibles.

2.5.1.1 Disponibilidad genérica. Adecuado para organizaciones que solamente cuentan con datos correspondientes a tiempos útiles de no funcionalidad; puede utilizarse en programas piloto de empresas principiantes en el registro de datos (Mora, 2009). Su fórmula es la siguiente:

$$A_G = \frac{\frac{\sum_{i=1}^m UT_i}{m}}{\frac{\sum_{i=1}^m UT_i}{m} + \frac{\sum_{i=1}^n DT_i}{n}} \quad (5)$$

Se compone de:

- UT: tiempos útiles o *Up Time*, solo considera los tiempos en los que el equipo funciona correctamente. Se debe excluir los tiempos de paradas previstas o planeadas por mantenimiento. Siendo m el número de eventos de UT.
- DT: tiempos en los que la máquina no funciona ni produce o *Down Time*, es decir, tiempos de no disponibilidad o funcionalidad, se consideran tiempos implicados en las fallas que generan reparaciones. Siendo n el número de no funcionalidades.

2.5.1.2 Disponibilidad intrínseca. Adecuado cuando se desea controlar las actividades correspondientes a mantenimiento no planeados, correspondientes a daños o pérdidas de funcionalidades por razones propias del equipo (Mora, 2009). Su fórmula es:

$$A_G = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (6)$$

Se compone de:

- MTBF: promedio de tiempos útiles de funcionamiento correcto sin fallos.
- MTTR: promedio de tiempos de reparación correctiva netos individuales.

2.5.1.3 Disponibilidad alcanzada. Adecuado para controlar las actividades de mantenimiento planeado, ya sean preventivas, correlativas o predictivas (Mora, 2009). Su fórmula es:

$$A_A = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} \quad (7)$$

Se compone de:

- MTBM: tiempo medio entre mantenimientos, ya sean correctivos y preventivos.
- $\bar{M}$: calculado en base al tiempo medio entre mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos y tiempo neto medio para ejecutar tareas de mantenimiento preventivo.

2.5.1.4 Disponibilidad operacional. Adecuada cuando se requiere se requiere controlar el impacto de las demoras administrativas o de recursos físicos o humanos. Incluye las actividades planeadas y no planeadas de mantenimiento (Mora, 2009). Su fórmula es:

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M'}} \quad (8)$$

Se compone de:

- $\overline{M'}$: en su cálculo se incluyen los tiempos de demora logísticos y administrativos en cada mantenimiento planeado o correctivo.

2.6 Tractores agrícolas y su mantenimiento

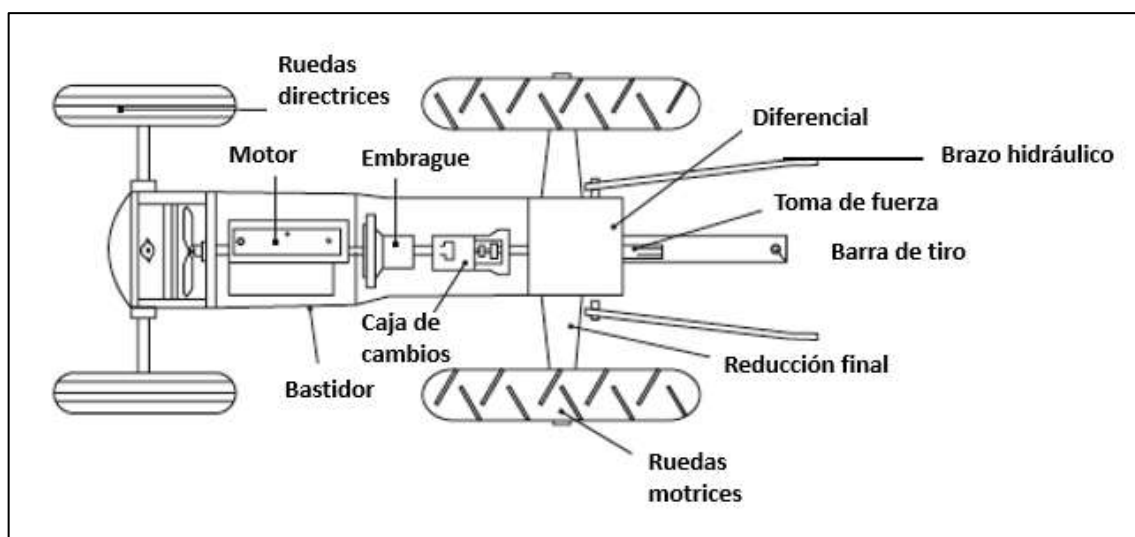
Los tractores agrícolas son vehículos dotados de un motor que les permite desplazarse por sí mismo y accionar máquinas que se enganchan a su estructura, que les permiten realizar distintas labores (Arnal & Laguna, 2005).

Un tractor agrícola se compone de un chasis, que es una estructura metálica que une y sostiene a los principales elementos o sistemas del tractor, que en conjunto permiten su funcionamiento. Según Hansen & Hansen (2015) y Martínez (2018), estos componentes son:

- Sistema motriz: es una parte fundamental para el trabajo del tractor, ya que envía fuerza y permite su movilidad. Su objetivo es transformar energía liberada por la combustión a energía mecánica para producir movimiento.
- Sistema de transmisión: permite transmitir el movimiento desde el motor a los elementos motrices. Se compone de: caja de cambios, embrague, diferencial, toma de fuerza y ruedas (motrices y directrices).
- Sistema de combustible: permite transportar combustible desde el tanque de combustible hacia la cámara de combustión, mediante el inyector para producir la explosión de combustible.
- Sistema de admisión: permite transportar aire limpio hacia la cámara de combustión, el aire debe llegar limpio, a la temperatura y presión. Se compone de filtros de aire, turbocompresor, interenfriador y escape.
- Sistema de refrigeración: su objetivo es mantener una temperatura óptima dentro del motor. Altas temperaturas pueden afectar el funcionamiento del tractor, específicamente al aceite lubricante, el que puede perder sus propiedades y afectar al rozamiento y producir el desgaste prematuro de sus partes. Se compone de: radiador, ventilador, bomba de agua, cámara de agua y termostato.
- Sistema de lubricación: los motores tienen un sistema de lubricación que asegura que llegue aceite lubricante a todas las partes mecánicas del sistema.

- Sistema eléctrico: su objetivo es proveer energía a los sistemas de arranque, iluminación, aire acondicionado e instrumentos diversos. Está compuesto por el alternador, batería y reguladores. Asimismo, se integra de dos componentes importantes: sistema de arranque y circuito de luces y accesorios.
- Sistema hidráulico: se encarga de otorgar fuerza lineal o rotativa al tractor, para que pueda operar ciertos implementos. Se compone de depósito de aceite, bomba hidráulica y válvulas distribuidoras.

Figura 1. Partes de un tractor



Nota. Adaptado de la imagen presentada en Martínez (2018).

Al tractor pueden adaptarse implementos para la ejecución de distintas labores. Cada implemento tiene un objetivo distinto de uso. Cada implemento se conecta al tractor empleando distintos tipos de enganche:

- Barra de tiro: sistema de enganche del tractor para jalar remolques, rastras y otro implemento agrícola que se arrastre.
- Sistema hidráulico: elemento que permite elevar al implemento, suspendiéndolo en el aire o descendiendo.
- Tres puntos: regula la profundidad de trabajo, transporta implementos y suministra fuerza hidráulica.
- Toma de fuerza: eje que brinda rotación y potencia al implemento.

Los tractores se diferencian por su potencia, este criterio dependerá del sistema de producción en el que se empleará, ya que mientras más intensivo es el cultivo para trabajar, más intensidad de uso se tendrá del tractor. Asimismo, es importante considerar los implementos con los que se utilizará el tractor (Palacios & Ocampo, 2012).

Según Hansen & Hansen (2015), se recomienda realizar un mantenimiento regular a los tractores agrícolas para minimizar fallos y paradas. El mantenimiento incluye actividades como limpieza, inspección, lubricación, cambio de fluidos y filtros, y ajustes en base a un cronograma que asegure alto rendimiento, larga vida útil y mínimas paradas.



Capítulo 3

Situación de la empresa

En este capítulo se comentará el estado actual de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola de la empresa evaluada. Se presentará un análisis a la estructura organizacional, un análisis causa raíz del problema identificado en esta subárea.

3.1 Descripción general

A continuación, se presentará una breve descripción de la empresa, el sector al que pertenece y su ubicación. Posteriormente, se explicará el detalle de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola.

3.1.1 Descripción general de la empresa

La empresa analizada pertenece al sector agroindustrial, específicamente a la producción y exportación de semillas.

Se encuentra ubicada en la región de Piura, provincia de Piura y distrito de Tambogrande. El distrito de Tambogrande se ubica en el alto Piura, en el Valle de San Lorenzo, con una altitud de 70 m.s.n.m. Constituido principalmente por valles y dedicado a la producción agrícola. El área en la que se ubica la empresa presenta las siguientes características:

- La temperatura puede fluctuar entre 20°C y 34°C.
- Puede presentar precipitaciones pluviales intensas durante diciembre y abril, sobre todo durante eventos hidrometeorológicos extremos como El Niño.
- Proximidad a un canal y quebradas que permiten un abastecimiento de agua durante meses de precipitaciones pluviales y de reservorios durante el resto de los meses (IGP (Instituto Geofísico del Perú), 2022).
- Su ecosistema es el bosque seco, los que son capaces de amortiguar la alta temperatura y los fuertes vientos. Esto permite el desarrollo de actividades agropecuarias (Subías, y otros, 2005).

3.1.2 Descripción de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola

La subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola pertenece al área de Campo, que se encarga de las actividades agronómicas como riego, sanidad y preparación de suelo.

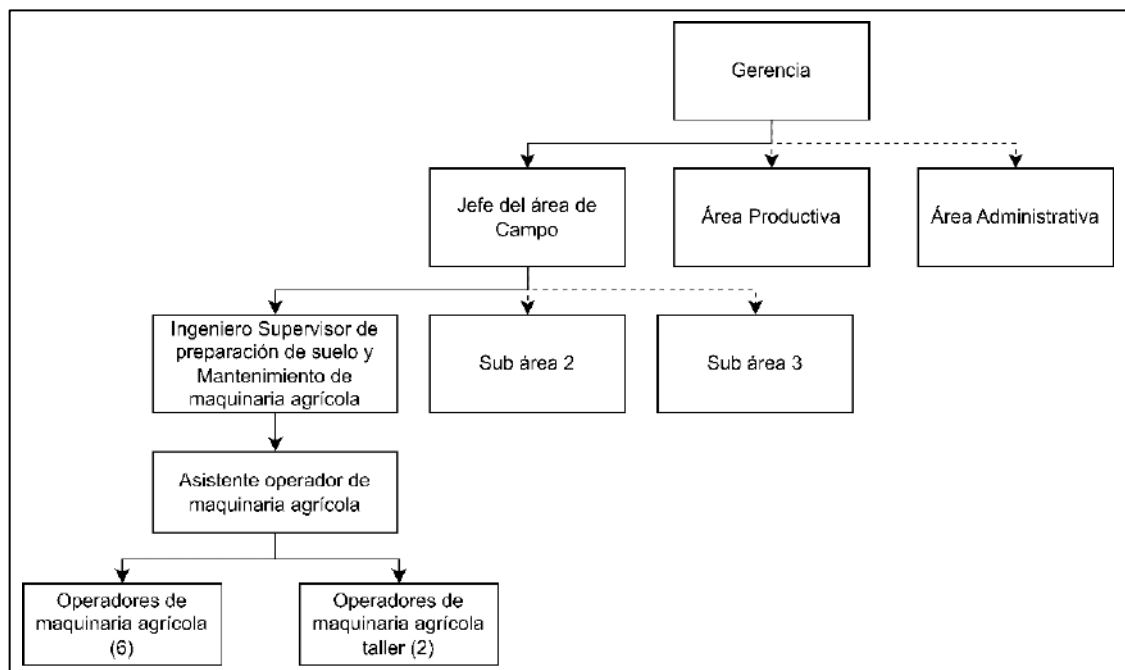
Esta subárea es responsable de la gestión de actividades de preparación de suelo con maquinaria agrícola como tractores e implementos y de su mantenimiento. Por lo tanto, cuentan con un taller de mantenimiento (área 70 m²), donde se ejecutan labores menores solicitadas por las otras áreas de la empresa, como pintura, soldadura, limpieza y reparaciones eléctricas básicas, y el mantenimiento de la maquinaria agrícola.

Inicialmente, el área de campo estaba centralizada en el jefe de área y en los últimos años, se han asignado a responsables de subáreas. En el caso de maquinaria, el asistente operador se limitaba a realizar mantenimientos básicos a los equipos.

Uno de los aspectos más importante de esta área son los tractores, debido a que todas las labores de preparación de campo son realizadas por los tractores y si estos fallan, no se podrá continuar con el ciclo agrícola proyectado. Por lo tanto, la disponibilidad de los tractores es de vital importancia para el cumplimiento de los objetivos del área y de toda la empresa.

El organigrama actual de la subárea es el siguiente:

Figura 2. Organigrama funcional de la subárea evaluada



Esta subárea está compuesta por:

- Jefe de campo es el encargado de asegurar una correcta gestión del mantenimiento y de presentar resultados ante la gerencia de la empresa.
- El ingeniero supervisor de preparación de suelo y mantenimiento de maquinaria agrícola, es el encargado de gestionar el mantenimiento de maquinaria agrícola. Asimismo, es el responsable de verificar que las labores se estén llevando a cabo eficientemente y que los operadores utilicen el EPP correspondiente.
- El asistente operador de maquinaria agrícola es el encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento y de supervisar a los operadores en las labores de campo con tractores. Asimismo, es responsable de asegurar que los operadores cumplan con las especificaciones de seguridad ocupacional y calidad de servicio.
- Los operadores de maquinaria agrícola de campo tienen un papel de soporte en las operaciones de mantenimiento de maquinaria agrícola, ejecutan labores de campo (manejar el tractor) y de mantener el orden y limpieza en el taller de mantenimiento.
- El operador de maquinaria agrícola de taller es el soporte en las actividades de mantenimiento, ejecuta labores como soldadura y soldadura, y son responsables de mantener el orden y limpieza en el taller de mantenimiento.

La matriz RASCI del área es la siguiente:

Tabla 1. Matriz RASCI

Tareas	Roles				
	Jefe de campo	Ingeniero supervisor de las actividades de preparación de suelo y mantenimiento de maquinaria agrícola	Asistente operador de maquinaria agrícola	Operador de maquinaria agrícola (campo)	Operador de maquinaria agrícola (taller)
	Empleado 1	Empleado 2	Empleado 3	Operador (6 personas)	Operador (2 personas)
Labores de campo	I	S	A	R	S
Mantenimiento de maquinaria agrícola	I	S	R		R
Gestión del mantenimiento	S	R			

Según Muñoz (2019), el significado de cada letra correspondiente a la matriz RASCI es el siguiente:

- R: responsable de la ejecución, es quien ejecuta una tarea. Su función es “hacer”. Lo más habitual es que exista sólo un encargado R por cada tarea.

- A: responsable del proceso en conjunto, es quien vela porque la tarea se cumpla, aún sin tener que ejecutarla en persona. Su función es “hacer que se haga”.
- S: apoyo, alguien que apoya un rol ejecutivo en un proceso, contribuyendo a la implementación de una tarea en un proceso. Bien podría ser un sustituto.
- C: consultado, persona que debe ser consultada para la realización de una tarea.
- I: informado, persona que debe ser informada de la realización de una tarea.

3.2 Descripción de las actividades de campo

La subárea es responsable de la supervisión de las labores de campo, que son ejecutadas empleando tractores e implementos. Inicialmente, la empresa contaba con cuatro tractores y veintitrés implementos, a lo largo de la implementación, fueron adquiridos dos tractores nuevos.

Cada implemento tiene un uso diferente, por lo tanto, cada uno es utilizando en una labor de campo diferente, algunos pueden adaptarse en su ajuste y configuración inicial según las condiciones del campo a preparar. Asimismo, algunos implementos se adaptan exclusivamente para ciertos tractores, ya sea por su potencia o por su enganche.

Algunas de las labores de campo que son ejecutadas con mayor frecuencia son:

- Gradeo: labor que emplea la rastra aradora para la preparación de terreno e incorporación de cultivos, malezas y materia orgánica al finalizar el periodo de cultivo.
- Subsulado: labor que emplea el subsolador para roturar el suelo, es decir, eliminar las capas de suelo compactadas por el paso de personas y maquinaria. De esta manera, aumenta el rendimiento agrícola.
- Traslado de materiales: labor que puede emplear la carreta agrícola o la cisterna. La carreta agrícola se utiliza para trasladar cajones, materiales de construcción y tachos de basura. La cisterna se utiliza para trasladar agua desde los reservorios a los tanques y para el rociado de caminos, así se evita la aspersión de tierra durante el movimiento de vehículos.
- Excavación: labor que emplea la pala retroexcavadora, es empleada para el retirado de arena para la instalación y reparación de tuberías en campo, y otras labores que requieran el traslado de tierra.

3.3 Análisis del mantenimiento

El mantenimiento de la maquinaria agrícola se lleva a cabo empleando los instructivos sugeridos en los manuales y en base a la experiencia del asistente operador. Los operadores de maquinaria agrícola se limitan a limpiar esporádicamente los tractores después de su operación.

No existe un registro del horómetro de la operación de los tractores ni de las actividades que se realizan. El control de horas se realiza manualmente mediante comunicación con el asistente, la planificación de las labores de campo se realiza en base a las proyecciones de siembra.

En el taller de mantenimiento se llevan a cabo labores como soldadura, pintura y reparaciones menores. No se tienen en cuenta las principales condiciones de seguridad, considerando el riesgo que implica la manipulación de aceites lubricantes en un lugar de riesgo de producción de chispas e incendio.

Para las actividades de mantenimiento, no se lleva una planificación, registro y control de su ejecución. Las actividades de mantenimiento de tractores a las 50 y 250 horas son ejecutadas por el asistente operador. Algunas actividades de mantenimiento de tractores a las 500 y 1000 horas son ejecutadas por la empresa proveedora de servicios de mantenimiento correspondiente a la marca del tractor.

Las actividades de mantenimiento de implementos son ejecutadas con una frecuencia esporádica y depende de su uso. Cada implemento es utilizado con una frecuencia variable, dependiendo de la demanda en campo.

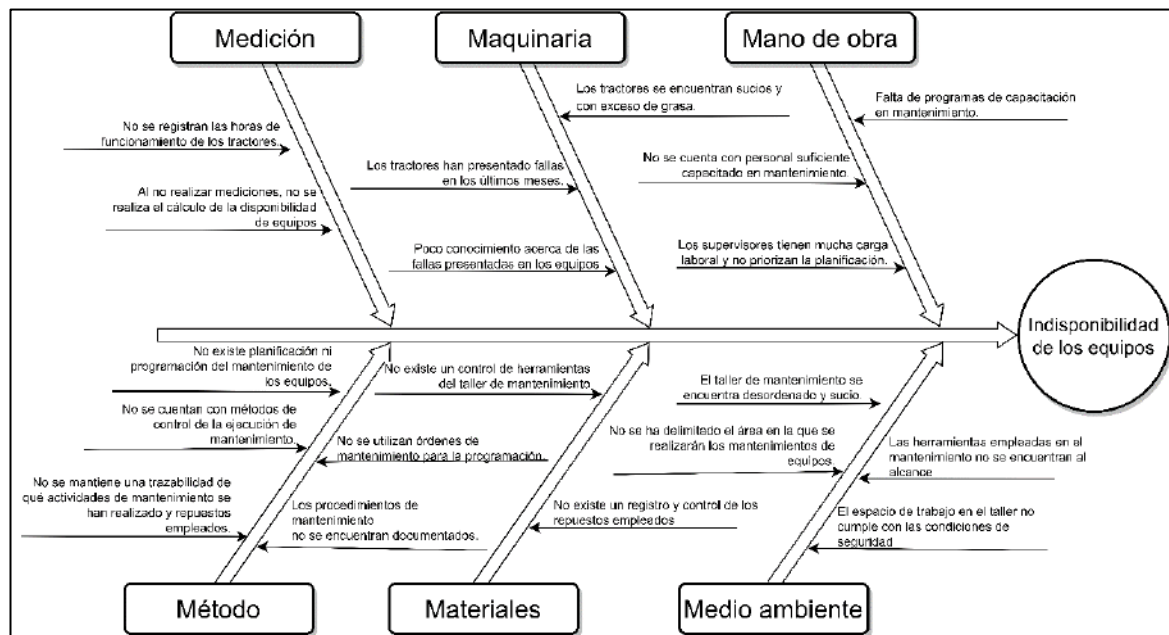
Los mantenimientos correctivos de los tractores son ejecutados por el asistente operador de maquinaria agrícola y en el caso requieran una reparación mayor, se solicita la reparación de proveedores de servicios de mantenimiento de tractores.

3.3.1 *Análisis del problema*

Mediante un diagnóstico, se detectó que, en los últimos años, la incidencia de paradas de funcionamiento de los tractores se había incrementado, originando una disminución en su disponibilidad, obligando a la habilitación de dos turnos de trabajo.

Empleando un diagrama de Ishikawa se identificaron las posibles causas del problema identificado. Desde seis puntos de vista: método, medio ambiente, maquinaria, mano de obra, medición y materiales.

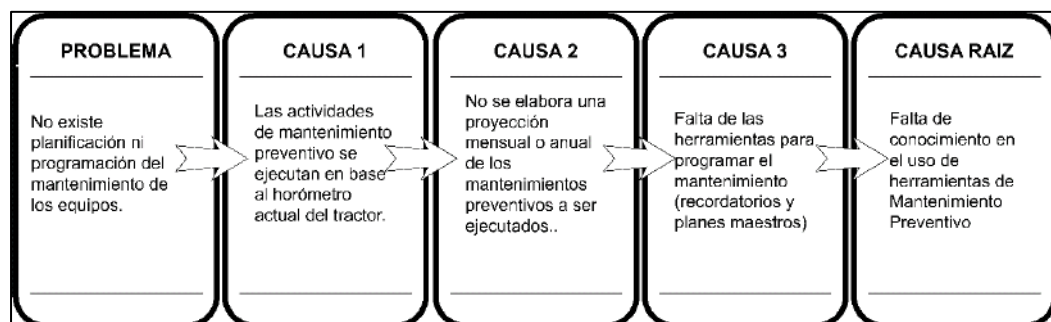
Figura 3. Diagrama de Ishikawa del problema identificado



Después de identificar las tres causas principales, se realizó el análisis de los 5 porqués:

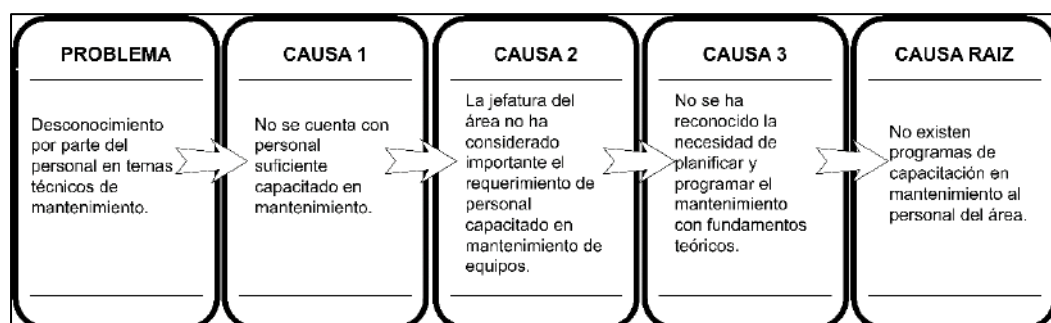
- No existe planificación ni programación del mantenimiento de los equipos:

Figura 4. Análisis de los 5 porqués del problema 1

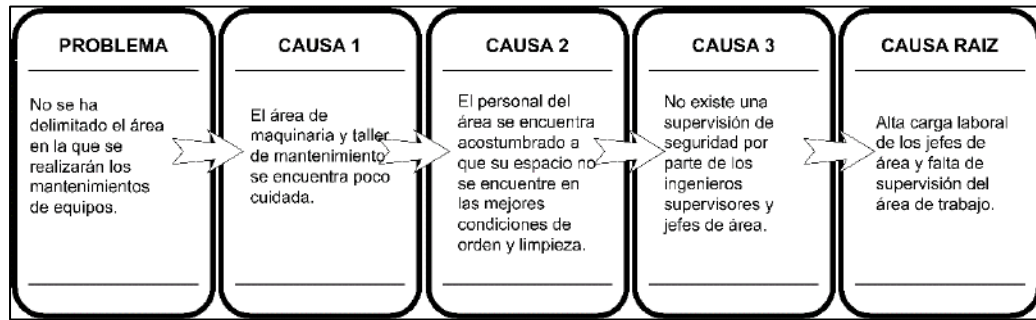


- Desconocimiento por parte del personal en temas técnicos de mantenimiento:

Figura 5. Análisis de los 5 porqués del problema 2



- No se ha delimitado el área en la que se realizarán los mantenimientos de equipos:

Figura 6. Análisis de los 5 porqués del problema 3

Antes de hallar posibles soluciones para los problemas principales, se ha empleado una matriz de priorización, en donde se deben definir los criterios de evaluación de estas soluciones y su ponderación correspondiente:

Tabla 2. Criterios de evaluación de propuestas de solución

Nombre del criterio	Detalle del criterio	Ponderación
Tiempo	Tiempo que tomará la implementación de la solución al problema. Su escala es decreciente, es decir, a mayor tiempo, menor puntuación.	20%
Costo	Hace referencia al costo de la implementación de la solución. Su escala es decreciente, es decir, a mayor costo, una menor puntuación.	20%
Factibilidad	Disponibilidad de recursos materiales y humanos para llevar a cabo la implementación de la solución. Su escala es creciente, a mayor disponibilidad, una mayor puntuación.	40%
Beneficios	Hace referencia a los beneficios que podrá obtener la empresa al aplicar la propuesta de solución. Ya sean beneficios a corto o largo plazo. Su escala es creciente, es decir, aquella solución que ofrece mayores beneficios potenciales recibe una mayor puntuación.	20%

Se asignará un puntaje desde el 1 al 4, siendo 4 la mayor puntuación y 1 la menor puntuación.

Tabla 3. Puntaje de calificación

Escala general	Nombre del criterio
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

Después de una lluvia de ideas con la subárea de maquinaria agrícola, se obtuvieron las siguientes soluciones:

1. Implementar un plan de Mantenimiento planeado a los tractores e implementos de la subárea de maquinaria agrícola.
2. Implementar un sistema que permita gestionar los mantenimientos preventivos y correctivos, para su planificación y programación.
3. Desarrollar programas de capacitación en Mantenimiento planeado y en Mantenimiento autónomo al asistente operador y operadores de maquinaria agrícola.
4. Realizar el requerimiento de personal para la contratación de un técnico en conocimientos en mantenimiento de tractores.
5. Implementar la metodología 5'S en el taller de mantenimiento, para mejorar las condiciones de orden, limpieza y seguridad.

Por último, en base a las soluciones propuestas y criterios definidos, se asignará una calificación para cada solución, empleando juicio de criterios, en el que participaron los jefes de área.

Tabla 4. Análisis de las soluciones propuestas

N°	Solución	Criterio 1:	Criterio 2:	Criterio 3:	Criterio 4:	Promedio
		Tiempo 20%	Costo 20%	Factibilidad 40%	Beneficios 20%	
1	Plan de Mantenimiento planeado	3	4	4	4	3,75
2	Sistema de gestión de mantenimientos preventivos y correctivos	2	3	4	4	3,25
3	Programas de capacitación en Mantenimiento planeado y Mantenimiento autónomo	2	2	2	4	2,50
4	Contratación de personal en Mantenimiento	2	1	2	4	2,25
5	Metodología 5'S en el taller de mantenimiento	4	3	4	3	3,50

Para asignar una calificación alta en el primer criterio, se ha tenido en cuenta el tiempo que se dispone para la implementación y cuánto tiempo tomaría su aplicación en el área. Para asignar una calificación alta en el segundo criterio, se ha tenido en cuenta el presupuesto asignado a la subárea de mantenimiento. Para asignar una calificación alta en el tercer criterio, se ha tenido en cuenta la probabilidad de ejecutar tal solución en el área de trabajo. Por último, para cuarto criterio se ha tenido en cuenta, la solución con la que se obtengan resultados con mayor rapidez.

Obteniendo que las soluciones a ser aplicadas en el corto y mediano plazo son la primera, segunda y quinta solución. Sin embargo, las otras dos soluciones deben ser

consideradas debido a que contemplan programas de capacitación y reclutamiento de personal especializado. Las soluciones escogidas señalan el diseño de un plan de mantenimiento planeado, que incluya mantenimientos preventivos y correctivos; y aplicar la metodología de 5'S en el taller de mantenimiento.





Capítulo 4

Metodología de la investigación

En este capítulo se presentará la explicación y justificación del problema. Se detallará el objetivo principal y los objetivos secundarios; la hipótesis propuesta al inicio de la investigación. Por último, se detallarán las herramientas y técnicas a ser utilizadas en la implementación.

4.1 Planteamiento del problema

Inicialmente, se realizó un análisis de la situación actual de la empresa, en la cual, en conjunto con los trabajadores del área e ingenieros supervisores, se pudo concluir cuál era el problema que podría ocasionar mayores consecuencias en la empresa.

El problema identificado fue el incremento del tiempo de inoperatividad de los tractores agrícolas y la escasa gestión del mantenimiento de maquinaria agrícola, y la ausencia de herramientas de calidad en las actividades de mantenimiento. Por lo tanto, se trata de un problema de indisponibilidad de los equipos. Si bien no se cuentan con registros de este tiempo de indisponibilidad, se establecieron métodos para su registro durante la implementación de las mejoras.

En el capítulo anterior, se presentó un análisis de la situación actual de la subárea, en el que se identificaron las causas raíz a través del análisis de causa raíz o diagrama de Ishikawa, análisis de los 5 porqués y, calificación y ponderación de soluciones propuestas.

4.2 Objetivos

A continuación, se presentará el objetivo general de la investigación y los objetivos específicos, que a lo largo de los próximos capítulos serán desarrollados.

4.2.1 Objetivo general

El objetivo de la investigación es la implementación de la metodología 5'S y el pilar de TPM de Mantenimiento Planeado para mejorar el tiempo de disponibilidad de la maquinaria agrícola en una empresa agroindustrial de la región Piura.

4.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar un diagnóstico a la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola de la empresa tratada.
- Elaborar un plan de capacitación en la metodología 5'S y Mantenimiento planeado empleando una matriz de habilidades.
- Aplicar la Metodología de 5'S en el taller de mantenimiento de una empresa agroindustrial de la región Piura.
- Mejorar las condiciones de seguridad en el taller de mantenimiento y en la operación de los tractores agrícolas.
- Aplicar la teoría del pilar de Mantenimiento Planeado del Mantenimiento Productivo Total, en la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola de una empresa agroindustrial de la región Piura.
- Establecer métodos digitales de registro de datos de mantenimiento de equipos y actividades, empleando los recursos disponibles en la empresa.
- Realizar la medición del indicador de disponibilidad de los tractores agrícolas, antes y después de la implementación del Mantenimiento Planeado.
- Elaboración de diagramas de operaciones de las labores de campo que son llevadas a cabo por los tractores y los implementos; donde se establezcan tiempos estándares.
- Mediante la aplicación de un pilar de TPM, validar la relación entre las barreras y facilitadores presentes en la implementación de TPM en una empresa real.

4.3 Justificación de la investigación

Es elemental para la empresa contar con tractores en buen estado que brinden oportunamente el servicio de preparación de suelo para que las actividades de siembra y cosecha se lleven a cabo en las fechas planificadas. Considerando que el principal indicador para la empresa es el tiempo; aquí se realza la importancia de contar con alta disponibilidad de maquinaria agrícola.

La aplicación de la metodología 5'S se justifica en la mejora de condiciones de trabajo del personal de mantenimiento. En el que se establezca el orden y la limpieza como un estándar y se genere disciplina. Se justifica en que un espacio de trabajo óptimo y seguro generará motivación al personal, un interés por aprender sobre nuevos temas y por realizar sus actividades eficientemente.

Según Visco (2016), la implementación de esta metodología en una organización se justifica en los beneficios que se obtendrán tras su aplicación. Entre los principales beneficios

que se esperan obtener se encuentra la reducción de la duración de las actividades, ya sea al disponer de las herramientas al alcance y al ubicar los equipos en el lugar adecuado. Asimismo, permite aumentar la confiabilidad de los equipos, en consecuencia, nos permitirá alcanzar el objetivo de mejora de la disponibilidad.

También permitirá mejorar la seguridad del trabajador en la ejecución de sus actividades, uno de los objetivos señalados y sentará las bases para una cultura de mejora continua en la subárea de aplicación y el resto de la empresa.

Como se indicó previamente, la subárea brinda el servicio de preparación de terreno al resto de áreas, por lo tanto, es de vital importancia que los tractores, que proporcionan un servicio fundamental, no detengan su función dentro de los parámetros establecidos. Sin embargo, es inevitable que aparezcan contingencias o fallas en el servicio. Con este análisis, se justifica la importancia de establecer un sistema de Mantenimiento planeado, en el que se realice un análisis al equipo y permita localizar las partes que están ocasionando fallas y su indisponibilidad (Dounce, 2014).

Por lo tanto, la aplicación del mantenimiento planeado en la maquinaria agrícola se justifica en la mejora de las condiciones de los equipos y la optimización de la disponibilidad de los equipos. Asimismo, permitirá la anticipación a las fallas a través de la revisión e inspección periódica; también facilitará el trabajo mediante la mejora de métodos de mantenimiento y su programación; y la mejora en la utilización de la mano de obra, a través de la capacitación al personal y supervisión al personal.

Por último, implementar mantenimiento planeado junto con el registro digital de los datos, permitirá planificar las actividades de mantenimiento y establecer un orden en la programación diaria (Manzini, Regattieri, Pham, & Ferrari, 2010). Sin embargo, también implicará una mejora en los procesos, tanto en el área de Campo, como en el área administrativa, pues implica crear una organización bien estructurada, en el control, planificación y organización del mantenimiento.

4.4 Hipótesis de la investigación

En este punto se mencionarán las hipótesis consideradas en la investigación:

- Calidad:
 - La metodología 5'S y el mantenimiento planeado serán aplicados en la empresa teniendo en cuenta los procesos previamente definidos, la documentación será elaborada en base a los formatos aprobados.
- Técnicos:
 - Mediante la metodología 5'S se eliminarán los elementos innecesarios del espacio de trabajo (taller de mantenimiento de maquinaria agrícola). Asimismo, se alcanzará un aprovechamiento del espacio de trabajo en un 100%, y al menos el

80% del espacio de trabajo del taller de mantenimiento será considerado en el programa de orden y limpieza.

- Al menos el 80% del personal de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola recibirá capacitación en la metodología 5'S y en mantenimiento planeado.
- El 100% de la maquinaria agrícola será considerado en el Plan de Mantenimiento planeado elaborado.
- El uso de las herramientas tecnológicas disponibles permitirá un mejor registro y uso de la información de mantenimiento de maquinaria agrícola.
- Después de la implementación se espera obtener una mejora de la disponibilidad de los tractores agrícolas.
- Sostenibilidad:
 - El uso posterior de las metodologías aplicadas generará disciplina en el orden y limpieza, y crearán una cultura de mejora continua dentro de la subárea.

4.5 Herramientas y/o técnicas empleadas

En la implementación y la investigación realizada se han empleado las siguientes herramientas y técnicas:

4.5.1 Metodología de análisis del problema

En el capítulo 3 se presentó un análisis de la situación actual de la empresa y de los problemas identificados en el área. Se realizó un análisis de las causas para poder hallar soluciones a los problemas identificados. Las siguientes pautas permitirán identificar la causa o causas que generan eventos no conformes que afectan al proceso: identificar al problema, definir el problema, entender el problema, identificar la causa raíz, realizar la acción correctiva y monitorear el sistema (Ovalles, Gisbert, & Pérez, 2017).

4.5.1.1 Diagrama de Ishikawa. Es una de las herramientas de calidad que permite examinar los elementos que intervienen en la calidad de un producto o servicio, a través de la interacción de causa y efecto (Burgasí, Cobo, Pérez, Pilacuan, & María, 2021). En la parte derecha del diagrama se indica el problema a resolver y desde una línea central parten las posibles causas del problema y de estas otras más específicas. Se pueden seleccionar las causas principales y aplicar la técnica de los 5 porqués para profundizar en su causa raíz (Nuño, 2017).

4.5.1.2 Técnica de los 5 porqués. Práctica de preguntar 5 veces por qué un evento ha ocurrido, para conocer la causa o las causas raíz del problema, registrar los resultados. Tanto esta técnica como la previamente indicada, se pueden llevar a cabo a través de una lluvia de ideas (Ovalles, Gisbert, & Pérez, 2017).

4.5.1.3 Matriz de priorización. Herramienta empleada para realizar una decisión en base a prioridades y criterios de ponderación previamente definidos (Villar, Gómez, & Tejero, 1997). Para elaborar una matriz de priorización, se deberá definir un objetivo, y escoger las opciones a priorizar (actividades o soluciones), establecer los criterios, los pesos ponderados de los criterios y asignar una calificación a cada solución (Betancourt, 2018).

4.5.1.4 Draw.io. Herramienta de creación y edición de diagramas gratuita, de interfaz muy intuitiva y de fácil acceso. Cuenta con complementos para la creación de organigramas, mapas conceptuales, entre otros (Silva, 2022). Fue empleado para la elaboración de los gráficos creados en el análisis del problema.

4.5.2 Metodología de diseño de procesos

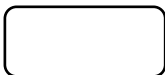
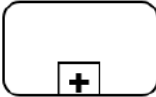
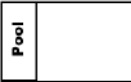
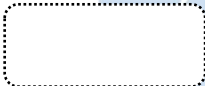
Para el diseño de los procesos en la subárea se aplicó un enfoque basado en procesos, que centra la atención en los resultados de las operaciones y la satisfacción del cliente. Por lo tanto, se relaciona directamente con la calidad, aquí se destaca la importancia de la estandarización y la documentación de los procesos. Por lo tanto, como parte de la implementación, se realizó la documentación de los procesos y operaciones de las labores de campo considerando las prácticas propuestas por el Business Process Management.

Por cada proceso y procedimiento identificados, se ha elaborado un instructivo, el que contiene información como: objetivo, alcance y responsabilidades, definiciones y siglas, descripción, recursos (ambiente de trabajo, equipos y materiales), descripción de las actividades, comentarios y el diagrama de procesos.

4.5.2.1 Business Process Management. Enfoque sistémico y estructurado para analizar, mejorar, controlar y gestionar los procesos de una empresa, con el objetivo de mejorar la calidad de sus productos y servicios. Introduce el concepto de procesos de negocio, que son activos de la organización fundamentales para crear valor para los clientes (Chang, 2006). Para la elaboración de diagramas de procesos, se empleó la notación BPMN. Asimismo, el BPM abarca todas las prácticas de análisis y gestión, enfocadas en la mejora de la eficiencia y eficacia de los servicios que producen valor (Hitpass, 2017).

4.5.2.2 Business Process Management Notation. Notación empleada para modelar procesos. Emplea objetos de flujo, que son elementos gráficos para representar actividades, bajo condiciones o *gateways*, y eventos. Estos objetos se conectan mediante flujos de secuencia dentro de un *lane* (representa un rol dentro de un proceso); en el caso que requiera una conexión entre dos o más *lanes*, se utilizan flujos de mensaje (Freund, Rucker, & Hitpass, 2014).

Tabla 5. Objetos de flujo de BPMN

Nombre	Figura	Significado
Actividades		Acción de un objeto. Se denominan con un verbo y un sustantivo.
Subprocesos		Conjunto de actividades incluidas dentro de un proceso.
Compuertas		Representa una decisión, actividades realizadas de forma paralela o excluyente.
Eventos		Indican el inicio fin del proceso y que algo significativo ha ocurrido de forma intermedia durante el proceso.
Objetos conectores		Describen la secuencia temporal y lógica de los elementos.
Lane		Representa un rol dentro de un proceso, se comportan como contenedores de objetos.
Pool		Representa actores externos al proceso. Dentro de este se colocan objetos.
Grupos		Se utilizan para agrupar actividades para mejorar la visibilidad en la documentación.

Nota. Adaptado de la teoría presentada en (Freund, Rucker, & Hitpass, 2014)

4.5.2.4 Microsoft Visio. Para la elaboración del diagrama de procesos, se ha empleado Microsoft Visio. Es una herramienta empresarial, que permite crear diagramas de diversos tipos: diagramas de flujo, mapas de procesos, organigramas, *layouts* de distribución en planta, etc. Adicionalmente, permite la conexión con fuentes de datos externas y la publicación de resultados en Microsoft SharePoint (Helmerts, 2015). Esta herramienta se empleó para elaborar los diagramas de flujo y *layout* del taller de mantenimiento.

4.5.3 Metodología del diseño y creación de una aplicación móvil

En la implementación, se realizó el diseño y creación de una aplicación móvil empleando Power Apps. Esta herramienta permite la rápida creación de formularios de fácil acceso mediante el dispositivo móvil, por lo tanto, para su creación se aplicaron herramientas de la metodología ágil.

4.5.3.1 Metodología Agile. Metodologías o formas de trabajo que permiten un rápido desarrollo tecnológico, poniendo énfasis en la satisfacción del cliente y en la entrega rápida de un software, prestando gran importancia al análisis, desarrollo y a la comunicación entre los creadores, clientes y usuarios (Pressman, 2010). La implementación se dividió en cuatro etapas propuestas por la metodología Agile, aplicadas según el entorno de la investigación:

- **Planeación:** en esta etapa se identificó la necesidad de la creación de una aplicación, sus funcionalidades y cómo se adecuará a las labores del usuario.
- **Diseño:** en esta etapa se definieron las funcionalidades de la aplicación y el diseño de la interfaz de usuario.
- **Codificación:** en esta etapa se crearon los archivos en donde se registrarán los datos (hojas de cálculo de Excel y listas de SharePoint) y se elaboró la aplicación en Power Apps.
- **Pruebas:** en esta etapa se realizaron pruebas de funcionamiento con usuarios reales de la aplicación. El objetivo es identificar qué aspectos pueden mejorarse y realizar estas mejoras inmediatamente.

4.5.3.2 Office 365. Paquete de herramientas empresariales que permite la organización y almacenamiento de archivos de forma segura. facilita el trabajo sincronizado y la integración de diversas áreas. Incluye aplicaciones básicas como PowerPoint, Word y Excel; aplicaciones de mensajería y llamadas como Outlook y Teams; aplicaciones de intranet como SharePoint, aplicaciones de almacenamiento y acceso a documentos como OneDrive, Microsoft Lists y Forms; herramientas de administración del trabajo y automatización de procesos como Planner, Power Apps, Power Automate y To Do (Microsoft, s.f.).

4.5.3.3 Power Apps. Plataforma que proporciona un entorno de creación de aplicaciones personalizadas ágil, que cubran las necesidades empresariales. Estas pueden conectarse rápidamente a orígenes de datos almacenados en la nube como SharePoint, Microsoft 365, SQL Server. Las aplicaciones creadas tienen un diseño dinámico y pueden ejecutarse en móviles como en ordenadores (Microsoft, 2022).

4.5.3.4 Power Automate. Herramienta que permite la creación de flujos de automatización de procesos, a través del ahorro de tiempo al automatizar tareas manuales repetitivas. Asimismo, permite la integración de diversos servicios de Office 365. Se empleó esta herramienta para la creación de recordatorios.

4.5.4 Metodología para la creación de un plan de capacitación

En la implementación se desarrollaron una serie de capacitaciones al personal, operadores de maquinaria agrícola e ingenieros supervisores. Un plan de capacitación permite fomentar el desarrollo del personal y definir los puntos clave a ser considerados:

- Detectar las necesidades de capacitación: se deben reconocer los conocimientos y habilidades actuales, de esta manera, se podrán definir qué aspectos deberán ser abarcados en el plan de capacitación (Arreola, s.f.).
- Después de definir los temas que serán tratados, se podrá establecer un objetivo a corto, mediano y largo plazo.
- El plan de capacitación debe incluir: personal a ser capacitado, técnicas a emplear, cronograma y horario, temas y material a emplear (Esan, 2016).
- Ejecutar las capacitaciones y prestar atención al desempeño y motivación del personal.
- Finalmente, la evaluación de los resultados del plan de capacitación, en la que se determine si es que se han alcanzado los objetivos planteados al inicio.

4.5.4.1 Matriz de competencias. Herramienta empleada para definir las competencias que requerimos desarrollar para cada personal interesado. Para completar esta matriz se deben indicar las competencias que se requieren alcanzar, cuál es el nivel requerido y el alcanzado al final de la ejecución del plan de capacitación; por lo tanto, se realizará una evaluación inicial y al finalizar la capacitación. La calificación se clasifica en cinco niveles:

Tabla 6. Descripción de calificación

Calificación	Descripción de nivel
0	No cumple
1	Sabe
2	Sabe y aplica
3	Sabe, Aplica y Mejora
4	Sabe, Aplica, Mejora y Enseña

Se realizaron preguntas al personal de la subárea (9 personas al inicio de la implementación), para conocer su nivel de conocimiento inicial en los principales temas considerados en el plan de capacitación:

- ¿Considera que el área del taller de mantenimiento se encuentra ordenada y limpia?
- En su experiencia laboral previa, ¿ha estado presente en una implementación de 5'S (técnicas de orden y limpieza)?
- ¿Ha recibido capacitaciones en 5'S?
- En su experiencia laboral previa, ¿ha estado presente en una implementación de mantenimiento planeado?
- ¿Ha recibido capacitaciones en mantenimiento planeado?

Capítulo 5

Desarrollo de implementación de metodología 5'S y Mantenimiento planeado

En el presente capítulo se explicará la estrategia propuesta y aplicada tanto para la implementación de la metodología 5'S como para el mantenimiento planeado. Para la primera implementación, se presentará la estructuración del proyecto, cronograma, recursos, el detalle de cada etapa y el análisis de los resultados e indicadores hallados. Para la segunda implementación, se presenta la aplicación del mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo a la maquinaria agrícola y el uso de las herramientas digitales desarrolladas.

5.1 Estrategia e implementación de metodología 5'S

La estrategia de la metodología 5'S inició con la propuesta del proyecto a las jefaturas de área. La propuesta está compuesta por un *Project Charter* y un cronograma de actividades.

5.1.1 Matriz de competencias

Previo al inicio de la implementación, se realizaron preguntas al personal de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola para conocer su nivel de conocimiento de sobre la metodología 5'S. Los resultados de las encuestas se han plasmado en el Apéndice A. Esto permitió elaborar la matriz de competencias, compuesta por seis categorías, con las siguientes competencias:

Tabla 7. Categorías y competencia para la implementación de la Metodología 5'S

Categoría	Competencias	Pilar
Conceptos Básicos	Desperdicios.	5'S
	Metodología de 5'S.	5'S
	Beneficios de la Metodología 5'S.	5'S
Primera fase	Comprende el concepto de Seleccionar.	1S
	Etapas que componen a la fase de Seleccionar.	1S
	Técnica para completar las etiquetas rojas.	1S

Categoría	Competencias	Pilar
Segunda fase	Comprende el concepto de Ordenar.	2S
	Reconocer la mejor distribución de elementos.	2S
	Poner en práctica y mantener el orden de los elementos.	2S
Tercera fase	Comprende el concepto de Limpieza.	3S
	Reconoce fuentes de suciedad.	3S
	Aplica correctamente el concepto de auto cuidado del espacio de trabajo y sigue los estándares de limpieza.	3S
Cuarta fase	Comprende el concepto de Estandarizar.	4S
	Comprende los estándares de orden y limpieza.	4S
	Es capaz de llevar a cabo una auditoría y emplear la plantilla.	4S
Quinta fase	Comprende el concepto de Seguimiento.	5S
	Trabaja permanentemente de acuerdo con las normas establecidas y se ha convertido en un hábito de orden y limpieza.	5S

La matriz de competencias se muestra en el Apéndice B. Al conocer las competencias que se desean obtener y cuál es el nivel requerido para cada rol, se elaboró el plan de capacitación, el cual fue presentado con el *Project Charter* a jefaturas.

5.1.2 Propuesta

Se elaboró una propuesta del proyecto de la metodología 5'S a través de un *Project Charter*, el cual está compuesto por:

- Nombre del proyecto: Aplicación de 5'S en la subárea Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola.
- Nombre del área: Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola.
- Roles y sus responsabilidades:
 - Líder: responsable de la coordinación de las actividades, de entregar presentables del proyecto, asegurar la correcta ejecución de las actividades encargadas por el facilitador y de representar al grupo en las reuniones.
 - Facilitador: responsable de capacitar a los equipos y asegurar la disponibilidad del material requerido para la implementación.
 - Miembro: responsables de ejecutar las actividades solicitadas por el líder y facilitador, y de participar activamente de las capacitaciones.
- Principales retos:
 - Lograr que en las charlas de capacitación (15 minutos) participen activamente todos los integrantes del equipo.

- Disponer de los materiales solicitados para la aplicación de las 5'S.
- Lograr que se mantenga el orden y limpieza por establecer en cada fase de las 5'S.
- Objetivos del proyecto:
 - Capacitar al personal en la metodología de 5'S.
 - Ordenar el área de mantenimiento y eliminar desperdicios del taller de mantenimiento.
 - Delimitar áreas específicas para estacionar los equipos (tractores, implementos y *sprayers*).
 - Establecer un estándar de limpieza y realizar un seguimiento de su cumplimiento.
- Beneficios esperados después del proyecto:
 - Liberar espacio útil en el taller de mantenimiento.
 - Aumento de seguridad en el área de trabajo y reducción de accidentes laborales.
 - Facilidad y agilidad para acceder a las herramientas y equipos.
 - Reducción de tiempos de trabajo y aumento de productividad.
 - Incluir a la limpieza dentro de los procedimientos de inspección y tareas diarias.
 - Incremento de la durabilidad de equipos.
 - Adoptar la limpieza como una tarea habitual.
- Puntos críticos para la satisfacción del cliente:
 - Disponibilidad del personal y equipos en el momento que se requieren para su operación en campo.
 - Falta de herramientas e insumos para el mantenimiento de los equipos.
 - Horas de trabajo del personal de mantenimiento y de maquinaria agrícola.
- Aspectos dentro del alcance del proyecto.
 - Disposición de las herramientas y equipos dentro y fuera del taller.
 - Limpieza del taller de mantenimiento.
- Aspectos fuera del alcance del proyecto.
 - Realizar capacitaciones de larga duración.
 - Implicar a personal de otras áreas en la aplicación de 5'S (lo cual es sugerido por la bibliografía).

Este documento cuenta con otros puntos a considerar, la plantilla utilizada se puede encontrar en el Apéndice C.

Adicionalmente, se incluyó el cronograma del proyecto o diagrama de Gantt, en este se incluirá el nombre de la actividad, la persona o personas a cargo, la fecha de inicio, fin y duración de la ejecución de la actividad. El detalle de las actividades y las personas a cargo se presenta a continuación:

Tabla 8. Cronograma: Actividades y sus roles a cargo

N°	Actividad	A cargo
1	Charla 1 (introducción y formación de equipo)	Todo el equipo
2	Análisis de situación actual (auditoría inicial)	Facilitador y líder de proyecto
3	Charla 2 (introducción)	Todo el equipo
4	Charla 3 (Primera fase: Seleccionar)	Grupo de taller de mantenimiento
5	Charla 3 (Primera fase: Seleccionar)	Grupo de maquinaria
6	Evento de etiquetado 5S	Todo el equipo
7	Charla 4 (Segunda fase: Orden)	Todo el equipo
8	Pintado de suelo	Todo el equipo
9	Colocar cintas	Todo el equipo
10	Delimitar área de equipos (Tractores e implementos)	Todo el equipo
11	Contrucción de panel de herramientas	Todo el equipo
12	Charla 5 (Tercera fase: Limpieza)	Todo el equipo
13	Charla 6 (Tercera fase: Limpieza)	Todo el equipo
14	Evento de limpieza	Todo el equipo
15	Charla 7 (Cuarta fase: Estandarizar)	Todo el equipo
16	Primera auditoría	Facilitador y líder de proyecto
17	Charla 8 (Quinta fase: Disciplina)	Todo el equipo

Por último, se cuenta con una lista de materiales que fueron solicitados al área de compras para ser empleados en la implementación. Es de vital importancia contar con estos materiales previo al inicio de cada fase de implementación, debido a que su falta puede ocasionar retrasos.

- Panel de herramientas o *pegboard* (plancha de metal o madera con agujeros circulares, bloques de madera, tarugos) y agarraderas.
- Pintura para tráfico de color: amarillo, verde y azul.
- Brocha.
- Cinta vinil de color: amarillo con negro, azul, negro y blanco.
- Plumones indelebles color negro.
- Etiquetas color blanco.
- Tijeras.

5.1.3 Fichas de registro empleadas

5.1.3.1 Ficha de registro de conformación de grupos. Para la conformación de los equipos se empleó una ficha de registro de proyectos. En la que se indica el nombre del equipo, su área, la fecha, nombre de las personas que conforman el equipo, su rol (líder, miembro y facilitador), su correo electrónico, celular y firma. El modelo de la ficha de registro empleada se presenta en el Apéndice D.

5.1.3.2 Ficha de registro de participación. Para cada capacitación o reunión realizada durante la implementación, se elaboró una ficha de agenda de reunión o registro de participación. En la cual se definen los objetivos de cada reunión, los nombres de los miembros, la fecha, hora, lugar de capacitación y materiales a utilizar durante la actividad; la agenda de la reunión, que abarca el detalle de las actividades a ejecutar y su hora. Por último, los acuerdos, que son actividades que deben ejecutarse hasta la próxima reunión o charla. El modelo de la ficha de registro empleada se presenta en el Apéndice E.

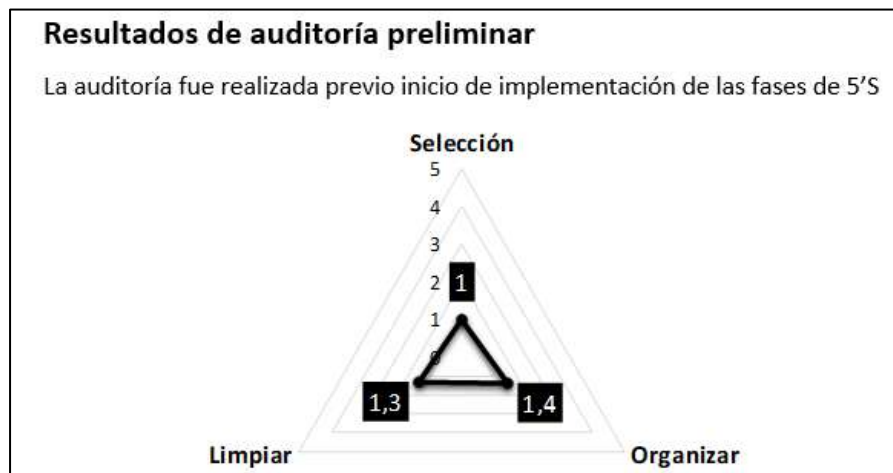
5.1.3.3 Reporte de actividades. Después cada reunión y para un control interno de los líderes de grupo y el facilitador, se registró en un formato las actividades pendientes: indicando su detalle, categoría (Selección, Organización, Limpieza o Mejora), se recomienda clasificarlas según el tiempo requerido para su ejecución, corto plazo (1-2 semanas), mediano plazo (3-4 semanas) o largo plazo (1-2 meses); y su estatus (iniciado, en proceso o finalizado). El modelo de la ficha de registro empleada se presenta en el Apéndice F.

5.1.3.4 Plantilla de auditorías. En la cuarta fase de la implementación, se ejecutarán auditorías para medir el grado de avance de la implementación. Esta plantilla está dividida en 5 secciones y con un total de 25 preguntas, a cada una se le asignará una puntuación del 1 al 5, con un comentario. Cada puntuación está basada en el número de inconformidades halladas en la auditoría. La plantilla de auditorías y la tabla de su estatus y puntuación se presenta en el Apéndice G.

5.1.3.5 Papelógrafo de ideas. En una cartulina grande se colocarán notas adhesivas de colores con ideas o preguntas que no pudieron ser tratadas en la reunión o que aspectos en que la explicación no fue completada y deberían ser consideradas para la próxima reunión.

5.1.4 Situación inicial del taller de mantenimiento

Previo al inicio de la implementación de la metodología 5'S, se realizó una auditoría, en la que se evaluaron solo las 3 primeras secciones de la plantilla de auditorías de 5'S. Asimismo, se registraron fotos para plasmar la situación inicial. Se ha elaborado un gráfico radial con la puntuación obtenida en los tres primeros criterios. En el Apéndice R, se presenta una galería fotográfica del taller de mantenimiento, en la que se compara el estado antes y después de la implementación.

Figura 7. Resultados de la primera auditoría de la Metodología 5'S

5.1.5 Primera charla y conformación de los grupos

La implementación inició con una charla en la que se presentó una introducción a la metodología 5'S. Se trataron puntos como: qué son los desperdicios y sus tipos; qué es la Metodología 5'S y cómo apoyará a la disminución de los desperdicios.

El área física se conforma por dos ambientes: el primero es el taller de mantenimiento y el segundo es el estacionamiento de tractores e implementos. Por lo tanto, se conformaron dos grupos y que cada uno escoja un nombre al equipo.

El primer grupo compuesto por personal que trabaja en el taller de mantenimiento y serán responsables de las actividades de limpieza de este ambiente, el líder de este grupo será el asistente operador de maquinaria agrícola. El segundo grupo compuesto por operadores de maquinaria agrícola, que se enfocarán en la limpieza del espacio de estacionamiento de tractores e implementos, el líder de este grupo será el operador con mayor experiencia.

5.1.6 Primera fase de implementación

El objetivo de la primera fase de implementación es identificar, clasificar, separar y eliminar del puesto de trabajo los materiales innecesarios, conservando solamente los necesarios; esto se realizará en el “Evento de etiquetas rojas”.

Se capacitó al personal en los objetivos, beneficios y pasos de la primera fase de implementación. Se hizo énfasis en explicar el uso de las etiquetas rojas y durante la capacitación se entregaron ejemplares de las etiquetas rojas y se presentaron ejercicios de aplicación real. En conjunto con la jefatura, se estableció la fecha y hora del evento.

Previo al evento de etiquetas rojas se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Crear el diseño de etiquetas rojas, en la cual se deben presentar los siguientes datos, la plantilla de una etiqueta roja se presenta en el Apéndice H.
 - Fecha de registro de la etiqueta roja.

- Descripción del ítem de la etiqueta roja y su cantidad.
 - Nombre de la persona que está registrando la etiqueta.
 - Categoría del ítem: accesorios o herramientas, cubetas o recipientes, equipos de oficina, instrumento de medición, librería o papelería, maquinaria, materia prima, material de empaque, producto terminado, producto en proceso, repuestos u otro.
 - Razón por la cual está siendo etiquetado: ítem contaminante, defectuoso, no ha sido utilizado en el último año, no se necesita, de uso desconocido, descompuesto, es un desperdicio, de dueño desconocido, porque no se necesita pronto u otra razón.
 - Acción correctiva: descartar, reparar, mantener, regalar, vender, trasladar a otra área y su responsable, u otra razón.
- Disponer de los materiales requeridos para el evento:
 - 50 hojas rosadas; se imprimirán 3 etiquetas por hoja. A cada etiqueta se le asignará una codificación o valor único.
 - Un rollo de cinta de cola de ratón; cada etiqueta se va a perforar y se colocará una cinta de cola de ratón, esta permitirá unir el elemento con la etiqueta.
 - Tres tachos de basura para colocar metales, plásticos y cartones.
 - Lapiceros que serán entregados a cada integrante del equipo.
 - Caja de cartón para contener las etiquetas vacías.
 - Cartel para nombrar al área de Etiquetas rojas.
 - Notificar y comunicar a los integrantes del grupo sobre la fecha y hora del evento. Asimismo, se sugiere enviar estos datos vía correo electrónico al resto de la empresa, para que tengan conocimiento de la indisponibilidad del personal y el taller de mantenimiento.
 - Trasladar los materiales requeridos al taller de mantenimiento, colocar los tachos de basura en la posición determinada y colocar cartel que identifica el área de etiquetas rojas.

5.1.6.1 Evento de etiquetas rojas. La primera actividad a realizar una charla de una duración máxima de 5 minutos en la que se recordará a los trabajadores de los beneficios de la fase de implementación de 5'S y de los pasos para el etiquetado:

- 1) Identificar elementos innecesarios, serán considerados como elementos innecesarios aquellos elementos que no se han utilizado en el último mes. Aquellos elementos necesarios no serán considerados para este análisis. Se debe recorrer toda el área, abrir todos los escritorios, revisar estantes.
- 2) Clasificar elementos innecesarios, se han considerado tres categorías: basura, artículos que no son utilizados y artículos que son usados con baja frecuencia.

- 3) Descartar: aquellos elementos de la categoría 1 (Basura) serán descartados y colocados en los tachos de basura (papel y cartón, plásticos y metales). Asimismo, se debe llevar un control de los elementos que están siendo removidos o descartados.
- 4) Etiquetar: a aquellos elementos de la categoría 2 y 3 se les colocará etiquetas rojas. Los elementos de la categoría 2 serán trasladados al área de etiquetas rojas. Los elementos de la categoría 3 serán colocados en un lugar distinto para ordenarlos en la posterioridad.
- 5) Tomar fotos del área después de haber retirado los elementos innecesarios, del área de etiquetas rojas y del grupo frente a los elementos que han sido retirados. Reunir a los grupos para discutir ideas y lecciones aprendidas. Con esta última actividad se cierra el evento de etiquetado. Posteriormente, compartir las fotos en la carpeta de SharePoint.
- 6) Registro de las etiquetas rojas en una plantilla de Excel. Esto permitirá llevar un control de aquellas etiquetas que han sido colocadas en los equipos o herramientas. De esta manera, se creará el registro de etiquetas rojas, en este formato se colocará toda la información respectiva a cada etiqueta roja y se colocarán las acciones correctivas por cada etiqueta, ver Apéndice I para visualizar la plantilla de este registro.
- 7) Evaluación de los objetos seleccionados: Decidir qué hacer con los objetos ubicados en el área de etiquetas rojas: si serán descartados, transferidos a otra área, regalados, vendidos o reparados. Se desarrolló un procedimiento para remover estos materiales y su ejecución, este es presentado en el Apéndice J.

El evento de etiquetas rojas tuvo una duración de 2 horas; 38 objetos fueron etiquetados y clasificados como innecesarios, en categorías como accesorios o herramientas, repuestos, maquinaria, chatarra, equipos de oficina e instrumentos de medición. En un plazo máximo de una semana fueron descartados, trasladados al almacén de maquinaria o reparados.

5.1.7 Segunda fase de implementación

El objetivo de esta etapa es establecer la manera en que los materiales necesarios deberán ubicarse e identificarse para ser usados y repuestos fácilmente. Se tendrán dos criterios para el ordenamiento de equipos y herramientas: localización inmediata y riesgo de accidente.

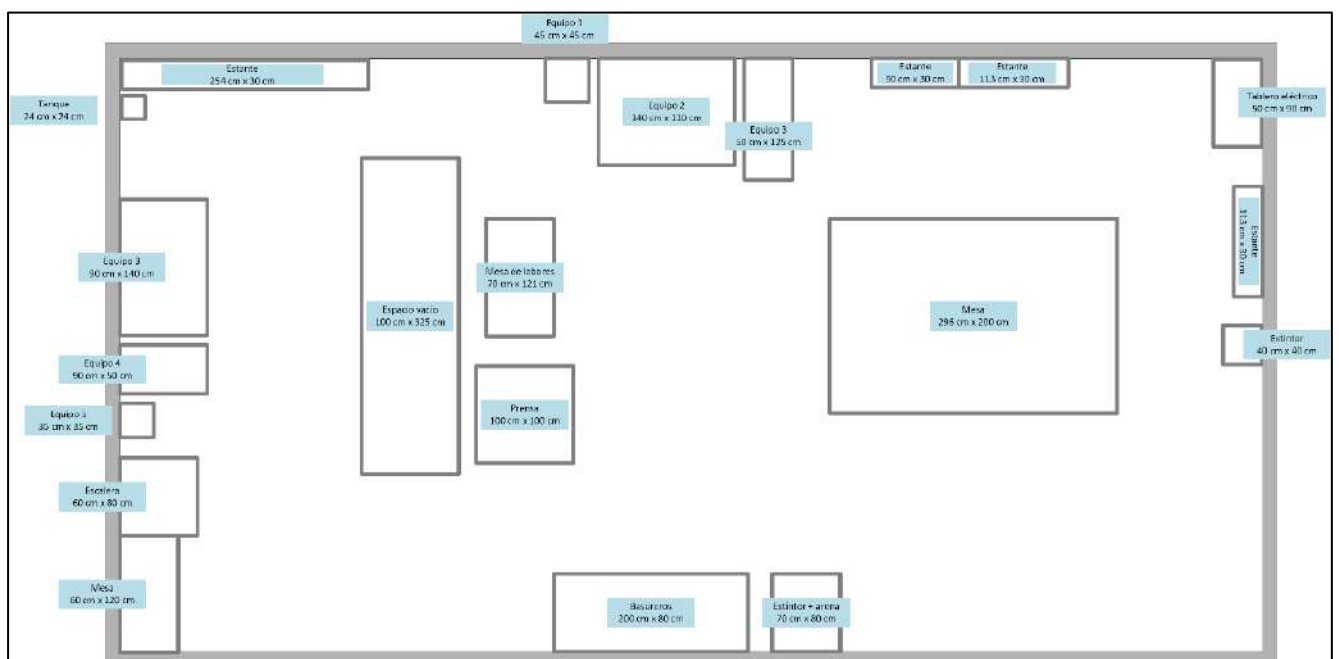
La implementación de esta fase se llevó a cabo de manera progresiva durante dos meses, debido a que no se contaba con la lista completa de materiales requeridos. Los integrantes de los equipos de implementación fueron los que ejecutaron las actividades de

Orden, desde el pintado del suelo, elaboración de mesas, instalación de panel de herramientas y etiquetado. Esta fase es extensa, por lo tanto, se ha dividido en 6 pasos, los que son presentados a continuación.

5.1.7.1 Elaborar un mapa del área. Se elaboró el mapa actual de la distribución del taller de mantenimiento o *layout* en Visio. En el taller de mantenimiento se medirán las longitudes del área total, de los estantes, de las mesas y de los principales equipos. En los exteriores del taller, se medirán las dimensiones de cada equipo e implemento estacionado.

El *layout* inicial es el siguiente:

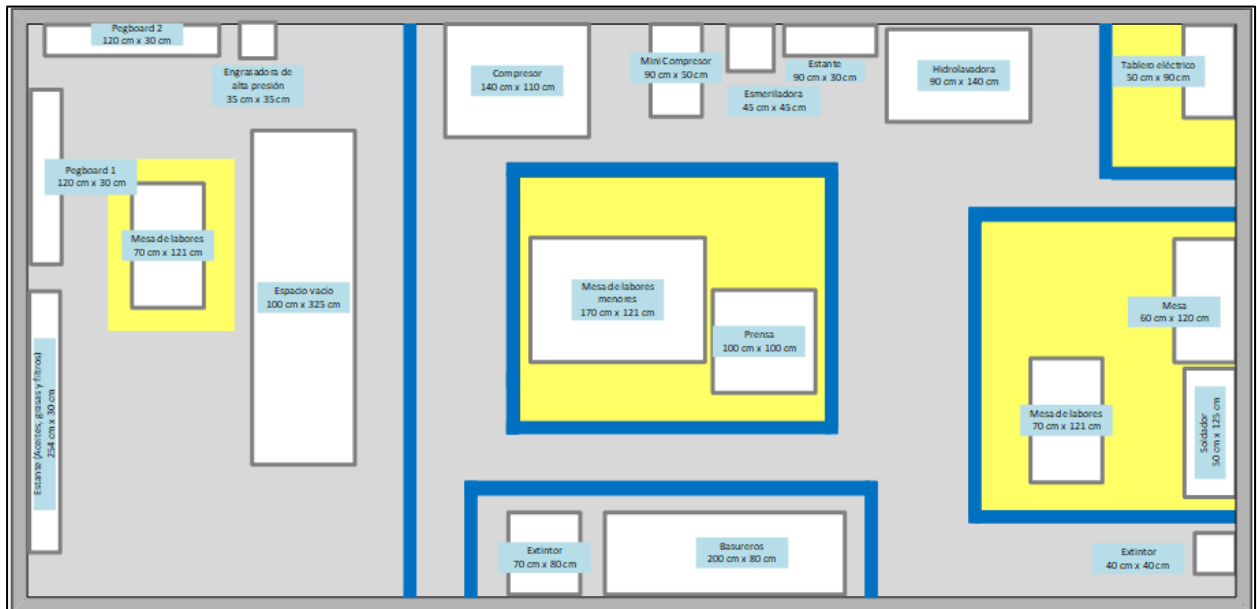
Figura 8. *Layout* inicial del taller de mantenimiento



Como parte de la implementación, se propone un nuevo diseño, para lo cual, se puede dividir el área de trabajo según su función y actividad realizada, a cada área se va a identificar un nombre representativo. Asimismo, se tendrá en cuenta distinguir el espacio en el que se realizarán los mantenimientos de tractores, actividades de soldadura y pintura, y labores menores en el taller de mantenimiento.

El *layout* propuesto es el siguiente:

Figura 9. Layout propuesto del taller de mantenimiento



5.1.7.2 Búsqueda de mejoras. Se realizó una charla de capacitación en la que se explicó el objetivo y los pasos de esta fase de implementación. Se entregó el mapa actual del taller de mantenimiento y los integrantes del grupo sugirieron una nueva ubicación y se trataron los siguientes temas:

- Dimensiones de las mesas que se van a emplear para las labores (la mesa utilizada actualmente no cuenta con las dimensiones adecuadas para las labores diarias). Se van a elaborar dos mesas, debido a que usualmente los obreros de mantenimiento están ejecutando dos tareas distintas y emplean la misma mesa, puede existir confusión de materiales.
- Determinar espacios para ubicar pertenencias personales (mochilas y EPP utilizado por los obreros de mantenimiento y operadores de maquinaria).
- Determinar qué materiales deben ser alejados de la mesa de labores debido a que son inflamables e implican un riesgo para los obreros. Estos materiales pueden ser colocados en un estante alejado de la mesa de labores y delimitada por cintas.
- Determinar ubicación de los tres depósitos de basura.
- Reubicar extintor y retirar estantes vacíos, para lo cual se revisará el contenido de un estante y se colocará en el que tenga espacio disponible.
- En qué posición consideran adecuado ubicar cada elemento (conjunto de herramientas, equipos). Ciertos elementos que no se utilizan con mucha frecuencia pueden ser ubicados en estantes o cajones y etiquetados adecuadamente. El mismo grupo es quien decidirá en donde ubicar cada herramienta y material.

- En base a la frecuencia con la cual se emplean los implementos, estos se deben localizar. Asimismo, se debe delimitar un área específica para ubicar las pesas de lastrado (contrapeso).
- Se debe comentar acerca de los materiales empleados para la limpieza de los tractores. Asimismo, se puede comentar si es necesario delimitar un área específica para la limpieza o mantenimiento de los tractores y/o implementos; de ser el caso, de cuánto será el área requerida para esta actividad.

En base a las conclusiones de las discusiones previas; se va a elaborar un nuevo *layout*. El cual será validado por ambos equipos del proyecto. En este punto se van a determinar las áreas que serán pintadas y se les colocará cinta. Asimismo, se asignará un lugar para cada elemento y la cantidad requerida. Para el área exterior del taller, se delimitará dónde se colocarán los equipos e implementos.

5.1.7.3 Pintar y delimitar áreas. Se sugiere emplear pintura de distintos colores para diferenciar de forma visual las actividades a realizar en el área de trabajo. Asimismo, para las líneas divisorias se puede utilizar cinta adhesiva y el color va a depender del tipo de línea que se quiere marcar. Se recomienda utilizar pintura de alto tráfico para entornos de trabajo con alto movimiento (área de mantenimiento o producción). Para pintar y delimitar áreas se sugiere seguir los siguientes pasos:

- 1) Después de haber determinado el *layout* propuesto, determinar las áreas que serán pintadas y contar con el material; se debe notificar al personal que durante cierta fecha y hora se dedicarán a pintar el área, para lo cual deben retirar los equipos y materiales.
- 2) Limpieza total del suelo del taller de mantenimiento con detergente.
- 3) Marcar con cinta *masking tape* los espacios que serán pintados.
- 4) Emplear las brochas y pinturas para el pintado. Si se cuenta con una máquina de aire comprimido para pintura, se puede emplear para una pintura más rápida. En la implementación se utilizaron brochas y la máquina de aire comprimido.
- 5) Pintar las áreas de trabajo. En el caso de la implementación se utilizó pintura de color amarillo para áreas de trabajo y de almacenamiento de materiales. Sin embargo, se sugiere que las áreas de almacenamiento de materiales sean pintadas con un diferente color. El color va a depender de la disponibilidad de pinturas y de la convención de la empresa.
- 6) Después de pintar, se colocarán cintas de vinil de color. En el taller de mantenimiento se empleó la cinta de color amarillo y negro para encerrar áreas de peligro y áreas de trabajo donde se ubican mesas, equipos eléctricos, contenedores de basura y extintores. La cinta azul se empleó para delimitar los

pasillos. El color de la cinta va a depender de la disponibilidad y de la convención de la empresa.

- 7) Después de determinar el *layout* del exterior del taller de mantenimiento o área de estacionamiento de tractores e implementos, se delimitará el espacio ocupado por cada equipo. Debido a que la ubicación de los implementos varía en función de la temporada; se emplearán rótulos con el nombre del tractor o implemento.

5.1.7.4 Ubicar materiales necesarios en su lugar. Después de pintar y delimitar áreas de trabajo, se establecerá la ubicación definitiva de cada herramienta y equipo, según el *layout* diseñado. Se sugiere seguir las siguientes instrucciones:

- Aquellos materiales que se utilizan con frecuencia pueden colocarse en estantes, cerca de la mesa de operación.
- Las herramientas que se utilizan con mayor frecuencia pueden ser colocadas en un panel de herramientas.
- Aquellos equipos u otros elementos que requieren estar en suelo se pueden mantener en dicha posición, evitando que sean un riesgo de caídas.
- Los elementos que se utilizan con baja frecuencia, pero requieren estar ubicados en el taller, pueden ser ubicados en estantes, siempre y cuando se mantenga el orden y limpieza del área de trabajo.
- Aquellas piezas de menor tamaño y de diferentes tipos, como tarugos, clavos, tuercas pueden ser colocados en pequeñas cajas de plástico con tapa transparentes.

5.1.7.5 Establecer controles visuales para delimitar herramientas y equipos. Para identificar y facilitar el control visual en las áreas de trabajo, se pueden emplear tableros, pizarrones y etiquetas. Los que deben estar ubicados en una posición estratégica que permita ser visible y de fácil lectura. Se sugiere lo siguiente:

- Estantes: Si se han ubicado las herramientas o materiales (pinturas, equipos) en estantes, se deben colocar etiquetas para identificar cada uno de estos. Si se han colocado materiales en contenedores de plástico. Se debe colocar una etiqueta por afuera del contenedor que contenga el detalle de todos los materiales que están contenidos en él. Se deben emplear marcadores para delimitar el espacio en el que se ubica cada herramienta o material.
- Los materiales se deben ubicar en el orden en el que son utilizados (misma secuencia). Por ejemplo: los materiales que se utilizan en soldadura, pintura o mantenimiento de tractores.
- Aquellas cajas pequeñas de plástico que contienen pequeñas piezas deben ser localizadas en los estantes y deben ser etiquetadas.

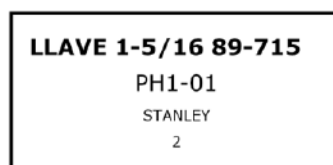
- Basureros: Para identificar cada basurero se colocará un cartel que identifique el tipo de residuo que debe ser colocado. El afiche propuesto se puede visualizar en el Apéndice K.
- Documentos: Ciertos documentos pueden ser colocados en archivadores o tableros. Los que deben ser empotrados, tener un uso específico y lejos de la mesa de labores. Se pueden colocar lapiceros en los tableros.
- Equipos: Ciertos equipos serán colocados en el suelo, para su identificación, en la pared se colocarán carteles con su nombre, código y foto. Adicionalmente, en el suelo se colocará su codificación empleando cinta de piso. Un ejemplo del cartel empleado es el siguiente:

Figura 10. Cartel identificador de equipos en taller de mantenimiento



- Panel de herramientas: Se pueden emplear *pegboards* (paneles de herramientas) para colocar las herramientas más utilizadas, estas permitirán colgar herramientas y montarlas verticalmente. Complementariamente, se pueden colocar etiquetas para identificarlas, tanto en el panel como en las herramientas. Se recomienda colocar cinta de advertencia en el piso, parte inferior del panel de herramientas. Las etiquetas empleadas para nombrar cada herramienta pueden seguir el siguiente diseño:

Figura 11. Modelo de etiquetas para panel de herramientas



- EPP: Se puede establecer un control visual para el cumplimiento de los estándares de seguridad mediante un afiche, que indique qué equipo de protección personal deben usar los trabajadores del taller de mantenimiento. El afiche propuesto se puede visualizar en el Apéndice L.
- Tractores e implementos: Después de haber delimitado el área en la cual se estacionarán los implementos y tractores, se colgó de la estructura del taller un cartel que contenga el nombre del equipo, una codificación y su imagen.

Se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- En el etiquetado de elementos, emplear el mismo color, tipo de letra y formato.
- Se pueden colocar numeraciones en las herramientas, para reconocer en dónde se ubican y puedan ser volver a ser ubicadas en el caso sean retiradas.
- Para materiales que son requeridos con frecuencia como aceites lubricantes, se puede determinar el stock mínimo, de esta manera, cuando se llegue a este nivel, se puede reordenar, para evitar acumulación de material innecesario. Se puede establecer un control visual empleando etiquetas, las que marquen cuando un producto ha llegado a su nivel mínimo de stock y se debe realizar una orden de salida de almacén.

5.1.7.6 Establecer reglas y seguirlas. Es importante que todas las personas conozcan cómo está organizada su área de trabajo y sean partícipes del proceso de organización de esta área. Para lo cual, se debe documentar el método de organización y entrenar a las personas para que sigan adecuadamente el procedimiento. Asimismo, se debe llevar un registro de las herramientas y su ubicación en el taller.

Se recomienda utilizar tarjetas de verificación de herramientas para mantener un control de las herramientas o equipos. Se imprimen los nombres de los trabajadores o áreas, se les coloca en una tarjeta, cada vez que un trabajador se acerca al taller y pide prestado una herramienta, se coloca la tarjeta en la posición de la herramienta; cuando la devuelve se retira la tarjeta. Se pueden utilizar distintos colores por área.

Durante la implementación ocurrió un retraso debido a la demora de la llegada de materiales para la ejecución de esta etapa, por lo tanto, ciertas actividades fueron retrasadas.

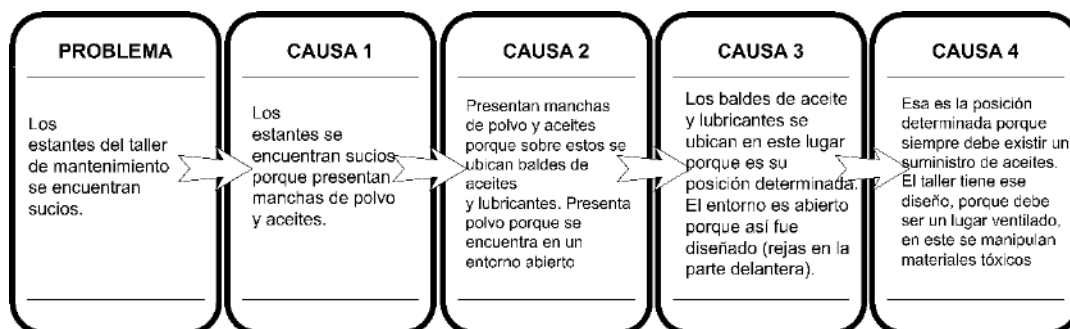
5.1.8 Tercera fase de implementación

El objetivo de esta fase es identificar y eliminar las fuentes de suciedad, para tener un lugar de trabajo limpio y seguro, y mantener en buenas condiciones los equipos de trabajo. Esta fase se ha dividido en 4 etapas:

5.1.8.1 Identificar fuentes de suciedad. Primero se deben identificar las fuentes de suciedad, eliminar los puntos críticos posibles y en el caso que no sea posible, priorizarlos para su limpieza. Para identificar las fuentes de suciedad, se deben hacer recorridos en todo el taller, de forma complementaria, se presentará el *layout* elaborado en la etapa previa, de esta manera, reconocerán qué áreas son difíciles de limpiar. Se aplicará el método de los 5 porqués para analizar cada zona del taller de mantenimiento, donde se presenta la suciedad con mayor recurrencia. Estas zonas son:

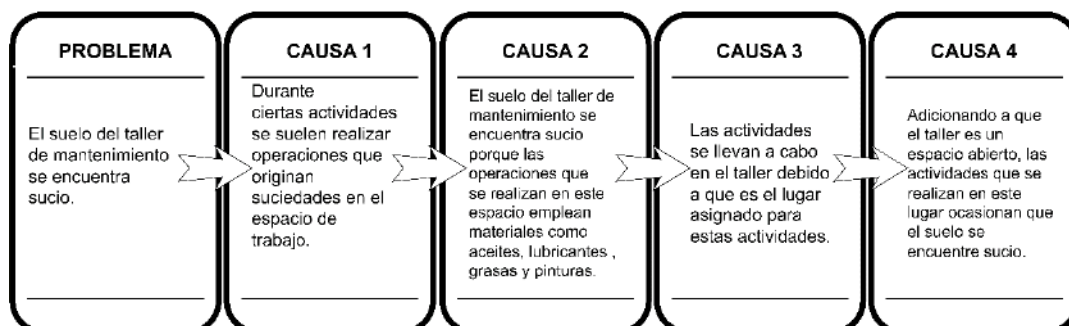
5.1.8.1.1 Estantes. Se ha identificado que los estantes del taller de mantenimiento y los contenedores ubicados sobre estos, suelen estar sucios, con polvo y manchas de aceite. El siguiente paso será preguntarnos, por qué estos se encuentran sucios.

Figura 12. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad de los estantes



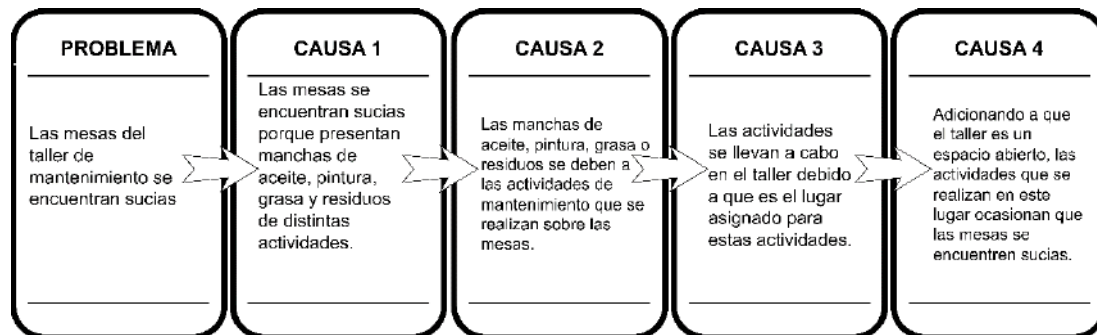
5.1.8.1.2 Suelos. Se ha identificado que el suelo del taller de mantenimiento suele estar sucio con manchas de aceites y pinturas. En base al análisis de los 5 porqués, podemos concluir que la fuente de suciedad del suelo del taller de mantenimiento, son las actividades que se realizan en este ambiente, las que suelen implicar el uso de aceites, grasas o pinturas. Por lo tanto, se deben establecer métodos de aseo para mantener limpio este espacio.

Figura 13. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad del suelo



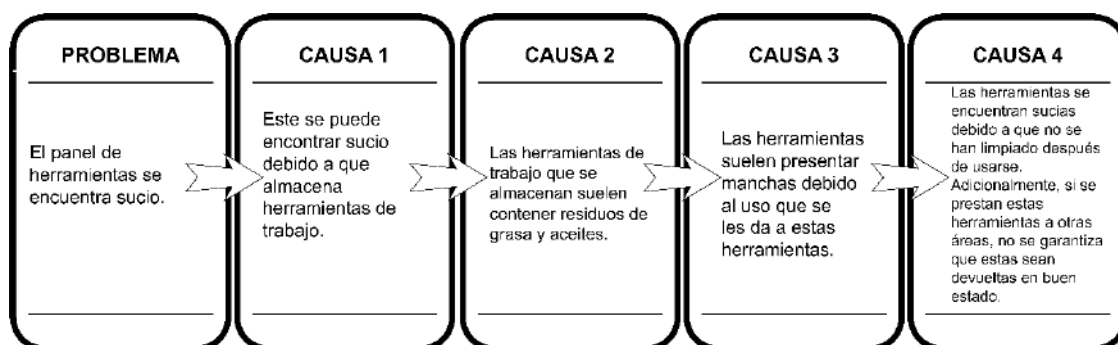
5.1.8.1.3 Mesas. Se ha identificado que las mesas suelen estar sucias con polvo y residuos de las tareas que se llevan a cabo sobre estas. Sin embargo, el punto más crítico es el desorden. En base al análisis de los 5 porqués, podemos concluir que la fuente de suciedad de las mesas son las actividades que se realizan en este ambiente, que suelen implicar el uso de aceites, grasas o pinturas. Por lo tanto, se deben establecer métodos de aseo para mantener limpio este espacio.

Figura 14. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad de las mesas



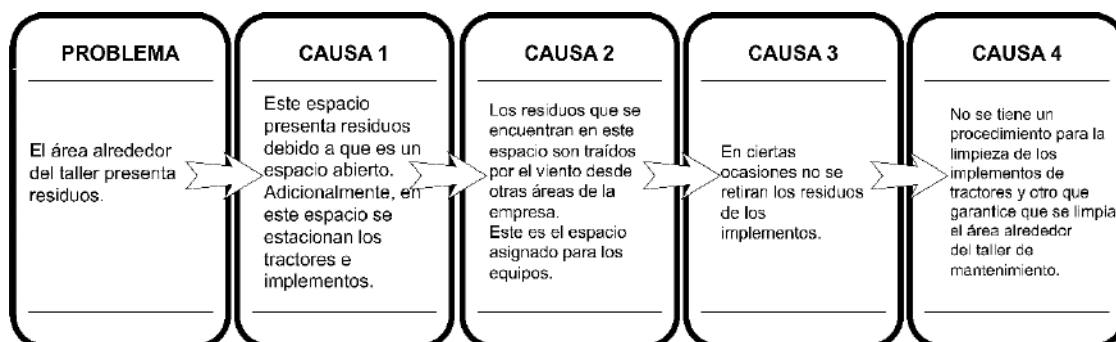
5.1.8.1.4 Paneles de herramientas. Se ha identificado que las herramientas del panel suelen encontrarse sucias, con tierra, grasa y manchas de aceite. En base al análisis de los 5 porqués, podemos concluir que la fuente de suciedad del panel, son las herramientas, las que después de ser utilizadas, no son limpiadas, especialmente cuando son prestadas a otras áreas. Por lo tanto, se deben establecer métodos de aseo para mantener limpio este espacio.

Figura 15. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad de los paneles de herramientas



5.1.8.1.5 Área alrededor del taller de mantenimiento. Se ha identificado que, durante determinados momentos del día, este espacio se encuentra sucio, con residuos como botellas, pedazos de madera o residuos de las labores en campo como panojas o mazorcas descartadas. En base al análisis de los 5 porqués, podemos concluir que la fuente de suciedad del área cercana al taller de mantenimiento es que es un espacio abierto y los implementos que se estacionan en este lugar traen consigo residuos de las labores.

Figura 16. Análisis de los 5 porqués para hallar la fuente de suciedad del área de tractores



5.1.8.1.6 Tractor e implementos. La limpieza de tractores e implementos es esencial para garantizar el correcto rendimiento de los equipos. Al ser maquinaria agrícola, entran en contacto con tierra, polvo, barro, por lo tanto, suelen contener este tipo de suciedades. Para mantener los equipos en correcto estado y alargar su vida útil, es necesario que estos se mantengan limpios después de su operación. La limpieza de tractores e implementos será comentada más adelante.

5.1.8.2 Establecer un programa de limpieza. En esta reunión los equipos definieron qué elementos requieren limpieza frecuente: maquinaria, herramientas, pasillos, techos, paredes, ventanas, luminarias, materiales, repuestos; su frecuencia: diaria, dos o tres veces por semana, semanal o mensual; cómo debe llevar a cabo y su responsable.

Con esta información, se va a elaborar el programa de limpieza, el personal que trabaja en el área de trabajo debe ser responsable de las actividades de limpieza. La plantilla completa de este programa de limpieza se presenta en el Apéndice M. A continuación, se presentarán las actividades y su frecuencia propuesta:

Tabla 9. Listado de actividades de limpieza y su frecuencia

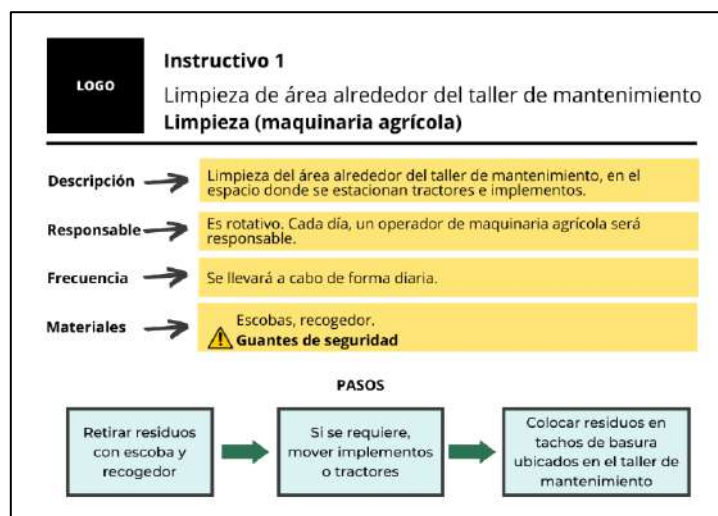
Actividad	Frecuencia
Limpieza de área alrededor del taller de mantenimiento	Diario
Limpieza de tractores después de su uso	Diario
Limpieza de implementos usados	Semanal
Barrer y sacudir área de labores	Diario
Limpiar y sacudir paneles de herramientas	Diario
Limpiar y sacudir área de soldadura	Semanal
Limpiar y sacudir equipos de taller y estante	Semanal
Limpiar y trapear área de estantes de aceites y grasas	Quincenal

5.1.8.3 Definir métodos de limpieza. En este paso se debe definir el procedimiento de limpieza para cada actividad, en consenso con los líderes de los equipos y del proyecto. Se deben realizar las siguientes actividades:

- Escoger y enlistar las actividades de limpieza del programa de limpieza.

- Escoger y enlistar los artículos y equipos de limpieza requeridos para cada actividad. Tener en cuenta que los artículos de limpieza empleados deben ser adecuados para el entorno y los equipos.
- Para cada una de las actividades de limpieza, se debe determinar un procedimiento de limpieza. Para lo cual, se creará una ficha de procedimiento, flujograma y una breve infografía para fácil comprensión. En el Apéndice N se muestra un modelo de ficha de procedimiento, que abarca puntos como: descripción, responsable, materiales requeridos (equipos, materiales o insumos) y la descripción de los pasos.
- Después de elaborar el procedimiento de limpieza, se comentará al equipo, el detalle de cada actividad a realizarse. Tener en cuenta que a lo largo de estas reuniones se recibirán sugerencias de los integrantes del equipo. Se publicarán los instructivos en la pizarra ubicada en el taller de mantenimiento, un ejemplo es el siguiente:

Figura 17. Modelo de instructivo de limpieza



5.1.8.4 Crear disciplina. Es elemental generar disciplina en los trabajadores del área de trabajo, quienes deben recibir el entrenamiento adecuado para comprender el objetivo, las razones y motivos por los cuales se está implantando la metodología 5S y de esta manera, puedan aplicar correctamente los procedimientos de limpieza, para esto se sugiere tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cuando se ha elaborado el procedimiento y programa de limpieza, se debe comunicar a los trabajadores del área. Para lo cual se debe realizar una reunión con el encargado del área y trabajadores en el que se especifiquen responsabilidades.
- Se recomienda colocar sobre un pizarrón visible el mapa del área de trabajo, el programa de limpieza y el manual de procedimientos de limpieza, de esta manera, los detalles específicos sean comprendidos por los trabajadores implicados en el área de trabajo.

- Semanalmente, se debe verificar que las actividades programadas se lleven a cabo.
- De igual manera como se llevó a cabo el evento de etiquetas rojas 5'S, se sugiere realizar un evento de limpieza, tomando en cuenta los procedimientos definidos previamente. Para lo cual se deberá:
 - Definir la fecha y hora del evento de limpieza.
 - Comunicar a las áreas interesadas que, durante dicho tiempo, se estará realizando el evento de limpieza en el área de aplicación de 5'S.
 - Cuando el evento ha terminado, tomar fotos del área, para comparar el Antes y después.
 - Reunirse frente a la nueva área limpia y organizada y discutir con el grupo sobre los puntos de mejora.

5.1.9 Cuarta fase de implementación

El objetivo de esta fase es conservar el orden y limpieza alcanzado en las etapas previas y establecer normas o estándares que sean cumplidas aún después del cierre del proyecto. Esta fase se implementó en dos pasos:

5.1.9.1 Integrar las actividades en el trabajo regular. Se establecerán procedimientos de las actividades de orden y limpieza. Los estándares deben ser claros y entendibles, para lo cual se recomienda emplear señales y colores para su mejor explicación. Estos estándares deben ser difundidos en lugares visibles. Tener en cuenta los siguientes puntos:

- Preparar una reunión de presentación de la cuarta fase, en la que se ejemplifique casos de incumplimiento de los estándares, cómo pueden identificarse y solucionarse.
- En esta fase se deben implementar auditorías de revisión, verificando que se mantengan los resultados en las áreas de trabajo.
- Se presentará un programa de auditorías, en el que cada semana un trabajador diferente realizará la auditoría, de esta forma se tendrá una calificación y observaciones desde diferentes puntos de vista y permitirá observar los distintos incumplimientos al orden y limpieza. El puntaje alcanzado ofrece una retroalimentación al grupo y ofrece puntos clave para mantener la mejora.
- Tener en cuenta que el objetivo de la auditoría es que los trabajadores aprendan a esforzarse y estén motivados para la búsqueda de mejoras. También permitirán empoderar a los empleados, conocer la causa raíz y emprender acciones correctivas que ayudarán al grupo a establecer una mejora continua como parte de sus labores diarias.

5.1.9.1.1 Primera auditoría. A continuación, se presentan algunos puntos para tener en cuenta en la primera auditoría, que será llevada a cabo de forma grupal y contará con la presencia de todos los integrantes de los equipos.

- Todos los integrantes recorrerán el mismo camino y cada uno apuntará la calificación que crea correspondiente para cada sección. Luego discutirán el puntaje alcanzado y cómo lo determinaron.
- Se pueden establecer estándares para evitar subjetividades en la calificación de cada criterio, este estándar será el número de incumplimientos o inconformidades identificado. Cualquier situación alejada del estándar se considerará un incumplimiento, el que debe contabilizarse y debe ser tomado en cuenta para la calificación de dicho criterio.
- Cuando ha concluido la auditoría, calcular el puntaje total, este será la línea base para futuras auditorías. Este puntaje debe ir mejorando progresivamente, y debe compensarse con un reconocimiento al equipo.
- Se puede analizar cómo ha ido evolucionando el puntaje interno por cada pilar de 5'S, para conocer cuál de ellos requiere mayor atención y mejora. Estos comparativos se pueden representar en gráficos de barras o líneas, los que serán publicados en el Panel de las 5'S.

5.1.9.2 Evaluar los resultados. En las auditorías se evalúa cuantitativamente el nivel de cumplimiento del programa de las 5S en cada área de trabajo. Después de obtener los resultados de estas, se deben tomar medidas preventivas.

Para complementar las tareas de estandarización, se decidió colocar en el pizarrón, el detalle de cada parte del taller de mantenimiento, su ubicación dentro del *layout* y una breve descripción, que enmarca las actividades que deben llevarse a cabo para mantener el orden alcanzado en la segunda fase de implementación. Cada afiche fue enmicado y publicado, un modelo es el siguiente:

Figura 18. Modelo de afiche de estandarización



5.1.10 Quinta fase de implementación

El objetivo de la última fase de implementación es crear hábito en los trabajadores de la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola, en las actividades 5'S, para así mantener el nivel de orden y limpieza alcanzado.

Cuando la implementación de las fases previas haya concluido, se debe diseñar un plan de sostenibilidad que se adapte para la cultura definida por la empresa. Algunas recomendaciones para llevar a cabo este plan son: crear un procedimiento de limpieza al cierre de la jornada laboral, caminatas diarias y establecer métodos de seguimiento de 5S.

Para el caso del taller de mantenimiento se plantean las siguientes actividades:

5.1.10.1 Actividades al cierre de la jornada. Definir actividades que los operarios realicen al término de sus jornadas laborales:

- Barrer el área de trabajo que ha sido utilizada durante el día laboral.
- Retornar las herramientas que han sido utilizadas a su posición en el panel de herramientas.
- Retornar los materiales a su posición designada en los estantes.
- Ubicar mesas, equipos y sillas en la posición que fueron designadas en la etapa de Orden.

5.1.10.2 Caminatas diarias. Se asignará un supervisor semanal que tendrá como responsabilidad realizar un recorrido por el área de trabajo, aleatoriamente un día de la semana al término de la jornada, con el objetivo de verificar que se han realizado las actividades diarias. Se debe disponer de una lista de supervisores como el encargado del área, jefes o auxiliares del área. Estas caminatas serán breves y permitirán identificar incumplimientos, para ser comunicados brevemente al responsable de la actividad.

5.1.10.3 Auditorías semanales. Este punto se trató en la fase anterior. Sin embargo, es importante resaltarlos porque se realizarán auditorías semanales para mantener la sostenibilidad de las 5'S. Se realizaron auditorías durante los primeros dos meses después del cierre de la cuarta fase. Posteriormente, cuando se haya generado un hábito de orden y limpieza, disminuirá su frecuencia.

Se presenta un formato de rotación mensual de auditores, en donde se indica el nombre del trabajador que realizará la auditoría semanal y una casilla de verificación del cumplimiento.

Figura 19. Formato de rotación mensual de auditores

Logo	Horario semanal de rotación de auditoría 5'S					Código MA-5S-005	
						Formato	
						Versión: v.00	
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5		
Nombre del auditor							
¿Completado?	☐ Sí	☐ Sí	☐ Sí	☐ Sí	☐ Sí		
	☐ No	☐ No	☐ No	☐ No	☐ No		

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Ortiz, 2016, pág. 34).

El formato de seguimiento de 5S permitirá registrar los resultados obtenidos en cada auditoría semanal. Asimismo, se calculará el promedio mensual, trimestral y anual. Esta es presentada en el Apéndice O.

Se ha creado un método para registrar las auditorías utilizando la aplicación elaborada en Power Apps. Esta aplicación es de sencilla usabilidad, consiste en un formulario en el que se asigna un puntaje del 1 al 5 para cada criterio de la auditoría. El objetivo es reducir el uso de fichas físicas y utilizar el dispositivo móvil para el ingreso de datos. La facilidad de esta herramienta es que los datos se envían en automático a una hoja de Excel para su análisis.

Figura 20. Formulario de registro de auditorías de 5'S en aplicación creada en Power Apps

Auditoría de 5'S

La calificación se asignará según el número de inconformidades. A mayor número de inconformidades, menor calificación. Siendo 5 el máximo y 1 el menor puntaje.

Area: Mantenimiento

Fecha: 28/02/2022

Nombre del evaluador:

Primera S: Seleccionar

1) ¿El área de trabajo se encuentra libre de materiales innecesarios? 1

2) ¿Existe un procedimiento para disponer de los artículos innecesarios? 1

3) ¿Está correctamente separado el material y equipo que se necesita? 1

Online Enviar

Auditoría de 5'S

La calificación se asignará según el número de inconformidades. A mayor número de inconformidades, menor calificación. Siendo 5 el máximo y 1 el menor puntaje.

21) ¿Se audita regularmente el orden y la limpieza en la organización? 1

22) ¿El cumplimiento de las 5S se encuentra en constante mejora? 1

23) ¿Los supervisores participan activamente en las actividades de las 5S? 1

24) ¿El personal está capacitado en 5S y está comprometido para mantener los estándares? 1

25) ¿Se han dispuesto paneles en los que se presentan avances de la aplicación de las 5S? ¿Son constantemente revisados? 1

Observaciones:

Online Enviar

5.1.10.4 Capacitaciones posteriores en 5'S. Si nuevo personal ingresa al área de trabajo en el cual se implementó la metodología, se le debe brindar capacitaciones en 5'S.

Para lo cual, se pueden crear videos informativos breves en los que se explica la metodología y sus actividades para la sostenibilidad, o entregar fichas informativas en los que se explique con un lenguaje sencillo la metodología implementada.

Si bien el personal ha recibido capacitación en cada fase de implementación, es importante recordar los principales puntos de cada fase, se pueden elaborar infografías para compartir los temas más resaltantes de cada fase, sobre todo de los eventos que no se realizan con frecuencia, como el evento de etiquetado. En el pizarrón, se ha colocado algunas infografías, que son presentadas en el Apéndice P.

5.1.10.5 Programas de motivación o incentivos. Se pueden brindar reconocimientos o incentivos como gorras, polos, lapiceros, *pins*; objetos con menor valor económico. Asimismo, se puede premiar al grupo con trofeos simbólicos, el objetivo es dar reconocimiento por el esfuerzo realizado; para esto se debe solicitar el apoyo de supervisores y jefaturas.

En el programa de implementación en nuestro caso de estudio se formaron dos grupos, el primero conformado por el personal del taller de mantenimiento y el segundo conformado por los operarios de maquinaria agrícola. Teniendo en cuenta los comentarios de las caminatas diarias y resultados de auditorías, se puede tomar la decisión de qué grupo recibirá el trofeo en ese mes.

5.1.10.6 Reuniones de revisión mensuales. Se recomienda planificar un programa de revisión mensual de implementación de 5'S. El objetivo de estas reuniones es analizar los resultados de las auditorías semanales e identificar situaciones y puntos de mejoras en el área, y recordar ciertos temas que fueron explicados en las capacitaciones previas.

En la primera reunión de verificación mensual se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- Al inicio, se recomienda que el facilitador esté presente en las auditorías, posteriormente, los líderes pueden ser responsable en llevarlas a cabo.
- Proponer ideas para la mejora de la comunicación del cumplimiento de las actividades del programa de 5'S. Para el caso de implementación, se supervisará que se lleven a cabo las auditorías, completando el pizarrón de resultados de auditorías.
- Al cierre de la primera reunión, todos los trabajadores del área deben firmar un cartel, con el objetivo de que se comprometan a mantener los estándares establecidos en las 5'S y que están de acuerdo con ello. Este cartel debe publicarse en el pizarrón.

Figura 21. Cartel de compromiso en la implementación de 5'S



Posteriormente, cada mes se realizarán reuniones en las que se analizarán los resultados de las auditorías semanales y las mejoras que han sido implementadas o podrían ser implementadas. Se designará una fecha para esta reunión y su duración máxima es de 30 minutos. El encargado del área será el responsable de dirigir esta reunión y serán invitados todos los integrantes del equipo.

Tener en cuenta los siguientes puntos previo al inicio de la reunión:

- Disponer del espacio y del personal para la ejecución de la reunión.
- Reunirse brevemente con los supervisores para decidir cuál será el grupo que recibirá el reconocimiento, según el programa de reconocimiento.

- Analizar los resultados de las auditorías mensuales y preparar comentarios y recomendaciones. Por ejemplo, si se identificó que el criterio de orden obtuvo un menor puntaje, se debe hallar cuál fue el problema que originó el bajo puntaje, durante la reunión mensual se tratará este tema y se implementará una mejora inmediata.
- En las reuniones de sostenibilidad de 5'S, es importante que se destaque el porcentaje de mejora, en función de los resultados de las auditorías. Asimismo, debe crearse el espacio para el intercambio de ideas sobre mejoras que pueden realizarse para alcanzar un mejor puntaje.
- Se sugiere contar con los siguientes materiales:
 - Presentación en Power Point (se ha elaborado una presentación base), laptop y proyector.
 - Ficha de seguimiento de programa de auditorías actualizada.
 - Acta de reunión.
 - Lapiceros y plumones.
 - Materiales de reconocimiento.
 - *Post-its*
 - Libreta
- Se propone la siguiente agenda:
 - 0-5 minutos: Bienvenida y presentación, se puede llevar a cabo una breve charla sobre alguna fase de implementación.
 - 5-10 minutos: Exposición de los resultados de las auditorías semanales.
 - 10-20 minutos: Conversación del grupo en cómo ha mejorado el área y puntos de mejora identificados. El encargado del área debe tomar nota de estas propuestas de mejora, las que posteriormente se convertirán en actividades que deben llevarse a cabo para la mejora del grupo y del área.
 - 20-30 minutos: Reconocimiento del grupo con el mejor desempeño durante el último mes. Se hará la entrega del trofeo de reconocimiento. Y el representante del grupo dará un mensaje. Se puede dar un compartir para cierre de la actividad.

En el Apéndice Q, se presenta un resumen de la primera reunión de análisis de resultados de la implementación de 5'S.

En el Apéndice R, se presenta una comparación de fotografías del taller de mantenimiento, antes y después de la implementación.

5.1.11 Análisis de resultados de auditorías e indicadores

Según la bibliografía revisada, se sugieren cinco puntos específicos que permitirán analizar los resultados después de la implementación.

5.1.11.1 Análisis de la primera fase. Para analizar la primera fase, se propone un indicador que relaciona los objetos que fueron considerados como innecesarios y la cantidad total de objetos. Los elementos necesarios son aquellos que no fueron etiquetados.

$$\frac{\text{Cantidad de objetos etiquetados}}{\text{Cantidad total de objetos}} \quad (9)$$

Se ha realizado la medición del anterior indicador, obteniendo como resultado que:

- Cantidad total de objetos: Son el total de objetos que estaban ubicados en el taller de mantenimiento. Se ha considerado la cantidad total de estos. Este valor es igual a 263 objetos, tener en cuenta, que no se ha considerado las piezas localizadas dentro de las cajas de herramientas (tuercas y piezas pequeñas).
- Cantidad total de objetos etiquetados: Se ha considerado el total de 38 elementos, estos ítems fueron etiquetados y algunos de estos agrupados por pertenecer a la misma referencia.

Tabla 10. Valores de indicadores de primera fase de implementación

Cantidad total de objetos	Cantidad de objetos etiquetados	Indicador 1
235	38	16.2%

Por lo tanto, en el primer evento de etiquetado, se obtuvo que se retiraron del taller de mantenimiento el 16.2% de los ítems. Este valor no puede ser comparable con otras instancias o delimitado, sin embargo, dentro de la misma organización y para futuros eventos de etiquetado, puede ser tomado en cuenta como un valor referencia, teniendo en cuenta que sí es posible aumentar este porcentaje.

5.1.11.2 Análisis de la segunda fase. Para analizar la segunda fase, se propone un indicador que relaciona el total de materiales y herramientas organizadas y rotuladas, entre el total de materiales y herramientas disponibles

$$\frac{\text{Número de materiales organizados y rotulados}}{\text{Número de materiales disponibles}} \quad (10)$$

Se ha realizado la medición del indicador, obteniendo como resultado que:

- Número de materiales organizados: se han considerado la cantidad total de materiales organizados, incluyendo aquellos que fueron adicionados.

- Número de materiales disponibles: se han considerado como materiales disponibles todos aquellos que fueron clasificados como necesarios y aquellos que fueron adicionados al taller de mantenimiento, como parte de la implementación.

Tabla 11. Valores de indicadores de segunda fase de implementación

Número de materiales organizados y rotulados	Número de materiales disponibles	Indicador 2
200	208	96%

Después de la implementación de la fase 2 de la metodología 5'S, podemos concluir que el 96% de los materiales disponibles fueron organizados, ya hayan sido acomodados en los paneles de herramientas, estantes o incluidos como parte del taller.

Este valor no puede ser comparado, sin embargo, este debe ser lo mayor posible y estar cerca al 100%, pues esto incluiría que se organizaron gran parte de los materiales disponibles.

5.1.11.3 Análisis de la tercera fase. Para analizar la tercera fase, se propone un indicador que evalúa la cantidad de espacios físicos considerados en el programa de limpieza y la cantidad de espacios físicos disponibles en el ambiente de trabajo.

$$\frac{\text{Número de espacios considerados en el programa de limpieza}}{\text{Número de espacios del ambiente de trabajo}} \quad (11)$$

Se han definido espacios dentro del ambiente de trabajo a: mesas, pasillos, techos, equipos específicos que pueden ser considerados fuente de suciedad, estantes, cubículos, escritorios, paneles, paredes, pizarras, almacenes.

Se ha realizado la medición del indicador, obteniendo como resultado que:

- Número de espacios del programa de limpieza: se han considerado solamente aquellos espacios que fueron abarcados en el programa de limpieza.
- Número de espacios del ambiente de trabajo: se han considerado ambientes como mesas, techo, pasillos, estantes, paneles y pizarras.

Tabla 12. Valores de indicadores de tercera fase de implementación

Número de espacios del programa de limpieza	Número de espacios del ambiente de trabajo	Indicador 3
10	13	77%

El valor de este parámetro debe ser lo más cercano al 100%, pues esto implicaría que se ha abarcado el 100% de los espacios del ambiente de trabajo, que se ha elaborado un procedimiento de limpieza y se controla su cumplimiento.

5.1.11.4 Análisis de la cuarta fase. Para analizar la cuarta fase, se propone un indicador que relaciona la cantidad de auditorías planificadas y la cantidad de auditorías ejecutadas durante el periodo de aplicación de la metodología 5'S.

$$\frac{\text{Cantidad de auditorías ejecutadas}}{\text{Cantidad total de auditorías planificadas}} \quad (12)$$

Se ha realizado la medición del indicador, obteniendo como resultado que:

- Cantidad de auditorías ejecutadas: se han considerado la cantidad de auditorías realizadas, se ha validado este valor contabilizando los registros de auditorías de 5'S empleando la aplicación elaborada en Power Apps.
- Cantidad total de auditorías planificadas: se han considerado la cantidad total de auditorías planificadas. En la pizarra del taller, se colocó una lista con las auditorías mensuales planificadas y quién sería el auditor de estas.

Tabla 13. Valores de indicadores de cuarta fase de implementación

Cantidad de auditorías ejecutadas	Cantidad de auditorías planificadas	Indicador 4
14	14	100%

Podemos concluir que se han cumplido el 100% de las auditorías planificadas, es decir, se está cumpliendo con el plan de auditorías de 5'S.

5.1.11.5 Análisis de la quinta fase. Para analizar la quinta fase, se propone un indicador que relaciona las horas totales de capacitación y el número de personas capacitadas, presentando la cantidad de horas hombre de capacitación en la metodología 5'S.

$$\frac{\text{Horas totales de capacitación}}{\text{Número de personas capacitadas}} \quad (13)$$

Se ha realizado la medición del indicador, obteniendo como resultado que:

- Horas totales de capacitación: representa la suma de todas las horas de capacitación al personal del área de Mantenimiento y maquinaria agrícola. Incluye horas de capacitación teóricas y prácticas, asimismo, abarca las capacitaciones al personal que ingresó al área durante los meses posteriores a las capacitaciones.

- Número de personas capacitadas: abarca el total de personal que recibió capacitación en el tema.

Tabla 14. Valores de indicadores de quinta fase de implementación

Horas totales de capacitación	Número de personas capacitadas	Indicador 5
12	11	1.1

No existe un valor esperado para este indicador, sin embargo, se espera que sea el mayor posible, considerando que cada capacitación puede variar en función de su tiempo, temas tratados, interés de los asistentes y tiempo disponible. Tener en cuenta que es importante cumplir con el plan de capacitación y la matriz de habilidades esperada al inicio de la implementación de la metodología 5'S.

5.2 Estrategia e implementación del pilar de Mantenimiento planeado

Inicialmente, se deseaba implementar los 8 pilares del Mantenimiento Productivo Total, sin embargo, analizando las condiciones de la empresa y la situación actual, se identificó que el desarrollo de personal ha sido limitado en los últimos años y actualmente no se dispone de recursos y tiempo para la implementación de los 8 pilares, por lo tanto, en el apartado 3.3, se realizó un análisis del problema y de las soluciones propuestas, concluyendo que la solución a implementar es el Mantenimiento Planeado, brindando un enfoque general de los principales pilares del TPM.

La implementación del mantenimiento planeado se realizó en una serie de actividades que serán descritas en este capítulo.

5.2.1 Capacitaciones de personal propuestas

La capacitación en mantenimiento planeado se llevará a cabo de la misma forma como se ejecutaron las capacitaciones para la implementación de 5'S, con los mismos equipos, líderes de equipo y facilitador. A lo largo de la implementación, ciertos trabajadores se integraron al grupo y otros ya no formaron parte de la subárea de maquinaria.

Por lo tanto, aplicando conocimientos del pilar de educación y entrenamiento, el que tiene como objetivo el desarrollo de personas en su puesto de trabajo a través de programas de formación y entrenamiento, se elaboró una matriz de competencias, la cual presenta los siguientes puntos en los que se debe hacer énfasis para su capacitación.

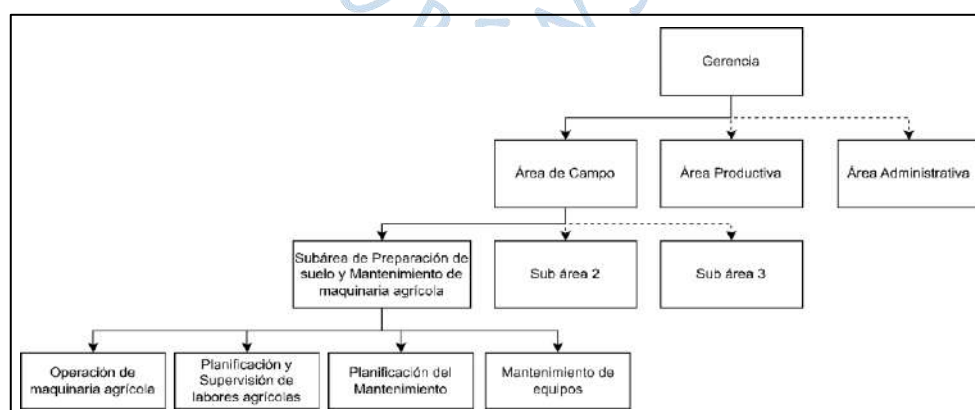
Tabla 15. Categorías y competencia para la implementación del Mantenimiento Planeado

Categoría	Competencias
Conceptos Básicos	Funcionamiento de los tractores Partes de los tractores Mantenimiento Uso de aplicativo en Power Apps
Mantenimiento Autónomo	Plan LILA en tractores Plan LILA en implementos Importancia de la limpieza de tractores Identificación de averías en tractores
Mantenimiento Planeado	Definición del mantenimiento planeado Pasos para la implementación del mantenimiento planeado
Mantenimiento Preventivo	Actividades de mantenimiento preventivo Registro de actividades de mantenimiento preventivo
Mantenimiento Correctivo	Actividades de mantenimiento correctivo Registro de actividades de mantenimiento correctivo

5.2.2 Mejoras en el organigrama

En el apartado 3.1.2 se presentó el organigrama actual de la subárea. En la implementación de mantenimiento planeado, se presenta un nuevo organigrama funcional, en el que se presentan las cuatro principales funcionalidades que abarcan: la operación de los equipos en las labores agrícolas, la planificación y supervisión de estas, planificación del mantenimiento y su ejecución.

Figura 22. Organigrama propuesto



5.2.3 Actividades de mantenimiento autónomo

La implementación de mantenimiento planeado inició con el desarrollo de la teoría de Mantenimiento Autónomo, en la cual se explicó el funcionamiento de los tractores y sus

componentes, de esta manera, los operadores de maquinaria agrícola tendrán un conocimiento del equipo que están utilizando y permitirá que comprendan la importancia de cada componente. De esta manera, podrán poner en práctica las actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste que serán explicadas a continuación:

5.2.3.1 Definición de condiciones LILA (Limpieza, inspección, lubricación y ajuste).

Para esta primera actividad, se realizó una identificación de las principales partes de los tractores que requieren limpieza, inspección, lubricación y ajuste. Junto con el asistente operador de maquinaria agrícola, se pudo determinar cuáles son aquellos componentes de difícil acceso y que requieren constante atención debido a su importancia para el funcionamiento general del equipo.

Asimismo, durante la implementación, la empresa proveedora de servicios de mantenimiento, realizó actividades de inspección de tractores para conocer el estado de los tractores y nos brindó recomendaciones para tener en cuenta en las cuatro actividades de mantenimiento autónomo.

Para la elaboración de las actividades de LILA, se han considerado las actividades sugeridas por los manuales del Mantenimiento de tractores a las 10 y 50 horas.

5.2.3.1.1 Limpieza. El objetivo de la limpieza de tractores es retirar el polvo, barro, grasa, aceite y otros residuos que puedan estar presentes en partes externas e internas de los tractores, para optimizar su uso e incrementar su vida útil.

Para la limpieza de tractores se van a emplear equipos como la hidro lavadora y el compresor de aire. Materiales como paños de papel toalla, paños de tela, llaves, dados y desarmador para retirar e instalar partes externas.

Antes de iniciar cada actividad de limpieza se recomienda descender los implementos; conectar el freno de estacionamiento, apagar el motor y quitar la llave de contacto; finalmente, contar con los materiales requeridos.

Se definieron dos tipos de limpieza de tractores:

- Limpieza 1: conjunto de actividades de limpieza externa e interna del tractor que serán realizadas diariamente después de la operación. Esto quiere decir, previo al término del turno de trabajo, de esta manera, el operador que recibirá el tractor en el siguiente turno, encontrará un tractor limpio y en óptimas condiciones.

Esta actividad tendrá una duración de quince minutos e incluirá las siguientes actividades:

Tabla 16. Descripción de actividades de limpieza de tractores N°1

(1)	Retirar las tapas laterales y el capó.
(2)	Limpiar con aire comprimido las partes internas del tractor (radiador, filtros de aire, motor, filtros de combustible, bomba hidráulica, alternador y parte trasera), para retirar polvo y residuos.
(3)	Limpiar con aire comprimido las partes externas del tractor (cabina, escalera de acceso, espejos y cristales), para retirar polvo y residuos.
(4)	Colocar las tapas laterales y el capó.

- Limpieza 2: conjunto de actividades de limpieza exhaustiva externa e interna del tractor, que serán realizadas dos veces por semana al cierre de la jornada laboral. Dentro de estas actividades se incluye la limpieza de la parte superior e inferior de la cabina con aire comprimido, y limpieza completa con hidro lavadora.

Esta actividad tendrá una duración de 30 minutos e incluirá las siguientes actividades:

Tabla 17. Descripción de actividades de limpieza de tractores N°2

(1)	Retirar las tapas laterales y el capó.
(2)	Limpieza del filtro de aire primario y el contenedor del filtro de aire, empleando aire comprimido y un paño.
(3)	Limpieza del radiador y su rejilla desde afuera hacia adentro, limpiando las ranuras del radiador.
(4)	Limpieza del área alrededor de los filtros de combustible, bomba hidráulica y alternador. Asimismo, limpiar la parte trasera del tractor.
(5)	Limpiar la parte inferior del tractor, para retirar grasa, aceite y barro.
(6)	Limpiar la cabina del tractor, para retirar el polvo acumulado en timón, palancas, pedales, asiento y cinturón de seguridad.
(7)	Limpiar con aire comprimido la base de la cabina, retirando el barro y polvo acumulado.
(8)	Limpiar con aire comprimido el filtro del aire acondicionado.
(9)	Colocar las tapas laterales y el capó.

(10)	Limpiar con hidrolavadora la parte externa del tractor utilizando un paño de tela y detergente.
------	---

5.2.3.1.2 Lubricación. El objetivo de la lubricación de tractores es aplicar grasa lítica y aceite lubricante a los tractores después de la operación de los equipos, empleando la máquina engrasadora. Para esta actividad es elemental contar con el tipo de aceites lubricantes y grasa lítica recomendada para cada tractor. Tener en cuenta que antes de aplicar grasa y lubricante, se debe verificar su estado, si se encuentra sucia, debe retirarse, para evitar acumulación.

Se definieron dos tipos de actividades de lubricación de tractores según la frecuencia en la que se realizarán:

- Diaria: serán realizadas después de la operación o antes de iniciar la operación. Esto quiere decir, previo al término del turno de trabajo o antes del inicio del próximo turno de trabajo, de esta manera, el operador iniciará la operación con el tractor con la grasa y lubricante requerido.

Esta actividad consistirá en una verificación del nivel de aceite lubricante de motor y de añadirlo si se requiere. Empleando la máquina engrasadora, lubricar cojinetes y rótulas, excepto el cojinete del medio eje delantero y el eje trasero; retirar el excedente de la grasa y la grasa sucia; y verificar los puntos de engrase y lubricar si es que lo requiere.

- Semanal: conjunto de actividades de lubricación que serán realizadas el sábado, al cierre de la jornada laboral o el lunes a primera hora; después de realizar las actividades de limpieza N°2.

Esta actividad incluye las actividades descritas en el paso previo e incluirá las siguientes: verificar el nivel de aceite de transmisión y puente trasero, agregando si se requiere; engrasar el puente trasero y delantero 4RM, engrasar el enganche de tres puntos y por último, una verificación del nivel de aceite del depósito para embrague y frenos, agregando aceite si es que lo requiere.

5.2.3.1.3 Ajuste. Su objetivo será verificar el ajuste de tuercas y abrazaderas de partes internas y externas de los equipos y su ajuste en caso se requiera. Este conjunto de actividades propuestas se realizará en conjunto con las actividades de lubricación. Para esta actividad es elemental contar con las herramientas a emplear en el ajuste de cada tractor e implemento. Se definieron dos tipos de actividades de lubricación de tractores según la frecuencia en la que se realizarán:

- Diaria: serán realizadas después de la operación o antes de iniciar la operación. Esto quiere decir, previo al término del turno de trabajo o antes del inicio del próximo turno

de trabajo. Abarca actividades como la verificación del ajuste de tornillos de partes internas y su ajuste si lo requiere, verificación del ajuste de las tuercas de las ruedas y ajustar si lo requiere.

- **Semanal:** conjunto de actividades de ajuste que serán realizadas el sábado, al cierre de la jornada laboral o el lunes a primera hora. Esta actividad incluye las actividades descritas en el punto anterior, e incluye una revisión del ajuste de las abrazaderas de filtro de aire y de combustión, y su ajuste si lo requiere; ajuste de las abrazaderas de las mangueras del sistema hidráulico y de dirección, y su ajuste si lo requiere.

5.2.3.1.4 Inspección. Su objetivo es realizar la inspección inicial a los tractores e implementos, antes de su operación, o cada vez que se realiza el cambio de tractor entre distintos operadores de maquinaria agrícola. De esta manera, cada operador realiza una verificación de las condiciones del tractor antes de iniciar las labores agrícolas. Para definir los criterios a ser evaluados en la inspección inicial, se han considerado los sistemas del tractor y aquellos componentes que requieren una inspección previa a su uso, pues son claves para su correcto funcionamiento. Asimismo, se han considerado algunas preguntas de autoevaluación y de cumplimiento del uso de EPP.

Los operadores de maquinaria agrícola completarán el formulario de inspección de equipos empleando la aplicación elaborada en Power Apps.

Tabla 18. Descripción del uso del aplicativo para envío de inspecciones de tractores

En la primera pantalla del aplicativo de Maquinaria Agrícola, el operador accederá al formulario de averías, haciendo clic en el cuarto botón.	Inicialmente, se presentan dos botones, en los que el operador podrá escoger qué formulario completar: el de tractores o implementos.	Se completarán los campos de hora, operador, equipo y horómetro del tractor; y para cada criterio se indicará si es conforme, no conforme o no aplica.
		

Para cada criterio, el operador deberá inspeccionar visualmente los componentes de los equipos y realizar las actividades relacionadas, ya sea limpieza, ajuste, lubricación o llenado de líquidos refrigerantes. Los criterios que son considerados en el *checklist* de tractores son los siguientes:

- Autoevaluación del estado del operador.
- *Fotocheck* del trabajador
- Procedimientos operativos de transporte
- Plan de contingencia
- Letreros y etiquetas de seguridad legibles
- 1 extintor PQS tipo ABS de 3.5 kg.
- Parte exterior del tractor (pérdidas de aceites)
- Estado y limpieza de acceso al tractor
- Estado de puertas, chapas, lunas y parabrisas, espejos retrovisores y seguros
- Parabrisas y limpiaparabrisas para perfecta visibilidad
- Espejos retrovisores interiores y laterales

- Asiento del conductor del tractor
- Cinturón de seguridad
- Funcionamiento de los frenos y embrague
- Funcionamiento de luces delanteras (alta-baja), posteriores, laterales, freno, intermitentes.
- Protectores de seguridad
- Bocina operativa (claxon) y alarmas sonoras
- Tubo de escape
- Nivel de aceite lubricante del motor
- Estado del filtro del motor
- Nivel del líquido refrigerante del motor
- Limpieza de válvula de escape de polvo del filtro de aire
- Drenaje del prefiltro del sedimentador
- Limpieza de componentes del radiador e interenfriador
- Sistemas hidráulicos y la toma de fuerza (PTO)
- Nivel de combustible
- Estado de tanque de combustible, tapa, candado
- Estado de la batería
- Funcionamiento de los interruptores eléctricos
- Estado de sistemas e instalaciones eléctricas, recubrimientos, aislantes e interruptores, en optimo estado.
- Presión de los neumáticos
- Ajuste de las tuercas de las ruedas delanteras y traseras
- Estado de lubricación de los cojinetes y rótulas
- Puntos de engrase de eje delantero y dirección
- EPP: Zapatos de seguridad, Guantes de seguridad, Casco de seguridad, Gafas de seguridad, Tapones auditivos, Ropa de trabajo, Respirador de vapores descartable.

Durante la implementación de las actividades de limpieza, inspección, lubricación y orden, se realizó una evaluación del uso de EPP específico por parte de los operadores de maquinaria agrícola. Se realizó una evaluación, que es presentada en el Apéndice T.

5.2.4 Actividades de mantenimiento planeado

En la implementación del mantenimiento planeado se han ejecutado una serie de actividades que serán descritas a continuación.

5.2.4.1 Identificación y registro de equipos. El primer paso para implementar la teoría del mantenimiento planeado fue identificar los equipos que forman parte del área de maquinaria agrícola. Se ha creado una lista de los equipos que contiene los siguientes datos: identificación, nombre de maquinaria, estatus, marca, modelo, número de serie, tipo, labor, año de fabricación y adquisición, origen, nombre del proveedor y contacto.

Los equipos considerados son tractores, *sprayers*, implementos, equipos empleados en el taller de mantenimiento y de transporte. Para cada tipo de equipo se ha creado una codificación, está compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 19. Guía de codificación de equipos

Tipo de equipo	Codificación
Tractores o <i>sprayers</i>	100-XXX
Ej. Tractor	101-XXX
Ej. <i>Sprayers</i>	102-XXX
Implementos	200-XXX
Ej. Acamellador	201-XXX
Ej. Cargador frontal	202-XXX
Equipo de taller	300-XXX
Ej. Compresor	302-XXX
Ej. Engrasadora	303-XXX
Equipo de transporte	400-XXX
Ej. Cuatrimoto	401-XXX
Ej. Moto furgón	402-XXX

Para tener un mayor conocimiento de cada equipo, se han elaborado fichas de los equipos de maquinaria agrícola. En estas se detallan datos de los equipos como: nombre del equipo, marca, modelo, año de fabricación; datos técnicos como componentes, usos, recomendaciones de uso, recomendaciones de mantenimiento planeado, correctivo y datos del fabricante o distribuidor del equipo. En el Apéndice S, se presenta un modelo de la ficha utilizada.

5.2.4.2 Análisis de criticidad de los equipos. Se ha analizado el nivel de criticidad de cada equipo: tractor e implementos. De esta manera, definiremos cuál es teoría de mantenimiento debemos aplicar según cada factor de evaluación. Existen 3 categorías.

5.2.4.2.1 Tractores. Su mantenimiento no se encuentra regido por la legislación. Si sufre daños puede lesionar gravemente al operador y al personal de campo. Si presenta averías, no afectará la calidad del producto final. Durante un día, puede operar entre 8-17 horas. Si sufre daños, no se detendrá la línea de producción, debido a que se dispone de otros tractores que pueden realizar labores similares. Mensualmente, puede presentar menos de cinco paros. Sin embargo, el tiempo de reparación puede tener una duración mayor a ocho horas.

Por lo tanto, los tractores serán de la categoría A y se realizará mantenimiento basado en las condiciones y/o mantenimiento basado en el tiempo.

5.2.4.2.2 Implementos. Su mantenimiento no se encuentra regido por la legislación. Si presenta averías, puede causar daños leves al medio ambiente y a personal de campo. Si sufre daños, habrá disminución del rendimiento de la labor de campo. Es de operación ocasional, debido a que su uso depende de la temporada. Sin embargo, si un implemento sufre daños sí se verá afectada la producción, porque no se cuenta con los suficientes implementos para sustituir. Pero estos difícilmente producen interrupciones en su operación.

Por lo tanto, para los implementos serán de la categoría C y se realizará un mantenimiento de condiciones básicas (actividades de limpieza, lubricación y ajuste), y mantenimiento después de la avería.

5.2.4.3 Evaluación de los equipos. La empresa proveedora de servicios de mantenimiento realizó un diagnóstico de los cuatro tractores con los que se contaba al inicio de la implementación.

- Tractor Valtra A990: presenta fugas de aceite por el cilindro de dirección, fugas de refrigerante, requiere cambios de retenes debido al exceso de grasa, excedente de grasa sucia. Su presión hidráulica se encuentra dentro de los rangos aceptados.
- Tractor Valtra BM110: presenta fugas de aceite entre la caja y el tanque de combustible, fugas por puente delantero y requiere mantenimiento de cableado eléctrico. Su presión hidráulica se encuentra dentro del rango aceptado.
- Tractor Valtra BF75: presenta fugas de aceite en diversas partes del equipo, presenta fugas de refrigerante en la base del termostato, requiere cambio de rodajes y retenes, y de mantenimiento de cableado eléctrico; su presión hidráulica se encuentra fuera del rango aceptado.
- Tractor Same Explorer E115: no presenta fugas de aceite, requiere mejorar la limpieza de partes inferiores del tractor y de realizar un mantenimiento del cableado eléctrico del piloto automático.

5.2.4.4 Objetivos del mantenimiento. Existen diversos indicadores como el MTTR y MTBF, que establecen un control sobre el número de fallas y el tiempo de reparación. Antes de la implementación, no se contaba con un registro formal de averías o fallas, por lo tanto, se ha implementado un sistema de gestión y análisis de fallas o averías.

El indicador medido ha sido la disponibilidad, el que será explicado en el próximo capítulo. Con los datos actuales y futuros se podrá realizar la medición de los indicadores previamente mencionados.

5.2.4.5 Gestión de averías. La gestión de averías consistirá en crear métodos para el registro y análisis de averías; la capacitación de personal en la definición de averías, sus tipos, la importancia de llevar un registro y de analizarlos.

En la capacitación de gestión de averías, se ejemplificó el caso de la aparición de una avería en la operación y cómo los operadores deberían actuar ante su ocurrencia. Asimismo, se recalcó la importancia de la comunicación entre los operadores de maquinaria agrícola, el asistente operador y el ingeniero supervisor, y la ágil respuesta ante alguna falla.

El registro se realizará empleando el aplicativo de Power Apps, cada vez que los operadores de maquinaria agrícola detecten alguna avería en sus equipos, deberán registrarla en el aplicativo correspondiente. En consecuencia, el ingeniero supervisor y el asistente operador de maquinaria agrícola solucionarán la avería.

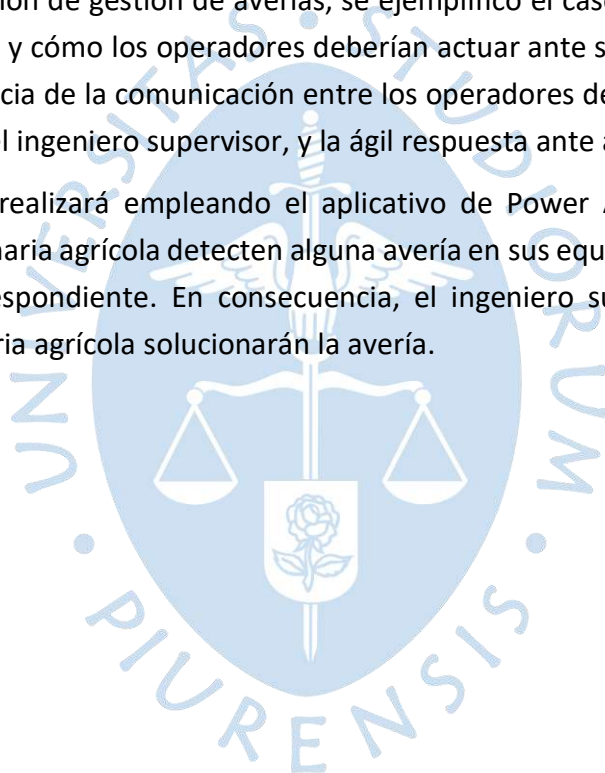
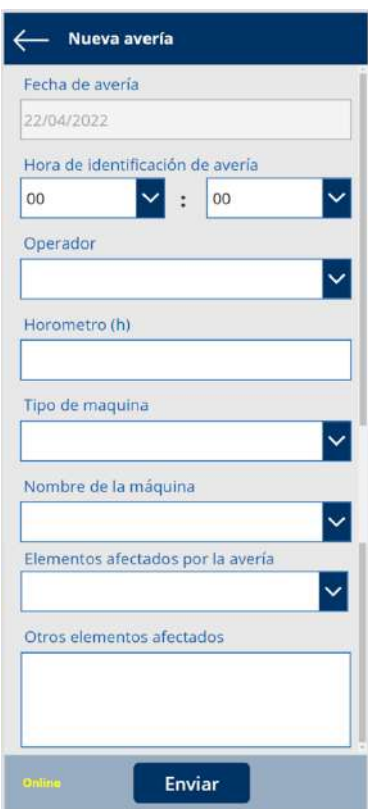


Tabla 20. Descripción del uso del aplicativo para envío de averías

En la primera pantalla del aplicativo de Maquinaria Agrícola, el operador accederá al formulario de averías, haciendo clic en el tercer botón.	Al iniciar, se podrán visualizar las averías registradas. Para crear nuevos registros de averías, se hará clic en el botón de “Agrega”.	En el formulario se ingresarán los siguientes datos: fecha, hora de inicio de avería, operador, horómetro, tipo de máquina, nombre, elementos afectados por la avería y otros elementos del equipo afectados.
		

Las averías se clasifican según los siguientes criterios:

- **Naturaleza:** una avería se puede clasificar según su naturaleza, es decir, si se debe a alguna falla eléctrica, hidráulica, mecánica, de neumáticos o alguna otra naturaleza de falla.
- **Causa de identificación:** indica de qué manera fue identificada la falla, ya sea en un accidente, si el equipo se detuvo durante la operación, si fue identificada durante un mantenimiento correctivo o preventivo, durante una inspección diaria o a través de una inspección del proveedor de servicios de mantenimiento.
- **Tipo de fallo:** si fue apareciendo de forma progresiva o súbita, y si fue fácilmente identificable o se encontraba oculto y fue de difícil identificación.

- Tiempo de indisponibilidad del equipo: en base a las horas de indisponibilidad de los equipos, se clasificarán las averías en graves, medias o leves. Se ha empleado la siguiente tabla para clasificación:

Tabla 21. Clasificación de averías por su tiempo de indisponibilidad

Tiempo de indisponibilidad	Clasificación	Mantenimiento
Mayores a 1 hora.	Graves	Realizar actividades para prevenir recurrencia de la misma falla.
Entre media y una hora.	Medias	Realizar actividades de mantenimiento preventivo.
Entre 5 minutos y media hora	Leves	Realizar actividades LILA, de mantenimiento autónomo.

- Afectación al personal: se debe evaluar si la falla o avería produjo alguna afectación al operador. Si se ocasionó una lesión grave, leve, una posible lesión o si no se presentaron daños personales.
- Afectación al medio ambiente: se debe evaluar si es que se presentaron efectos que dañaran el entorno o campos de siembra. Se puede indicar si es que se presentaron fugas de aceite o combustible, que afectaría el suelo donde serán sembrados cultivos posteriormente; si se emitieron gases contaminantes, si se afectado personal circundante o si se vieron afectados los cultivos o instalaciones.
- Afectación a las labores: evalúa si es que se vieron afectadas las labores de preparación de campo. Ya sea si la falla no afectó la operación, si disminuyó el rendimiento de la operación o si se detuvo la labor.
- Tiempo de inoperatividad: permite evaluar cuántos días de inoperatividad del equipo se presentaron a raíz de la falla. Puede clasificarse en muy largo, si fueron más de cinco días; largo; si fue entre 1-5 días; media, si fue entre 1-8 horas; o breve, si el equipo estuvo inoperativo solo unos minutos.
- Frecuencia de avería: si la avería se ha presentado de manera frecuente (1 vez por semana), ocasional (1 vez por mes), o es la primera vez que ocurre.
- Causas: se presenta una serie de causas de aparición de la falla, ya sea por accidente, corrosión, desajuste, desgaste de componentes, error en procedimientos, falta de coordinación de actividades, fallo de materiales o insumos, falta de inspección inicial de los equipos, es decir, la falla pudo evitarse si se realizaba correctamente la inspección inicial; falta de limpieza, falta de procedimientos, o falta de mantenimiento. También abarca causas relacionadas al operador como la fatiga, mala utilización del equipo o el incorrecto seguimiento de las instrucciones dadas por el supervisor.

Solo aquellas averías graves o que hayan afectado al personal o al medio ambiente, desencadenarán un análisis causa raíz.

Por último, es importante registrar cómo se solucionó la falla o avería. Usualmente, su aparición desencadena un mantenimiento correctivo, el cual será descrito en los siguientes apartados.

5.2.4.6 Localización de manuales de equipos. Para cada equipo, se realizó la búsqueda de su manual de uso y mantenimiento. Actualmente se dispone del 80% de los manuales de los equipos, estos archivos se encuentran completamente digitalizados y en carpetas del SharePoint del área de Campo, y son de fácil acceso para su lectura. Asimismo, el área dispone de una *tablet*, para facilitar la lectura de estos documentos y del llenado de formularios.

5.2.4.7 Sistema de gestión de la información. El área de Campo cuenta con un equipo en Teams, esto permitió la creación de una página de SharePoint, que ha permitido la gestión de documentos y registros de información mediante hojas de cálculo de Excel, documentos de Word o listas de Microsoft Lists.

Se creó una carpeta, donde se encuentran los documentos relacionados del mantenimiento de equipos. La creación de este sistema de registro se realizó empleando Microsoft Power Apps.

Primero se crearon entornos de almacenamiento de datos, se emplearon listas en Microsoft Lists y hojas de cálculo de Excel. Fueron creadas para la programación de mantenimientos preventivos, registro de mantenimientos preventivos, registro de mantenimientos correctivos, registro de equipos y su estatus. De forma complementaria, se empleó Power Automate para el envío de recordatorios cada vez que se registra un mantenimiento preventivo.

El sistema creado cuenta con las siguientes funciones:

- Programación de mantenimientos preventivos y su recordatorio semanal.
- Registro de mantenimientos preventivos realizados por la empresa (mantenimiento) y por el concesionario de servicios de mantenimiento.
- Registro de mantenimientos correctivos realizados por la empresa (mantenimiento) y por el concesionario de servicios de mantenimiento.
- Registro de los repuestos empleados en cada mantenimiento y su cantidad.
- Visualización de equipos y su estatus.
- Visualización de los mantenimientos ejecutados según equipo.
- Acceso directo a los manuales de equipos.

La integración de distintos aplicativos con los que dispone la empresa conforma un sistema. Debido a la cantidad de equipos con los que cuenta la empresa y son considerados críticos, no justifica la adquisición de un CMMS.

5.2.4.8 Mantenimiento preventivo. En base al análisis de criticidad previamente presentado, se ha estructurado la gestión del mantenimiento preventivo, que dependerá de cada tipo de equipo. Se han elaborado instructivos para cada tractor y frecuencia, el que se detallan los materiales e insumos requeridos en las actividades de mantenimiento y las operaciones que abarcan.

5.2.4.8.1 Tractores. Los manuales sugieren realizar el mantenimiento preventivo de los tractores cada 50, 250, 500 y 1000 horas. Este mantenimiento será programado en base al horómetro del equipo, este valor se controlará diariamente por el operador a través del Registro de horas y Registro de verificaciones iniciales. El mantenimiento correspondiente a las 50 horas se realizará por el operador semanalmente (los sábados o los lunes por la mañana), para este punto, revisar el siguiente procedimiento:

Por otro lado, el mantenimiento correspondiente a las 250 horas se realizará por el asistente operador de maquinaria agrícola en apoyo con su ayudante y el operador de maquinaria agrícola asignado al tractor. Algunas de las actividades que se ejecutarán en el mantenimiento preventivo de tractores a 250 horas incluyen:

- Reemplazar el filtro y aceite de lubricante del motor.
- Reemplazo del filtro de combustible.
- Revisión de la tensión de la correa.
- Revisión de aceite lubricante de caja de cambios, reducción final y sistema hidráulico.
- Lubricación de rótulas y cojinetes.
- Verificar y agregar refrigerante al sistema de refrigeración del motor.

El mantenimiento correspondiente a las 500 horas abarca las actividades del mantenimiento de las 250 horas y las actividades exclusivas de las 500 horas. De igual manera, se ejecutará por el asistente operador de maquinaria agrícola en apoyo con su ayudante y el operador de maquinaria agrícola asignado al tractor. Algunas de las actividades que se ejecutarán en el mantenimiento preventivo de tractores a 500 horas incluyen:

- Revisar el filtro de succión del sistema hidráulico y limpiarlo si se requiere.
- Reemplazar el filtro y el aceite lubricante de la caja de cambios, reducción final, frenos y sistema hidráulico.
- Reemplazar el elemento de filtro principal de aire.
- Revisar el aceite del sistema hidráulico y agregar si lo requiere.

Tener en cuenta que cuando se cumplan las 750 horas, se realizarán exclusivamente las actividades correspondientes a 250 horas.

El mantenimiento correspondiente a las 1000 horas abarcará actividades a las 250, 500 y las actividades exclusivas de las 1000 horas. Estas últimas actividades serán ejecutadas por el concesionario de servicio de mantenimiento. Algunas de las actividades que el personal de mantenimiento está capacitado a ejecutar son:

- Revisar las condiciones de carga del alternador.
- Revisar las condiciones y lubricación del eje cardán y lubricarlo si es necesario.
- Cambiar el aceite del sistema hidráulico.
- Limpiar, ajustar, drenar y enjuagar el sistema de refrigeración del motor.

5.2.4.8.2 Implementos. El mantenimiento preventivo de los implementos variará en función de cada tipo de implemento. Generalmente, el mantenimiento preventivo consiste en lubricación y ajuste, actividades que pueden ser realizadas por el asistente operador de maquinaria agrícola y su ayudante. Ciertos implementos requieren realizar actividades de mantenimiento, antes o al cierre de cada temporada.

5.2.4.9 Ejecución y registro del mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo en la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola se ejecutará mediante órdenes de trabajo, que serán asignadas y permitirán establecer un orden. De esta manera, se podrán programar las actividades de mantenimiento para maximizar la productividad de la subárea.

Debido a que el mantenimiento solo abarcará maquinaria agrícola, las órdenes de trabajo se registrarán de diferente manera. Las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo se registrarán utilizando el aplicativo de Power Apps, en la que existirá una interacción entre el ingeniero supervisor y el asistente operador de maquinaria agrícola. Las ordenes de trabajo de mantenimiento correctivo se crearán cada vez que aparezca una avería y se crea conveniente realizar un mantenimiento correctivo.

5.2.4.9.1 Programación del mantenimiento. Anualmente, el ingeniero supervisor junto a la jefatura del área de Campo, elaborará el programa anual de mantenimiento, en donde se establecerá una fecha estimada de ejecución del mantenimiento para cada tractor, en base a las horas de uso promedio de cada mes; de esta manera se podrá elaborar el presupuesto de mantenimiento.

Mensualmente, el ingeniero supervisor creará órdenes de trabajo o programará mantenimientos para los tractores e implementos, en función del horómetro de los equipos, esto se realizará empleando el aplicativo en Power Apps. En base al Registro de verificaciones iniciales, el ingeniero supervisor identificará qué materiales adicionales pueden ser

solicitados. Según esta programación, se solicitarán los materiales y suministros, ya sean filtros, aceites o grasa lítica.

En el caso que el servicio sea realizado por un concesionario de servicios, se debe contactar con el área de compras, para establecer un contacto con el proveedor. Se le indicará la hora y fecha en la cual podrá acercarse a la empresa para la ejecución del servicio.

Tabla 22. Descripción de la programación del mantenimiento

- (i) El operador accederá a la pantalla inicial de la aplicación. Se accederá al primer botón para realizar el envío del mantenimiento preventivo programado.
- (ii) Para enviar el mantenimiento preventivo programado, se completará el formulario, ingresando el nombre del equipo, la fecha programada, la cantidad de horas a la cual se realizará el mantenimiento, el nombre del responsable y observaciones.

Fecha	Nombre de los equipos	Num. horas	Responsable
10 agosto 2022	Tractor Valtra BM110	500	
3 agosto 2022	Tractor Valtra BF75	250	
28 julio 2022	Tractor SAME Explorer 115E	1000	

5.2.4.9.2 Mantenimiento preventivo de tractores a las 50, 100, 250 y 500 horas. En este caso, el asistente operador de maquinaria y sus ayudantes son encargados de ejecutar el mantenimiento. Se cuenta con un procedimiento escrito que detalla las operaciones a ejecutar, para cada tractor y según su horómetro; para su creación se ha utilizado el manual y las indicaciones del asistente operador.

- Se enviará automáticamente, un recordatorio siete días y un día antes de la fecha programada de la ejecución del mantenimiento. Días previos al mantenimiento programado, se confirmará que se han cumplido las horas requeridas visualizando el registro de verificaciones iniciales.
- Después de asegurarse de contar con los suministros requeridos, se ejecutará el mantenimiento, según las indicaciones del ingeniero supervisor. Se pueden utilizar los instructivos como una guía para su ejecución. Se comunicará y señalizará la indisponibilidad del tractor.

- Para el registro del mantenimiento, se empleará el aplicativo en Power Apps.

Tabla 23. Descripción del registro de un mantenimiento preventivo de tractores a las 50, 100, 250 y 500 horas

- El operador accederá a la pantalla inicial de la aplicación. Luego, deberá escoger si desea registrar un mantenimiento preventivo o correctivo. Escogerá si el mantenimiento será ejecutado por el área de maquinaria o el concesionario. Para finalmente, escoger el equipo del cual desea registrar un mantenimiento (tractor, implemento, moto o cuatrimoto).
- En este formulario se registrará la fecha, nombre del operador, horómetro, hora de inicio del mantenimiento, estado inicial, cantidad de horas, actividades ejecutadas, repuestos a utilizar, hora de fin del mantenimiento, estado final y observaciones.

5.2.4.9.3 Mantenimiento preventivo de tractores a las 1000 horas o ejecutado por concesionario. En este caso, el mantenimiento será ejecutado por el concesionario de servicios de mantenimiento. Tener en cuenta que el asistente operador y su ayudante, deberán estar presentes durante las actividades de mantenimiento, y cuando termine la labor, el ingeniero supervisor debe verificar el estado final de los equipos. Para el registro del mantenimiento, se empleará el aplicativo en Power Apps.

Tabla 24. Descripción del registro de un mantenimiento preventivo de tractores a las 1000 horas

- El operador accederá a la pantalla inicial de la aplicación. Luego, deberá escoger si desea registrar un mantenimiento preventivo o correctivo. Escogerá si el mantenimiento será ejecutado por el área de maquinaria o el concesionario.

- (ii) En este formulario se registrará la fecha, nombre de la empresa proveedora, equipo, tipo de servicio, horómetro, estado inicial, cantidad de horas del mantenimiento, estado final, duración total, actividades ejecutadas, repuestos y observaciones.

← Registro de mantenimientos preventivos por concesionario

Fecha: 28/07/2022

Nombre de la empresa proveedora de servicios: []

Nombre del equipo: [v]

Tipo: Mantenimiento preventivo [v]

Horómetro: []

Estado inicial del equipo: Operativo [v]

Cantidad de horas de mantenimiento: [v]

Estado final del equipo: Operativo [v]

Duración total de mantenimiento: []

Actividades ejecutadas: []

Repuestos: []

Observaciones: []

Nombre del operador externo: []

Nombre del cliente que recibió conforme: []

Online []

Enviar datos

5.2.4.10 Mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo se ejecutará cada vez que las labores de los tractores e implementos se vean interrumpidas. Y son ejecutadas como consecuencia de la aparición falla, para restaurar sus condiciones de correcto funcionamiento. Por lo tanto, las actividades de mantenimiento correctivo serán ejecutadas en momentos no planificados (Wang & Pham, 2006).

El mantenimiento correctivo será ejecutado en tres pasos:

- El primer paso será el diagnóstico de la falla o avería, es decir, se debe identificar cuál ha sido la falla. De esta manera, el personal de mantenimiento tendrá conocimiento de qué componente del equipo está fallando. En este paso, se realizarán las actividades indicadas en el apartado 5.2.3.5. Si es que la avería implica un paro parcial o completo del equipo, se priorizarán y deberán ser solucionadas inmediatamente.
- Reparación y/o reemplazo de componentes: Este paso consiste en la ejecución del mantenimiento, que consistirá en identificar quién será el encargado de resolver la avería. Si la avería puede ser solucionada por el asistente operador de maquinaria agrícola y su ayudante, se programará la ejecución del Mantenimiento Correctivo. En fallas anteriores, se ha requerido llevar el componente averiado a un técnico local, debido a que no se cuenta con todas las herramientas para la ejecución del mantenimiento correctivo. Previo a realizar el mantenimiento, se debe contar con los materiales necesarios para su ejecución y alertar de la indisponibilidad de los equipos.

Caso contrario, se coordinará con el área de Compras, la gestión de una solicitud de servicio con el concesionario correspondiente. Se debe indicar al concesionario que la avería debe ser solucionada de forma urgente. Es necesario priorizar esta actividad, pues implica el incremento del tiempo de indisponibilidad de equipos.

- Verificación de la acción correctiva: antes de la ejecución de un mantenimiento correctivo es importante conocer el estado del equipo, es decir, determinar sus condiciones iniciales con la avería; por lo tanto, después de realizar el mantenimiento, se debe constatar el estado final del equipo. Si el mantenimiento fue ejecutado por el asistente operador y su ayudante, el ingeniero supervisor debe verificar el estado final del equipo y comprobar que la avería ha sido solucionada; en el caso que no se haya solucionado, se programará la inspección del concesionario.

Si el mantenimiento fue ejecutado por el concesionario, el ingeniero supervisor deberá verificar que se hayan ejecutado las actividades indicadas por el informe y junto al técnico, se comprobará que el equipo funciona correctamente en campo. En el caso que no se haya solucionado, se programarán revisiones posteriores.

- Registro de mantenimiento correctivo: para el registro de los mantenimientos correctivos ejecutados, se empleará el aplicativo en Power Apps, siguiendo estos pasos:

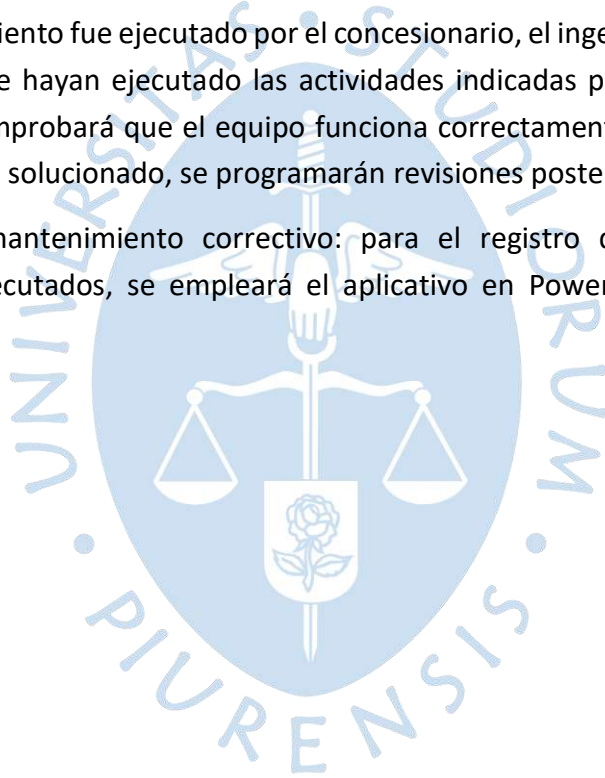


Tabla 25. Descripción del registro de un mantenimiento correctivo de tractores

- (i) El operador accederá a la pantalla inicial de la aplicación. Luego, deberá escoger si desea registrar un mantenimiento preventivo o correctivo. Escogerá si el mantenimiento será ejecutado por el área de maquinaria o el concesionario.
- (ii) En este formulario se registrará la fecha, equipo, tipo de servicio, horómetro, estado inicial, cantidad de horas del mantenimiento, estado final, duración total, actividades ejecutadas, repuestos utilizados y observaciones. Si corresponde se registrará nombre de la empresa proveedora o el responsable de la ejecución del mantenimiento.

Registro de mantenimientos correctivo (área de maquinaria)

Fecha: 28/07/2022

Nombre del equipo: [dropdown]

Hora de inicio de la actividad: 00 : 00

Estado inicial del equipo: Operativo

Horómetro: [text]

Nombre del operador a cargo: [dropdown]

Estado final del equipo: Operativo

Hora final de la actividad: 00 : 00

CECO: [dropdown]

Partes afectadas: [text]

Actividades: [text]

Repuestos: [text]

Observaciones: [text]

Online [button: Enviar datos]

Registro de mantenimientos correctivo (concesionario)

Fecha: 28/07/2022

Nombre de la empresa proveedora de servicios: [text]

Nombre del equipo: [dropdown]

Tipo: Mantenimiento correctivo

Horómetro: [text]

Estado inicial del equipo: Operativo

Estado final del equipo: Operativo

Duración total de mantenimiento: [text]

CECO: [dropdown]

Partes afectadas: [text]

Actividades ejecutadas: [text]

Repuestos: [text]

Observaciones: [text]

Online [button: Enviar datos]

5.2.4.11 Gestión de piezas de recambio. En cada mantenimiento preventivo y correctivo ejecutado, se realiza el cambio y reemplazo de piezas importantes para el funcionamiento del equipo, estas son denominadas piezas de recambio, este es un aspecto importante para considerar en la implementación de mantenimiento planeado.

Según Rey (2010), una pieza de recambio es aquella destinada a reemplazar una defectuosa o desgastada en el funcionamiento de una máquina o equipo. Siguiendo los

principios propuestos en el artículo presentado, se realizó la clasificación de las piezas de recambio de los tractores en las siguientes categorías:

5.2.4.11.1 Piezas de funcionamiento e insumos. Componentes de los equipos que están previstos a presentar desgaste durante la vida del equipo y su operación diaria, ya sea por corrosión o rozamiento. En el manual de cada equipo, se consideran qué piezas deben cambiarse a las 250 y 500 horas de funcionamiento. Se ha realizado la identificación, registro y codificación de las piezas de funcionamiento de los tractores. Por ejemplo: filtro de combustible, filtros de aire externo e interno, filtro de aceite, retenes, etc.

Por lo tanto, para las piezas de funcionamiento se debe mantener stock en almacén. Se presentaron dos propuestas: realizar una compra anual, basándonos en el plan de mantenimiento anual, de esta manera, se asegura la disponibilidad de piezas, sin embargo, se incrementarán los gastos de almacenamiento. La otra opción es establecer un contrato con el fabricante, en el que se realice un abastecimiento con una frecuencia trimestral. Por lo tanto, el costo de las piezas se podrá incluir en el presupuesto anual, como parte del costo anual de mantenimiento. En conversación con el área administrativa, se decidió escoger la segunda propuesta.

Dos días previo a la ejecución de cada mantenimiento preventivo, se retirarán de almacén principal estas piezas, indicando el nombre del artículo y su cantidad; para ser almacenadas en el taller de mantenimiento, de esta manera se reduce la acumulación de materiales. Administrativamente, se enviarán correos para registrar la salida de piezas del almacén y para control interno.

Tener en cuenta, que entre las piezas de funcionamiento algunas se pueden encontrar en el mercado local, como las fajas internas; otras que son muy específicas, deben ser adquiridas directamente al fabricante.

5.2.4.11.2 Pieza de recambio de primera urgencia. Según Rey (2010), estos materiales deben estar disponibles para recambio, debido a que una avería repentina o progresiva puede afectar a los equipos y producir indisponibilidad. Para estas piezas se recomienda contar con un almacén descentralizado, de esta manera no se ocupará espacio de almacén central y tampoco espacio del taller de mantenimiento. En estas piezas se incluyen: neumáticos,

Durante la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos, además de emplear piezas de recambio y herramientas, se emplean insumos como aceites de motor, aceite para engranajes, aceite hidráulico, refrigerantes y grasa lítica. Por lo tanto, también deben considerarse en el presupuesto anual de mantenimiento.

Los operadores de maquinaria agrícola están expuestos a estos insumos cada vez que ejecutan un mantenimiento de equipos. Algunos pueden ser considerados dañinos para su salud. Por lo tanto, se ha realizado un análisis de seguridad de cada uno de estos materiales,

para esta se ha creado una ficha de materiales. Este análisis permitirá tomar decisiones de lugares de almacenamiento y EPP a utilizar.

De igual manera que con las piezas de recambio, también se ha creado una codificación para los insumos. Cada ficha contiene datos como: uso, presentación, datos del fabricante y proveedor, imagen del producto, triángulo HMIS (salud, inflamabilidad y peligro físico), riesgo, efectos en la salud y primeros auxilios para la inhalación, contacto con la piel, contacto con los ojos e ingestión; equipo de protección personal (EPP) sugerido, recomendaciones en caso de incendio, almacenamiento y de vertido accidental; características físicas y posibles daños al medio ambiente.

Obteniendo las siguientes conclusiones:

- Insumos como aceites de motor y de uso múltiple, no son catalogados un peligro para la salud, sin embargo, son inflamables, por lo tanto, en su almacenamiento se deben evitar derrames y fugas. El EPP requerido para su operación sería: lentes de seguridad, guantes de nitrilo, zapatos de seguridad, overol y respirador contra partículas.
- La exposición excesiva a aceites para engranajes puede causar lugar a irritación de ojos, piel o al aparato respiratorio.
- Para los fluidos de transmisiones automáticas, se recomienda usar ventilación local, para evitar la excesiva inhalación de vapores.
- El refrigerante de motor puede provocar daños a la salud bajo exposiciones prolongadas, por lo que se sugiere no respirar el polvo, humo o gas.
- La grasa lítica no es considerada un material peligroso, pero debe evitarse su exposición a llamas, chispas o altas temperaturas.

5.2.4.12 Principios para establecer el mantenimiento predictivo. Actualmente, se dispone de tecnologías que facilitan el mantenimiento predictivo en máquinas. Generalmente, se incluyen técnicas de monitoreo de vibraciones, termografía, ultrasonido y parámetros de proceso (R. Keith, 2002). El principal objetivo es conocer el estado de las máquinas en tiempo real, asegurando su funcionamiento óptimo y disponibilidad.

La implementación del mantenimiento incluye contar con datos históricos en relación con la vida útil de los equipos (Mafla, Castejon, & Rubio, 2022). En la implementación, se están elaborando registros de disponibilidad, actividades, averías y mantenimientos ejecutados. Estableciendo los primeros pasos para la implementación de mantenimiento predictivo.

En la investigación realizada por Mafla, Castejón & Rubio (2022), se propone un monitoreo del motor de un tractor agrícola, en donde se incorporó un sistema sensorial para la medición de vibración, temperatura y régimen del motor. Este análisis permitió concluir que, la vibración del motor varía cuando presenta defectos en el funcionamiento de cilindros,

mala sincronización y fallos en el sistema de inyección. Los que corresponden a fallas rutinarias y afectan directamente a la combustión.

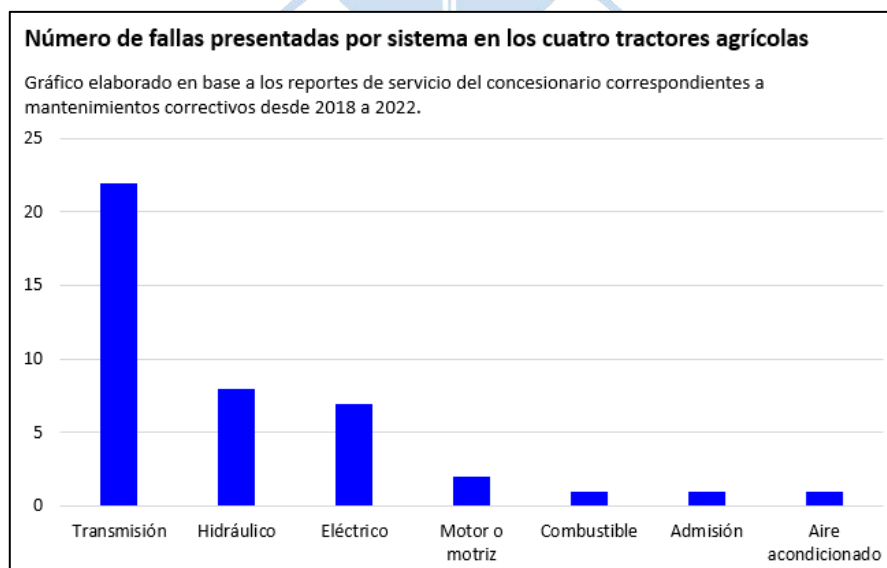
En la inspección realizada, se realizó la medición de la presión del sistema hidráulico, esta es una forma para conocer el actual del sistema hidráulico, comparándolo con un estándar. Asimismo, la medición de la presión de los neumáticos establece un control; en el que cada vez que se identifique un valor fuera del estándar, se podrán realizar actividades de mantenimiento preventivo.

En base a los registros de mantenimiento correctivo (reportes de servicio de concesionario históricos), se puede concluir que las zonas críticas y componentes a considerar son:

- Sistema eléctrico: arranque, bocinas, focos, batería.
- Sistema hidráulico: fugas de aceite hidráulico, estado de cilindros hidráulicos, conectores y bomba hidráulicos.
- Sistema motriz: faja de motor y multiplicador de la toma de fuerza.
- Sistema de transmisión: fugas de aceite de transmisión, estado de puente delantero, dirección, embrague, faja de distribución, montaje de caja de transmisión y armado de componentes.

Se ha elaborado el siguiente gráfico que representa la cantidad de fallas que han presentado los cuatro tractores en los últimos cuatro años, según el sistema afectado. Pudiendo evidenciar que el sistema de transmisión ha sido el que ha presentado mayor cantidad de averías. Por lo tanto, debe ser aquel que se le presente mayor atención.

Figura 23. Gráfico de barras del número de fallas por categoría



5.2.4.13 Principios para establecer el control inicial. El control inicial establecido incluye actividades y análisis que deben realizarse al adquirir un equipo agrícola.

Primero se deben identificar las características técnicas del equipo que se desea adquirir, según las labores para las cuales se desea emplear el equipo. Junto con la compra del equipo, se deberá solicitar ciertas piezas de recambio, que pueden fallar en la etapa de pruebas. Por lo tanto, cuando se ingresen los nuevos equipos, se tendrán en el almacén aquellas piezas de recambio, según las instrucciones del fabricante.

Se deberá actualizar el registro de equipos, en el que se indican datos básicos del equipo adquirido y se codificará, según los criterios propuestos y se elaborará su ficha técnica. Si se tiene un manual físico, se escaneará, convertirá a PDF y se publicará en las carpetas correspondientes en SharePoint.

Realizar la captura de fotos del equipo, para tener un registro de sus condiciones iniciales. Asimismo, registrar las etiquetas de seguridad. Debido a que, durante el uso del equipo, estas se pueden desgastar, por lo tanto, se va a requerir preservarlas en buen estado y reemplazarlas de ser posible.

Registrar las actividades de mantenimiento que indique el manual del equipo, indicar los suministros y el detalle de las actividades; elaborar los procedimientos correspondientes para el equipo y según la cantidad de horas que indica el manual. También se determinarán las actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste que se realizarán en el equipo e incluirlas en los procedimientos correspondientes.

Añadir el registro del equipo en el aplicativo de Power Apps, dependiendo del tipo de equipo, ya sea tractor, implemento, equipo de taller, *sprayer* o equipo de transporte.

Se deberán ejecutar las actividades que el manual sugiere durante las primeras horas de funcionamiento, en el caso de los tractores se suele denominar periodo de asentamiento. Se sugiere que mientras los equipos estén en garantía, los mantenimientos los realice el concesionario autorizado. Posteriormente, el mantenimiento preventivo puede ser ejecutado por el asistente operador de maquinaria agrícola y sus ayudantes.

Se debe elaborar una Ficha de datos de seguridad de materiales, cada vez que se introduce un nuevo insumo a la lista de materiales empleados en el mantenimiento. De esta manera, se tendrá en cuenta el tipo de equipo de protección personal que debe utilizar el operador al manipular cada producto.

5.3 Análisis económico de la implementación

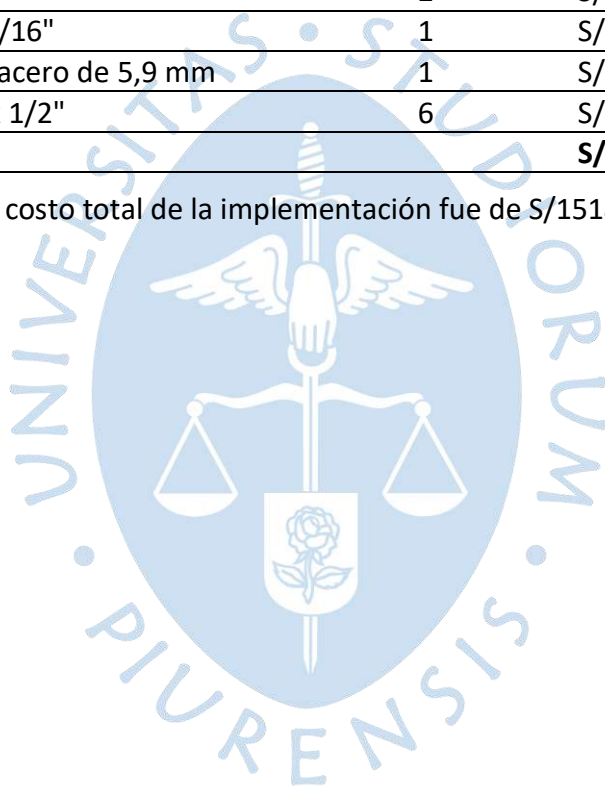
La adquisición de los materiales empleados en la implementación se realizó en ferreterías y librerías locales. Se han considerado los costos totales de los materiales adquiridos en la implementación. También se han considerado los materiales empleados para

la elaboración de las mesas. Los precios presentados son referenciales y han sido extraídos de la página web de los proveedores.

Tabla 26. Lista de productos adquiridos en la implementación

Producto	Cantidad		Precio total
Cola de ratón	1	S/	1,50
Tablero ranurado MDF 18 mm	2	S/	189,00
Pintura de tráfico amarilla	2	S/	193,00
Cinta de señalización para pisos amarillo y negra	2	S/	40,00
Cinta de señalización amarilla	1	S/	20,00
Cinta de señalización azul	1	S/	20,00
Cinta <i>masking tape</i>	2	S/	14,80
Plancha estriada de 1/16"	1	S/	160,00
Plancha laminada en acero de 5,9 mm	1	S/	500,00
Tubo cuadrado de 1 x 1/2"	6	S/	380,00
Total		S/	1.518,30

Por lo tanto, el costo total de la implementación fue de S/1518,30.



Capítulo 6

Análisis de resultados de disponibilidad

En este capítulo, se presentarán los criterios considerados para la elección del tipo de disponibilidad a evaluar, el método aplicado para la toma de datos y el análisis de los resultados obtenidos.

6.1 Identificación de tipos de disponibilidad

En el apartado 2.5.1 se presentan los diferentes tipos de disponibilidad, los que se diferencian por su alcance en tiempos a considerar. Para escoger el tipo de disponibilidad a medir, se analizó mediante una matriz de priorización.

Se han considerado tres criterios para la elección de la disponibilidad:

Tabla 27. Criterios por considerar en la matriz de priorización

Criterio	Detalle	Porcentaje ponderado
Disponibilidad de información	Evalúa si se dispone de los medios para el registro de los datos.	40%
Adaptabilidad del sistema	Evalúa si el tipo de disponibilidad escogida se adapta a las condiciones del equipo o conjunto de equipos.	30%
Sustentabilidad	Evalúa si el indicador de disponibilidad se podrá medir durante los próximos meses de implementado la metodología de 5S y Mantenimiento planeado.	30%

Se realizó la asignación de calificación a cada tipo de disponibilidad, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 28. Matriz de priorización para escoger el tipo de disponibilidad a medir

Tipo de disponibilidad	Disponibilidad de información	Adaptabilidad del sistema	Sustentabilidad	Total
Genérica	4	5	4	4,3
Intrínseca	4	4	3	3,7
Alcanzada	4	4	3	3,7
Operacional	1	3	1	1,6

Tipo de disponibilidad	Disponibilidad de información	Adaptabilidad del sistema	Sustentabilidad	Total
Operacional generalizada	1	1	1	1

Obteniendo que los tipos de disponibilidad con mayor puntaje es la disponibilidad genérica. Sin embargo, en base a la disponibilidad de información, también se podría considerar la disponibilidad alcanzada para futuras implementaciones.

- Disponibilidad genérica: se adecuaría para el caso de la empresa tratada, debido a que después de la implementación se dispone de la información suficiente para su cálculo. Previo a esta, el indicador no era medido y no existían registros de horas de trabajo de tractores, ni de las horas de duración de mantenimientos o de la ocurrencia de averías.

Este tipo de disponibilidad contempla los tiempos útiles y de no funcionalidad, por lo tanto, se adaptaría al sistema de tractores de la empresa, y al método de registro de datos implementado; donde cada operador registra las horas de trabajo del tractor y el horómetro al iniciar cada labor.

El indicador podrá ser medido en los próximos años porque ya están definidos los métodos y han sido puestos en práctica; lo que implica su permanencia a lo largo del tiempo de la empresa.

- Disponibilidad alcanzada: se adecuaría para el caso de la empresa tratada debido a que después de la implementación se podrá disponer de la información requerida como la duración de mantenimiento preventivo.

Este tipo de disponibilidad se adaptará al sistema de tractores debido a que, dentro de la aplicación de maquinaria, se ha designado un espacio para el registro de los mantenimientos preventivos ejecutados, por lo tanto, se podrá medir este tiempo.

Si bien el indicador podrá ser medido en los próximos años, debido a que ya están definidos los métodos, se requerirá del apoyo del ingeniero supervisor para el registro, y esta persona realiza actividades de nivel estratégico.

6.2 Registro y almacenamiento de datos

Para los datos de disponibilidad, se decidió realizar un registro de las actividades, en la que cada operador de maquinaria agrícola registre en un formulario las horas en que el equipo estuvo en operación y aquellos tiempos de indisponibilidad.

Para completar el formulario, se deberá registrar la fecha (valor automático), el nombre del operador, el tipo de registro (actividad o interrupción), el nombre de la actividad o labor, la hora de inicio y de fin, el tractor e implemento empleado, el horómetro inicial y final del tractor.

En el caso que el registro corresponda a una interrupción, se deberá escoger la causa de la interrupción: campañas de seguridad, capacitaciones planificadas, cruce de actividades entre áreas, fallas en tractores o implementos, incidentes, mantenimiento correctivo, preventivo, reuniones planificadas o no planificadas.

Figura 24. Modelo de aplicación de registro de actividades

The figure displays two versions of a mobile application interface for recording activities. Both screens have a dark blue header with a back arrow and the title 'Registro de actividades'.

The left screen shows a form with the following fields:

- Fecha**: A date input field.
- Operador**: A dropdown menu.
- Tipo**: A dropdown menu with 'Actividad' selected.
- Nombre de la actividad**: A dropdown menu.
- Razon**: A dropdown menu.
- Hora de inicio**: Two dropdown menus for hours and minutes, separated by a colon.
- Hora de fin**: Two dropdown menus for hours and minutes, separated by a colon.

 At the bottom, there is a yellow 'Online' status indicator and a blue 'Enviar' button.

The right screen shows a form with the following fields:

- Tractor**: A dropdown menu.
- Implemento**: A dropdown menu.
- Observaciones**: A text input field.
- Horometro inicial**: A text input field.
- Horometro final**: A text input field.

 At the bottom, there is a yellow 'Online' status indicator and a blue 'Enviar' button.

Las actividades e interrupciones registradas se almacenan en una hoja de cálculo de Excel, ubicada en el SharePoint, que es de fácil acceso por el personal interesado.

6.3 Análisis de datos de disponibilidad

El análisis de la disponibilidad se realizará por cada tractor con los que cuenta la empresa: Tractor Valtra A990, Tractor Valtra BM110, Tractor Valtra BF75 y Tractor Same Explorer 115E. En los meses posteriores a la implementación, se adquirieron dos nuevos tractores, los que no han sido considerados en el análisis de datos de disponibilidad.

El periodo de recogida de datos fue de 8 meses, iniciando el 1 de abril del 2022 y finalizando el 1 de diciembre del 2022.

En la hoja de cálculo de Excel de recolección de datos, cada registro era una actividad o interrupción enviada por los operadores de maquinaria agrícola. Estos datos eran trasladados a una tabla de control por cada tractor, cada fila corresponde a una fecha. Por cada una se acumularon las horas trabajadas y no trabajadas, correspondientes a

interrupciones de servicio por capacitaciones, reuniones planificadas, mantenimientos preventivos, correctivos y averías.

Finalmente, los datos son resumidos en una tabla donde se detalla la fecha y hora de inicio de interrupciones. Se han considerado aquellas interrupciones de una duración mayor a una hora.

6.4 Disponibilidad genérica

Con los datos registrados, se podrá obtener el valor de UT (tiempos útiles), DT (tiempos en los que la máquina no funciona o produce), m (número de eventos de UT) y n (número de no funcionalidades). Empleando la ecuación 5, se calcula la disponibilidad genérica para cada tractor.

Para el cálculo del MDT o tiempo promedio de indisponibilidad, se hallaron los parámetros que componen la distribución de Weibull.

Se empleó el método de mínimos cuadrados para la linealización de los parámetros de una distribución Weibull. La función acumulativa de Weibull es simplificada hasta conformar los componentes de una ecuación lineal (Reliability Web, s.f.):

$$\begin{aligned}
 F(t) &= 1 - e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \\
 e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} &= 1 - F(t) \\
 \frac{1}{e^{\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta}} &= 1 - F(t) \\
 \frac{1}{1 - F(t)} &= e^{\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \\
 \ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] &= \ln e^{\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \\
 \ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] &= \left(\frac{t-\delta}{\theta} \right)^\beta \\
 \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] \right] &= \ln \left(\frac{t-\delta}{\theta} \right)^\beta \\
 \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] \right] &= \beta \ln \left(\frac{t-\delta}{\theta} \right) \\
 \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] \right] &= \beta \ln(t - \delta) - \beta \ln(\theta) \rightarrow y = \beta x + b
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Realizando las equivalencias:

$$\ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] \right] = y \quad (15)$$

$$\ln(t - \delta) = x$$

$$-\beta \ln(\theta) = b$$

La expresión de la variable dependiente “y” en la ecuación 15 involucra el valor de la función acumulativa $F(t)$. Debido a que este valor es desconocido y no es posible calcularlo al no tener los parámetros, se hace uso de un estimador, $F(i)$. Este estimador es el de rango de mediana, que es no paramétrico y para el número de datos con que se cuenta, está definido por:

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} \quad (17)$$

Donde i es el orden del dato y n es el número de datos.

Por otro lado, en la ecuación 16 al ser los tractores relativamente nuevos, el valor de δ se puede despreciar.

La variable independiente puede simplificarse para despejar β .

$$\ln(\theta) = -\frac{b}{\beta}$$

$$\theta = e^{-\frac{b}{\beta}} \quad (18)$$

Por cada tractor, los registros de tiempos de indisponibilidad se ordenaron de manera ascendente y se realizan cálculos consecutivos:

- Se calcula el logaritmo natural del valor de DT: $\ln(DT)$, que equivale a la ecuación 16, por lo tanto, es el componente horizontal de la recta de regresión.
- $F(i)$ es el rango de mediana. Debido a que contamos con menos de 20 registros, se empleará la ecuación 17.
- A continuación, se calcula la siguiente función: $\ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(i)} \right] \right]$, que equivale a la ecuación 15, por lo tanto, es el componente del eje vertical de la recta de regresión.

Con los datos de “X” y “Y”, se estima la recta de regresión. De esta manera, se determinaron los valores de:

- Beta (β) o pendiente de la recta de regresión lineal.
- Intercepto (b) de la recta de regresión lineal.

De esta manera, se obtienen los valores requeridos para hallar el MDT:

- Theta (θ), para obtener este valor se emplea la siguiente ecuación 18.
- MDT, que es obtenido de la siguiente manera:

$$MDT = \theta * \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (19)$$

En Mora (2009, pág. 99), se presenta un ejemplo del cálculo de estos parámetros. En adición, se presenta el cálculo aproximado del MTTR, relación entre el tiempo total de DT y el número de DT. Y el cálculo del MTBF, relación entre la diferencia entre el tiempo total de UT y DT, y el número de DT.

6.4.1 Tractor Valtra A990

Se registraron cuatro interrupciones, causadas por fugas de aceites, inspecciones de mantenimiento correctivo, reparación de componentes para reestablecer sus condiciones iniciales. Los datos de UT y DT se presentan en horas.

Tabla 29. Interrupciones de la operación del tractor Valtra A990 en el periodo evaluado

Nº	Fecha de inicio de UT	Fecha de fin de UT	UT	Fecha de inicio de interrupción	Fecha de fin de interrupción	DT
1	01-abr 06:45	27-may 08:00	417,3	27-may 08:00	27-may 09:00	1
2	27-may 09:00	06-jul 10:00	184,1	06-jul 10:00	06-jul 14:00	4
3	06-jul 14:00	30-jul 08:00	76,2	30-jul 08:00	30-jul 11:30	3,5
4	30-jul 11:30	12-oct 6:45	267	12-oct 6:45	15-oct 11:15 ¹	8
5	15-oct 11:15	01-dic 16:00	209,5			

En base a los datos previamente presentados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 30. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Valtra A990

UT	DT	m	n	Disponibilidad genérica
1154,1 h	38,5 h	195	4	58,93%

Se realizó la alineación con regresión de mínimos cuadrados, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 31. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Valtra A990

i	DT	Ln(DT)	F(i)	1/1-F(i)	Ln(Ln(1/1-F(i)))
1	1	0,0000	0,1591	1,1892	-1,7529
2	3,5	1,2528	0,3864	1,6296	-0,7167
3	4	1,3863	0,6136	2,5882	-0,0503
4	8	2,0794	0,8409	6,2857	0,6088

¹ Si bien el tiempo total de indisponibilidad es de 30 horas, se considera solo 8 horas, pues son las horas netas de ejecución del mantenimiento correctivo externo.

Se elaboró la aproximación de la recta utilizando los mínimos cuadrados, de esta manera, se obtuvo la ecuación de la recta, pudiendo aproximar los valores de beta e intercepto. Para la disponibilidad genérica, se estimará MDT (tiempo promedio de indisponibilidad) y una estimación de MTTR y MTBF.

Figura 25. Estimación de recta de regresión para tractor Valtra A990

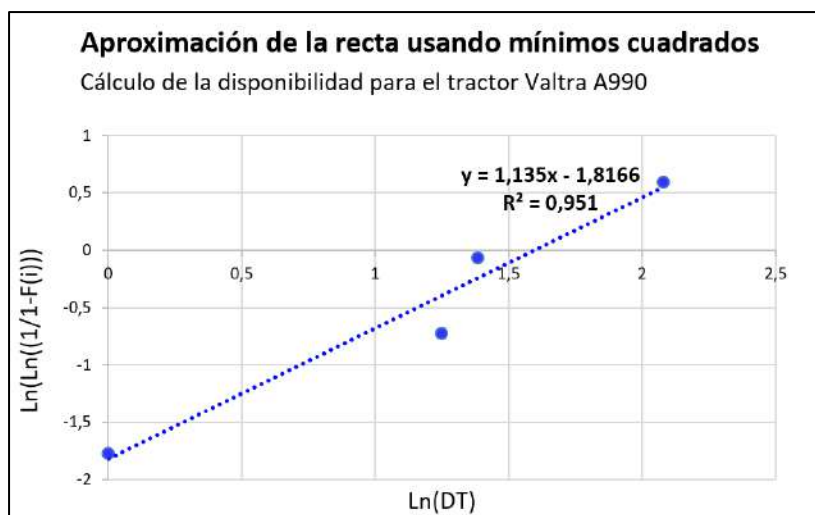


Tabla 32. Indicadores de mantenimiento para el tractor Valtra A990

β	Intercepto	Alfa	MDT	MTTR	MTBF
1,135	-1,8166	4,9556	4,73 h	4,13 h	284,40 h

Según los resultados, la disponibilidad genérica de este tractor es de 58,9% y una de las menores en comparación al resto de tractores. Este tractor fue adquirido en el año 2013, por lo tanto, tiene mayor tiempo de uso y se ha incrementado progresivamente su tiempo de indisponibilidad. Su uso ha disminuido, lo que ha originado que la ejecución de mantenimientos correctivos se postergue; priorizando a aquellos tractores que fueron adquiridos recientemente, su tiempo estimado de parada es de 4,73Se h.

Durante la implementación, se realizaron inspecciones a los equipos por el concesionario, este corresponde el tercer registro de la Tabla 28. El cuarto registro de la misma tabla corresponde a la ejecución de un mantenimiento correctivo, con el objetivo de restaurar ciertas condiciones iniciales del equipo.

La implementación de mantenimiento planeado tomó lugar entre los meses de mayo y setiembre; se puede evidenciar que posteriormente a estos meses, la cantidad de paradas debido a averías disminuyó significativamente para este tractor; demostrando una mejora en su disponibilidad. Las actividades de inspección, limpieza y lubricación permitieron mejorar el estado del tractor, pues los operadores comunicaron oportunamente las fallas y el personal de mantenimiento pudo hacer el cambio de los componentes que estaban presentando fallas.

6.4.2 Tractor Valtra BF75

Se registraron siete interrupciones, estas se presentaron bajo las siguientes circunstancias: inspecciones generales como parte de mantenimiento correctivo y su ejecución, cambio de componentes averiados como la batería y arrancador. Los datos de UT y DT se presentan en horas.

Tabla 33. Interrupciones de la operación del tractor Valtra BF75 en el periodo evaluado

N°	Fecha de inicio de UT	Fecha de fin de UT	UT	Fecha de inicio de interrupción	Fecha de fin de interrupción	DT
1	01-abr 06:45	11-may 08:00	268,6	11-may 08:00	11-may 12:00	4
2	11-may 12:00	28-may 10:00	131,2	28-may 10:00	28-may 11:30	1,5
3	28-may 11:30	05-jul 09:30	162,3	05-jul 09:30	05-jul 13:30	4
4	05-jul 13:30	11-jul 13:00	20,6	11-jul 13:00	12-jul 10:30	7,5
5	12-jul 10:30	22-jul 14:00	42,2	22-jul 14:00	23-jul 14:00	9,5
6	23-jul 14:00	25-jul 08:00	2,3	25-jul 08:00	25-jul 14:00	6
7	25-jul 14:00	29-jul 10:00	16,9	29-jul 10:00	29-jul 12:00	2
8	29-jul 12:00	01-dic 16:00	593,7			

En base a los datos previamente presentados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 34. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Valtra BF75

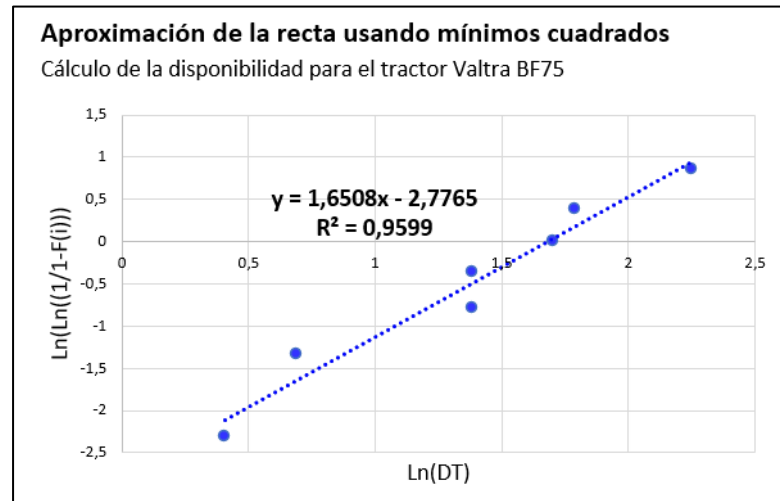
UT	DT	m	n	Disponibilidad genérica
1237,77	34,5	192	7	56,67%

Se realizó la alineación con regresión de mínimos cuadrados, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 35. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Valtra BF75

i	DT	Ln(DT)	F(i)	1/1-F(i)	Ln(Ln(1/1-F(i)))
1	1,5	0,4055	0,0946	1,1045	-2,3089
2	2	0,6931	0,2297	1,2982	-1,3432
3	4	1,3863	0,3649	1,5745	-0,7898
4	4	1,3863	0,5000	2,0000	-0,3665
5	5,5	1,7047	0,6351	2,7407	0,0082
6	6	1,7918	0,7703	4,3529	0,3858
7	9,5	2,2513	0,9054	10,5714	0,8579

Se elaboró la aproximación de la recta utilizando los mínimos cuadrados, de esta manera, se obtuvo la ecuación de la recta, pudiendo aproximar los valores de beta e intercepto. Para la disponibilidad genérica, se estimará MDT (tiempo promedio de indisponibilidad) y una estimación de MTTR y MTBF.

Figura 26. Estimación de recta de regresión para tractor Valtra BF75**Tabla 36. Indicadores de mantenimiento para el tractor Valtra BF75**

β	Intercepto	Alfa	MDT	MTTR	MTBF
1,6508	-2,7765	5,3758	4,80 h	4,93 h	171,90 h

El tractor Valtra BF75 fue adquirido en el 2014, su disponibilidad genérica es de 56,7%, este tractor suele ser empleado para labores menores como el uso de la carreta o la cisterna, por lo tanto, presenta un menor desgaste en comparación a otros tractores que requieren del uso de componentes como el sistema hidráulico o la toma de fuerza. Sin embargo, en el periodo de evaluación presentó mayor cantidad de averías en comparación al resto de tractores.

Las averías presentadas se debieron a fallas en el arrancador y la batería, se presentaron en cinco ocasiones y fueron la causa de 26,5 horas de indisponibilidad. La falla presentada en la batería ocurrió previo a la implementación de las actividades de inspección en los equipos y fue presentada como un ejemplo para destacar la importancia de la inspección de los equipos. La cantidad de paradas debido a averías disminuyó significativamente para este tractor; demostrando una mejora en su disponibilidad.

De igual manera que con el tractor Valtra A990, se realizó una inspección para identificar las principales averías y, en consecuencia, se realizaron las actividades correctivas para restaurar las condiciones iniciales del tractor.

6.4.3 Tractor Valtra BM110

Se registraron siete interrupciones, presentadas en las siguientes circunstancias: averías en la toma de fuerza y su mantenimiento correctivo, fallas en implementos que ocasionaron la interrupción de la operación, e inspecciones generales del equipo para identificar la presencia de averías. Los datos de UT y DT se presentan en horas.

Tabla 37. Interrupciones de la operación del tractor Valtra BM110 en el periodo evaluado

N°	Fecha de inicio de UT	Fecha de fin de UT	UT	Fecha de inicio de interrupción	Fecha de fin de interrupción	DT
1	01-abr 06:45	11-abr 08:00	50,6	11-abr 08:00	11-abr 12:30	4,5
2	11-abr 12:30	18-abr 09:00	33,2	18-abr 09:00	18-abr 10:30	1,5
3	18-abr 10:30	22-abr 10:30	34,4	22-abr 10:30	22-abr 13:30	2,5
4	22-abr 13:30	19-may 09:00	176,9	19-may 09:00	19-may 10:45	1,75
5	19-may 10:45	09-jun 10:00	142,7	09-jun 10:00	09-jun 11:15	1,25
6	09-jun 11:15	17-jun 11:00	34,5	17-jun 11:00	17-jun 13:30	2,5
7	17-jun 13:30	05-jul 13:00	53	05-jul 13:00	05-jul 16:00	3
8	05-jul 16:00	01-dic 16:00	706,8			

En base a los datos previamente presentados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 38. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Valtra BM110

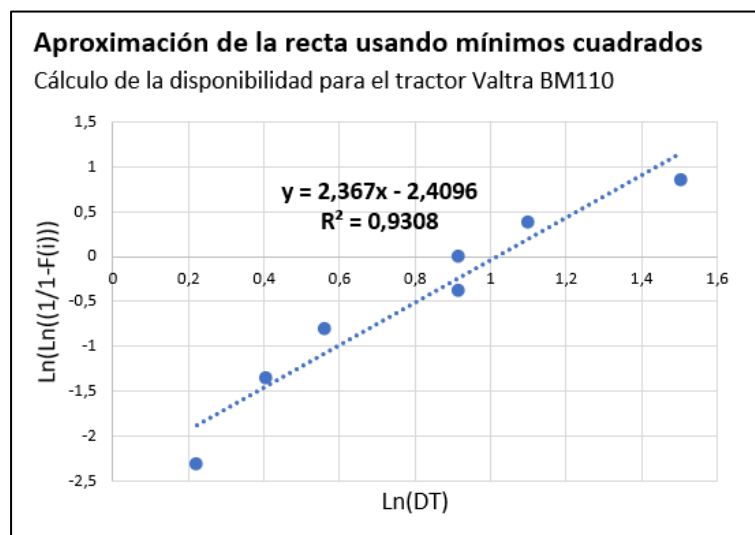
UT	DT	m	n	Disponibilidad genérica
1232,1 h	17 h	197	7	72,03%

Se realizó la alineación con regresión de mínimos cuadrados, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 39. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Valtra BM110

i	DT	Ln(DT)	F(i)	1/1-F(i)	Ln(Ln(1/1-F(i)))
1	1,25	0,2231	0,0946	1,1045	-2,3089
2	1,5	0,4055	0,2297	1,2982	-1,3432
3	1,75	0,5596	0,3649	1,5745	-0,7898
4	2,5	0,9163	0,5000	2,0000	-0,3665
5	2,5	0,9163	0,6351	2,7407	0,0082
6	3	1,0986	0,7703	4,3529	0,3858
7	4,5	1,5041	0,9054	10,5714	0,8579

Se elaboró la aproximación de la recta utilizando los mínimos cuadrados, de esta manera, se obtuvo la ecuación de la recta, pudiendo aproximar los valores de beta e intercepto. Para la disponibilidad genérica, se estimará MDT (tiempo promedio de indisponibilidad) y una estimación de MTTR y MTBF.

Figura 27. Estimación de recta de regresión para tractor Valtra BM110**Tabla 40. Indicadores de mantenimiento para el tractor Valtra BM110**

β	Intercepto	Alfa	MDT	MTTR	MTBF
2,3670	-2,4096	2,7676	2,45 h	2,43 h	173,59 h

El tractor Valtra BM110 fue adquirido en el 2014, su disponibilidad genérica fue de 72%, un valor mayor al presentado en los anteriores tractores. Sus principales paradas de servicio se deben a cambios, fallas y adaptaciones de implementos.

Durante la implementación, la toma de fuerza del tractor presentó fugas, por lo tanto, durante los días en los que se presentó la falla, se utilizaron los otros tipos de enganche con implementos. De igual manera que con los anteriores tractores, se realizó la inspección del equipo, con las recomendaciones brindadas por el concesionario, se realizaron los cambios y reparaciones respectivas. El equipo no ha presentado fallas posteriores y se ha realizado el mantenimiento preventivo de manera periódica, según las recomendaciones del fabricante y concesionario; por lo tanto, podemos concluir que su disponibilidad ha mejorado.

6.4.4 Tractor Same Explorer 115E

Se registraron catorce interrupciones bajo las siguientes circunstancias: cambios y fallas en implementos, reparaciones en sistema de piloto automático de tractor, reemplazo de componentes como la batería, faja del alternador y base de pernos; y paradas significativas de operaciones debido a adaptaciones en implementos. Los datos de UT y DT se presentan en horas.

Tabla 41. Interrupciones de la operación del tractor Same Explorer 115E en el periodo evaluado

N°	Fecha de inicio de UT	Fecha de fin de UT	UT	Fecha de inicio de interrupción	Fecha de fin de interrupción	DT
1	01-abr 06:45	12-may 7:00	340,9	12-may 7:00	12-may 13:30	6,5
2	12-may 13:30	17-may 10:00	37	17-may 10:00	17-may 11:00	1
3	17-may 11:00	26-may 11:00	97,9	26-may 11:00	26-may 14:00	3
4	26-may 14:00	28-may 09:00	18	28-may 09:00	28-may 10:30	1,5
5	28-may 10:30	31-may 10:30	19,8	31-may 10:30	31-may 12:45	2,25
6	31-may 12:45	03-jun 08:00	32,3	03-jun 08:00	03-jun 12:10	4,15
7	03-jun 12:10	05-jul 08:00	148	05-jul 08:00	05-jul 09:00	1
8	05-jul 09:00	09-jul 08:00	11,6	09-jul 08:00	09-jul 09:00	1
9	09-jul 09:00	12-jul 08:00	10,4	12-jul 08:00	12-jul 09:00	1
10	12-jul 09:00	15-jul 08:00	17,6	15-jul 08:00	15-jul 09:00	1
11	15-jul 09:00	31-ago 08:00	143,4	31-ago 08:00	31-ago 09:00	1
12	31-ago 09:00	22-set 10:00	106,3	22-set 10:00	22-set 13:00	3
13	22-set 13:00	28-set 10:00	12,5	28-set 10:00	28-set 11:00	1
14	28-set 11:00	13-oct 12:00	51,5	13-oct 12:00	14-oct 09:00	6
15	14-oct 09:00	01-dic 16:00	207,9			

En base a los datos previamente presentados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 42. Resultados de disponibilidad genérica del tractor Same Explorer 115E

UT	DT	m	n	Disponibilidad genérica
1255,1	33,4	128	14	80,43%

Se realizó la alineación con regresión de mínimos cuadrados, sin embargo, el valor de DT igual a 1 hora se repite en siete ocasiones, por lo tanto, solo debe ser considerado una vez en el tratamiento de alineación, y siguiendo las instrucciones presentadas en Mora (2009, pág. 100). De esta manera se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 43. Tabla de mínimos cuadrados para el tractor Same Explorer 115E

i	DT	Ln(DT)	F(i)	1/1-F(i)	Ln(Ln(1/1-F(i)))
1	1	0,0000	0,0833	1,0909	-2,4417
2	1,5	0,4055	0,2024	1,2537	-1,4867
3	2,25	0,8109	0,3214	1,4737	-0,9474
4	3	1,0986	0,4405	1,7872	-0,5436
5	3	1,0986	0,5595	2,2703	-0,1986
6	4,15	1,4231	0,6786	3,1111	0,1266
7	6	1,7918	0,7976	4,9412	0,4685
8	6,5	1,8718	0,9167	12,0000	0,9102

Se elaboró la aproximación de la recta utilizando los mínimos cuadrados, de esta manera, se obtuvo la ecuación de la recta, pudiendo aproximar los valores de beta e

intercepto. Para la disponibilidad genérica, se estimará MDT (tiempo promedio de indisponibilidad) y una estimación de MTTR y MTBF.

Figura 28. Estimación de recta de regresión para tractor Same Explorer 115E

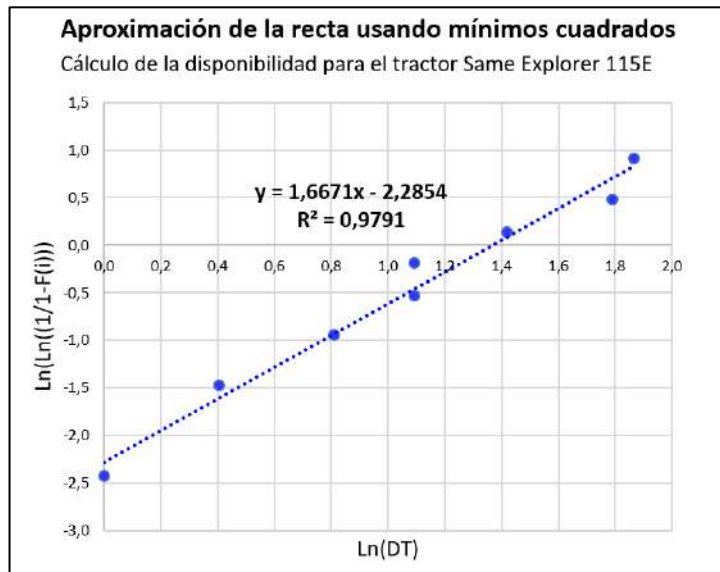


Tabla 44. Indicadores de mantenimiento para el tractor Same Explorer 115E

β	Intercepto	Alfa	MDT	MTTR	MTBF
1,6671	-2,2854	3,9388	3,5193 h	2,3857 h	87,2643 h

El tractor Same Explorer 115E, fue adquirido en el año 2015, es uno de los tractores con menos años de uso. La principal causa de las interrupciones de servicio en los meses de recogida de datos fue fallas los implementos empleados con este tractor. Ciertos implementos son utilizados exclusivamente con este tractor, por lo tanto, los tiempos de cambio, adaptación y fallas impactan directamente en su disponibilidad.

Se presentó una interrupción debido al cambio de su batería, el cual se realizó de manera programada según sugerencia del concesionario. Asimismo, durante las inspecciones realizadas se detectó que el alternador estaba presentando fallas de desgaste, lo que permitió realizar el reemplazo de la corre del ventilador del motor.

Este tractor presenta un valor de disponibilidad de 80,4%, es el mayor en comparación al resto de tractores. Según los valores registrados, en los meses posteriores a la implementación ha presentado paradas, sin embargo, estas fueron identificadas prontamente y no originaron más horas de indisponibilidad. Por lo tanto, podemos concluir que su disponibilidad genérica ha mejorado.

Para futuras implementaciones, debido a que la mayoría de las interrupciones de servicio fueron causadas por los implementos, se debe considerar al implemento acamellador Coloso, como parte del plan de mantenimiento preventivo. Por otro lado, las adaptaciones de los implementos previo a su uso han originado retrasos en su operación; por lo tanto, se

determinó que dos horas previo a su uso, el personal de taller de mantenimiento debe preparar el implemento para su operación.



Conclusiones

Se exponen las siguientes conclusiones:

En el diagnóstico realizado a la empresa tratada y a la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola, se pudo determinar que era necesario proponer y ejecutar mejoras en la gestión del mantenimiento de maquinaria agrícola y en el área de trabajo del taller de mantenimiento; por lo tanto, para solucionar el problema del incremento del tiempo de inoperatividad de tractores agrícolas, la escasa gestión del mantenimiento y la ausencia de herramientas de calidad en las actividades de mantenimiento; se decidió aplicar la metodología 5'S y el mantenimiento planeado.

Implementar la metodología 5'S y mantenimiento planeado, implicó un cambio de cultura en la subárea de Preparación de suelo y Mantenimiento de maquinaria agrícola, debido a que los mismos trabajadores son responsables de mantener el orden y limpieza de su área de trabajo, y de ejecutar actividades de mantenimiento autónomo y planeado a los equipos que operan. Esto se evidencia en que, después de la implementación, los operadores han propuesto ideas y ejecutado actividades que permitan mejorar el orden y limpieza.

Utilizar la matriz de habilidades para la capacitación de los operadores en la metodología 5'S y mantenimiento planeado, permitió identificar cuáles eran los aspectos que requieren capacitación y cuál es el nivel requerido para cada persona. De esta manera, se pudo poder elaborar material para las capacitaciones y establecer medios para evaluar al personal en el conocimiento de estos temas.

Es importante capacitar al nuevo personal de la subárea para que se alinee a la disciplina y cultura establecida en el resto de los trabajadores, pueda sentirse parte del equipo conformado y ejecute las actividades de orden y limpieza; comprendiendo el contexto y el esfuerzo del equipo para llegar a dicho nivel de aplicación y conocimiento.

En la implementación del mantenimiento planeado, se mantuvo un enfoque global, el que abarcó aspectos del mantenimiento autónomo, preventivo, correctivo y predictivo; permitió ofrecer un proyecto de implementación completo, ofreciendo puntos para próximas mejoras, que puedan tener una mayor duración de implementación.

Durante la implementación de mantenimiento planeado, se abarcaron los principios de otros pilares del TPM, como el pilar de Seguridad, salud y medio ambiente, a través de un

análisis del EPP que debe utilizar el personal de mantenimiento al realizar la limpieza de tractores, al estar expuesto a partículas de polvo, aceites y lubricantes. De esta manera, se estará realizando una mejora en las condiciones laborales de los operadores y la protección requerida.

Fue elemental el entrenamiento del personal en el uso de las herramientas digitales, se brindó un enfoque de sistema de información a la implementación. Esto permitió despertar en el personal, el interés por conocer y utilizar estas herramientas diariamente y proponer mejoras en su uso. Por lo tanto, fue de vital importancia durante la creación de las herramientas digitales un entorno de iteración en las pruebas de uso. Desde el registro de auditorías de 5'S, registro de actividades y verificaciones iniciales; y de mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados. Con el objetivo de iniciar el camino a la digitalización del área de Campo.

El indicador medido durante la implementación de mantenimiento planeado fue la disponibilidad genérica. La cual se presentó a través de interrupciones de servicios, debidos a fallas en tractores y sus implementos. A través de los ocho meses que duró la implementación de mantenimiento planeado, podemos identificar que sí se presentaron mejoras en la disponibilidad. Si bien las mejoras se podrán evidenciar en un plazo de 2 o 3 años, se puede concluir que las actividades desarrolladas permitieron una mejora de las condiciones de los equipos, por lo tanto, una mayor disponibilidad de ellos.

Tanto en la implementación de la metodología 5'S como mantenimiento planeado, fue de gran importancia el compromiso de la alta dirección y el enfoque a recursos humanos. De esta manera, el personal pudo conocer que contaban con el apoyo y soporte de sus jefes y de la empresa. Asimismo, el apoyo para la implementación se realizó como parte de la misión de las empresas por la mejora continua. De esta manera, se pudo evidenciar que el personal estuvo dispuesto a participar en la implementación y fue una forma de motivar al personal.

Los cuatro tractores: Valtra A990, Valtra BF75, Valtra BM110 y Same Explorer 115E, que fueron abarcados en la implementación, presentaron mejoras en su disponibilidad, que se pudo evidenciar en la disminución de interrupciones relacionadas directamente con fallas o averías en los equipos. Comparando los cuatro tractores, el que presenta mayor disponibilidad es el Same Explorer 115E, motivo por el cual, es empleado con mayor frecuencia y para labores que requieran mayor potencia.

Se concluye que los tractores Valtra A990 y Valtra BF75, presentan los menores valores de disponibilidad genérica. Esto se justifica en que cuentan con el mayor tiempo de vida, el primero no es empleado para las labores más frecuentes, por lo tanto, durante los últimos meses no se ha priorizado la ejecución de mantenimientos correctivos. Caso contrario, con el tractor Same Explorer 115E, cuya disponibilidad genérica es mayor, justificando en que la mayor cantidad de interrupciones de servicio se deben a cambios y ajustes de implementos.

A través de la implementación de un pilar del TPM, se pudo validar la relación entre barreras y facilitadores de la implantación de TPM. En el que se presentaron barreras como la poca tolerancia por el tiempo que puede durar la implementación y en el que podrán observar los resultados; la falta de formación a ingenieros supervisores en temas relacionados a mantenimiento de maquinaria agrícola; y al inicio de la implementación se pudo evidenciar una falta de involucración de los trabajadores a contribuir en las capacitaciones. Sin embargo, a lo largo de toda la implementación, se establecieron mecanismos para evitar que estas barreras impidan la ejecución del proyecto.





Recomendaciones

Se exponen las siguientes recomendaciones:

Durante la implementación de la fase de orden de la metodología 5'S, se recomienda utilizar pintura de suelo para delimitar espacios. Debido a que, en ambientes de alto tránsito, la cinta de piso puede dañarse y en un plazo de seis meses, va a requerir cambio.

Analizando las actas de servicio de mantenimiento entregadas por los concesionarios en los últimos años, podemos concluir que el sistema de transmisión fue el que presentó la mayor cantidad de averías que fueron atendidas. Por lo tanto, se recomienda prestar atención al sistema de transmisión y sus componentes, realizar inspecciones periódicas y contar con un stock mínimo de reemplazos de piezas.

Se recomienda para los próximos años, aumentar la frecuencia de inspecciones de los cuatro tractores analizados a cada dos meses. De esta manera, se podrán establecer el inicio de un mantenimiento predictivo, en el que se puedan predecir qué averías se podrían presentar en base al criterio del concesionario y los parámetros medidos.

El implemento abonador fue la causa del incremento del número de interrupciones de servicio del tractor Same Explorer 115E, por lo tanto, para futuras implementaciones en la subárea debe ser considerado como un equipo de la clase A; para hallar métodos que permitan disminuir el tiempo de cambio y adaptación de implemento. Se recomienda aplicar SMED (*Single-Minute Exchange of Die*).

Se sugiere al área de Recursos Humanos la contratación de un técnico especializado en el mantenimiento de maquinaria agrícola, considerando la cantidad actual de tractores (seis). De esta manera, se podrá prescindir de las inspecciones del concesionario, quienes a través de un técnico especializado brindan servicio técnico a tractores.

Se recomienda supervisar frecuentemente la ejecución de las actividades de mantenimiento autónomo y mantenimiento preventivo a los tractores, asegurarse que el registro de mantenimiento se realice correctamente y se establezcan métodos para el análisis de los datos registrados.

Del mismo modo, se sugiere replicar las actividades ejecutadas a los cuatro tractores, a los dos nuevos tractores adquiridos durante los últimos meses de la implementación de mantenimiento planeado. Como parte de la mejora continua del área de campo y de la

empresa, se sugiere implementar la metodología 5'S en el resto de las áreas de trabajo y aplicar el mantenimiento planeado en el resto de los equipos.



Referencias bibliográficas

- AOTS Perú. (Junio de 2021). *Premio 5S Nacional Kaizen Perú 2021*. Obtenido de AOTS Perú: <http://www.aotsperu.com/premio-nacional-5s>
- Arnal, P., & Laguna, A. (2005). *Tractores y motores agrícolas*. Ciudad de México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Arreola, R. (s.f.). *5 pasos para diseñar un Plan de Capacitación*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2022, de Coachearte: <https://coacharte.mx/5-pasos-para-disenar-un-plan-de-capacitacion/>
- Banco Central de Reserva del Perú. (26 de Agosto de 2021). Caracterización del departamento de Piura. Piura, Perú. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/piura-caracterizacion.pdf>
- Betancourt, D. (24 de Noviembre de 2018). *Cómo hacer una matriz de priorización*. Obtenido de Ingenio Empresa: https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion/#Como_hacer_una_matriz_de_priorizacion
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. New York: McGraw Hill Professional.
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & María, R. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *TAMBARA*, 1212-1230. Obtenido de https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- Campoy, F., Gisbert, V., & Pérez, E. (2018). Método TPM para la mejora y eficiencia de la producción. *Cuadernos de investigación aplicada 3 Ciencias*, 35-40. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2018.47>
- Chang, J. (2006). *Business Process Management Systems*. Boca Raton: Auerbach Publications.
- Cortés M., E., Álvarez M, F., & González S., H. (2009). La mecanización agrícola: Gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 151-160. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428102015.pdf>

- Días, J., García, J., & Martínez, V. (2019). *Impact Analysis of Total Productive Maintenance. Critical Success factors and benefits*. Springer.
- Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Esan. (10 de Agosto de 2016). *Pasos para diseñar un plan de capacitación en la empresa*. Obtenido de Conexión Esan: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/pasos-para-disenar-un-plan-de-capacitacion-en-la-empresa>
- Freund, J., Rucker, B., & Hitpass, B. (2014). *BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica 4ª edición actualizada*. Santiago de Chile: BPM Center.
- García, G. (2015). Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para la planta de deshidratado de manzanas de la empresa agroindustrial SURFRUT Ltda. doi:<http://dspace.otalca.cl/handle/1950/10843>
- Hansen, A., & Hansen, S. (2015). *Maintaining small-farm equipment*. North Adams: Storey Publishing.
- Helmets, S. (2015). *Microsoft Visio 2016: Step by step*. Washington: Microsoft Press.
- Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Hitpass, B. (2017). *BPM Business Process Management Fundamentos y Conceptos de Implementación*. Santiago de Chile: BPM Center.
- Holguin Londoño, M. (Noviembre de 2013). Mantenimiento: introducción, definiciones y principios.
- ICEX. (10 de Abril de 2019). Estudios de mercado: El mercado de maquinaria agrícola en Perú 2019. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <https://docplayer.es/143892534-El-mercado-de-maquinaria-agricola-en-peru.html>
- IGP (Instituto Geofísico del Perú). (2022). *Inspección geodinámica en C. P. Malingas (Distrito Tambogrande, Provincia y Región de Piura)*. Lima: IGP (Instituto Geofísico del Perú). Obtenido de <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5213>
- Juarez, J. (29 de Setiembre de 2022). Piura: agricultura y seguridad alimentaria en contexto de la COVID-19 y del cambio climático. Piura, Piura, Perú. Obtenido de Intercambio: <https://intercambio.pe/piura-agricultura-covid-19-cambio-climatico/>
- Kanti, T., & Cudney, E. (2016). *Total Productive Maintenance Strategies and Implementation Guide*. Boca Raton: CRC Press.

- Khodabakhshian, R. (2013). A review of maintenance management of tractors and agricultural machinery: preventive maintenance systems. *Agric Eng Int: CIGR Journal Vol. 15, n° 14*, 147-159.
- Levitt, J. (2010). *TPM Reloaded Total Productive Maintenance*. Nueva York: Industrial Press Inc.
- M. Gross, J. (2006). *Fundamentals of Preventive Maintenance*. Nueva York: Amacon.
- Mafla, C., Castejon, C., & Rubio, H. (2022). Mantenimiento predictivo en tractores agrícolas. Propuesta de metodología orientada al mantenimiento conectado. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 63-76. Obtenido de <https://www.uned.es/universidad/dam/facultades/industriales/RIBIM/V26N1Abril2022/V26N1Ab20200-A05.pdf>
- Manzano, M., & Gisbert, V. (2016). Lean Manufacturing Implantación 5S. *3C Tecnología*, 16-26. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2016/12/ART-2-1.pdf>
- Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2010). *Maintenance for Industrial Systems*. London: Springer.
- Marín-García, J., & Mateo Martínez, R. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *OmniaScience*, 823-853. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/ic.360>
- Martínez, M. (2018). *Mantenimiento, preparación y manejo de tractores UF0009*. IC Editorial.
- Microsoft. (08 de Noviembre de 2022). ¿Qué es Power Apps? Recuperado el 10 de Noviembre de 2022, de Learn Microsoft: <https://learn.microsoft.com/es-es/power-apps/powerapps-overview>
- Microsoft. (s.f.). *Transforma tu empresa con Microsoft 365*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2022, de Microsoft: <https://www.microsoft.com/es/microsoft-365/compare-microsoft-365-enterprise-plans?market=pe>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2022). *Reporte del empleo formal en la región Piura a Enero 2020*. Piura. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3293688/20.%20Piura%20%20-%20Enero%202022.pdf>
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento: planeación, ejecución y control*. Ciudad de México: Alfaomega.
- Muñoz, C. (30 de Enero de 2019). ¿Qué es una Matriz RASCI y para qué nos sirve? Obtenido de Ibermatica: <https://cutt.ly/O2MgaH9>

- Nuño, P. (2017). Diagrama de Ishikawa. Obtenido de <https://www.emprendepyme.net/diagrama-de-ishikawa.html>
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, 353-356.
- Orizano-Acuña, V., Orizano-Ponce, E., Villanueva-Tiburcio, J., Estancio-Laguna, R., & Muñoz-Garay, S. (2019). Instauración de la metodología 5S en una microempresa agroindustrial. *Journal of agro-industry sciences*, 25-30. doi:<https://doi.org/10.17268/JAIS.2019.004>
- Ortiz, C. (2016). *The 5S Playbook A step-by-step guideline for the Lean Practitioner*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Ovalles, J., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Herramientas para el análisis de la causa raíz. *3Ciencias*, 1-9. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.1-9/>
- Páez, V. (2011). Desarrollo de un sistema de información para la planificación y control del mantenimiento preventivo aplicado a una planta agroindustrial.
- Palacios, M., & Ocampo, J. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 812-824. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000900026
- Palencia, J. (2015). *Efecto 5S. Manual paso a paso*.
- Peng, K. (2012). *Equipment Managment in the Post-Maintenance Era*. Boca Raton: CRS Press.
- Perez, K. (2021). Diseño de modelo de gestión de mantenimiento basado en TPM y RCM para reducir costos operativos en el área de mantenimiento de una empresa agroindustrial en La Libertad. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27601>
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- R. Keith, M. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Woburn: Elsevier Science.
- Reliability Web. (s.f.). *Cálculo de los Parámetros de la Distribución de Weibull*. Obtenido de Reliability Web: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull>
- Rey, F. (2010). Gestión de piezas de recambio para mantenimiento. *Ingeniería del Mantenimiento en Canarias*, 23-30.
- Ruiz, J. (2019). Efectos de la implementación de 5S en talleres de mantenimiento de maquinaria pesada. doi:<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5578>

- Ruiz-Venegas, Á. (Enero de 2019). Caracterización de la función mantenimiento en el sector agroindustrial de la región Piura. *[Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico, Universidad de Piura]*. Piurua. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3906/IME_251.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Safety Culture. (17 de Agosto de 2022). *Los 10 mejores programas de mantenimiento preventivo*. Obtenido de Safety Culture: <https://safetyculture.com/es/aplicacion/software-de-mantenimiento-preventivo-y-correctivo/>
- Silva, T. (2022). *Draw.io (El software volandero, número 134)*. Obtenido de Ingeligencia Net: https://inteligencianet.org/moodle/pluginfile.php/30/mod_page/content/35/134%20Draw.io.pdf
- Sing, S., & Moi, W. (2020). The Implementation of Kaizen and 5S concept for Overall Improvement of an Agricultural Organisation. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, vol 7., 23-37. doi:<http://dx.doi.org/10.32628/IJSRSET196656>
- Singh, R., Gohil, A., Shah, D., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine. *SciVerse ScienceDirect*, 592-599. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Socconini, L., & Barrantes, M. (2020). *El proceso de las 5'S en acción*. Barcelona: Marge Books.
- Subías, T., Beltrán, M., Mérida, J., Moreno, M., Salas, I., Sánchez, A., . . . Parera, M. (2005). El éxito de Tambogrande. *CP*, 95-116. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1420528.pdf>
- Vera-Zambrano, R., & Torres-Rodríguez, R. (2021). Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 4(8), 96-113.
- Villar, J., Gómez, F., & Tejero, M. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Visco, D. (2016). *5S Made Easy A step-by-step guide to Implementing and sustaining your 5S program*. Boca Raton: CRC Press.
- Wang, H., & Pham, H. (2006). *Reliability and Optimal Maintenance*. New Jersey: Springer-Verlag.
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM- A Route to World-Class Performance*. Woburn: Butterworth Heinemann.



Apéndices



Apéndice A. Resultados de encuestas a trabajadores

Tabla A1. Resultados de encuestas realizadas a los 10 trabajadores que inicialmente formaron parte del equipo de implementación

Preguntas	Sí	No
¿Considera que el taller de mantenimiento se encuentra ordenado y limpio?	0%	100%
En su experiencia laboral previa, ¿ha estado presente en una implementación de 5'S (técnicas de orden y limpieza)?	0%	100%
¿Ha recibido capacitaciones en 5'S?	10%	90%
En su experiencia laboral previa, ¿ha estado presente en una implementación de mantenimiento planeado?	10%	90%
¿Ha recibido capacitaciones en mantenimiento planeado?	20%	80%

Figura A1. Gráfico de barras apiladas horizontal de la primera pregunta de la encuesta

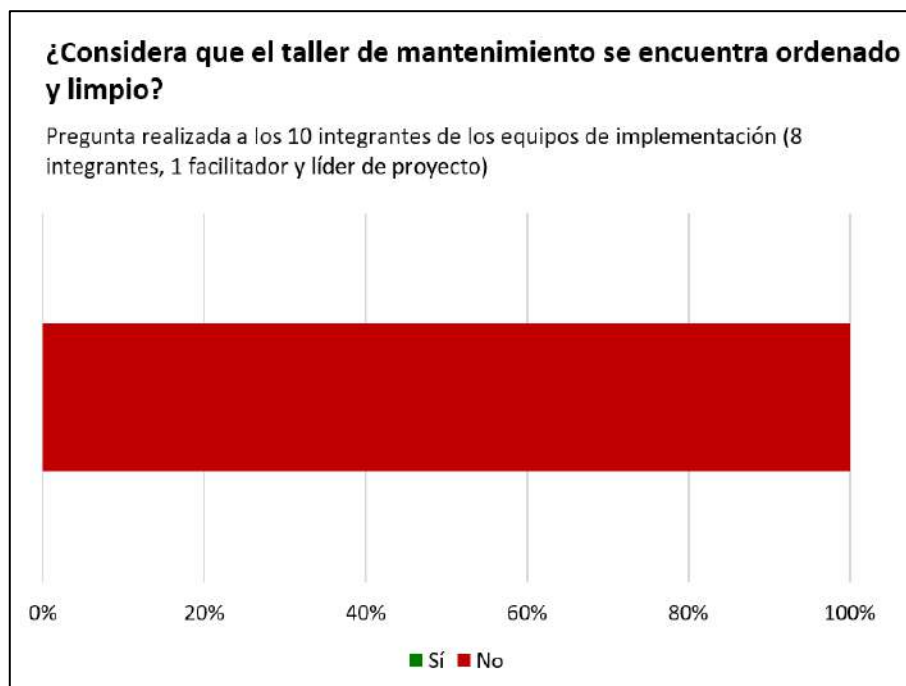


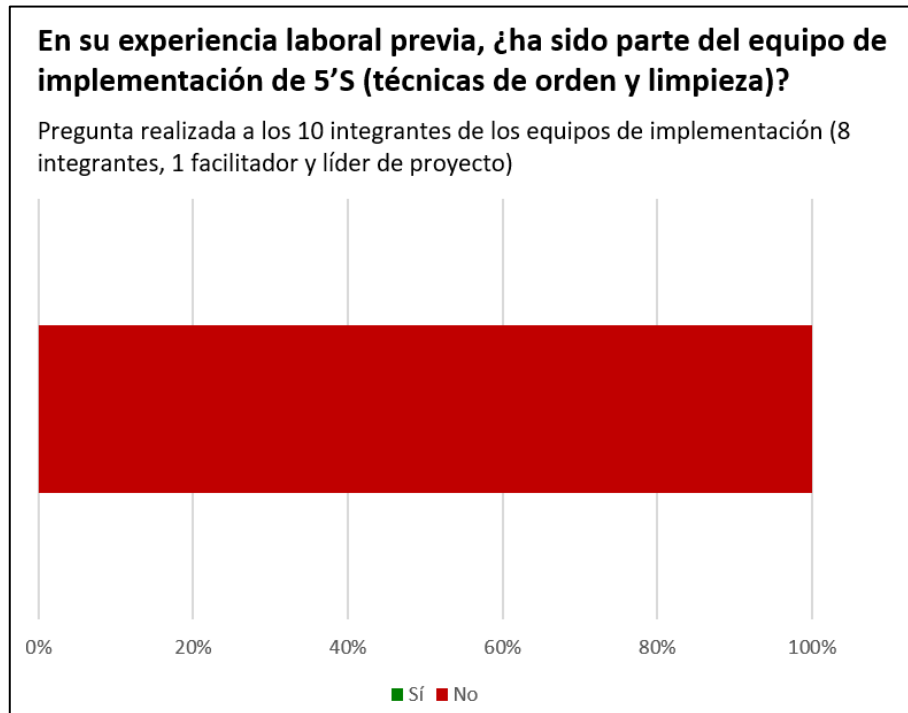
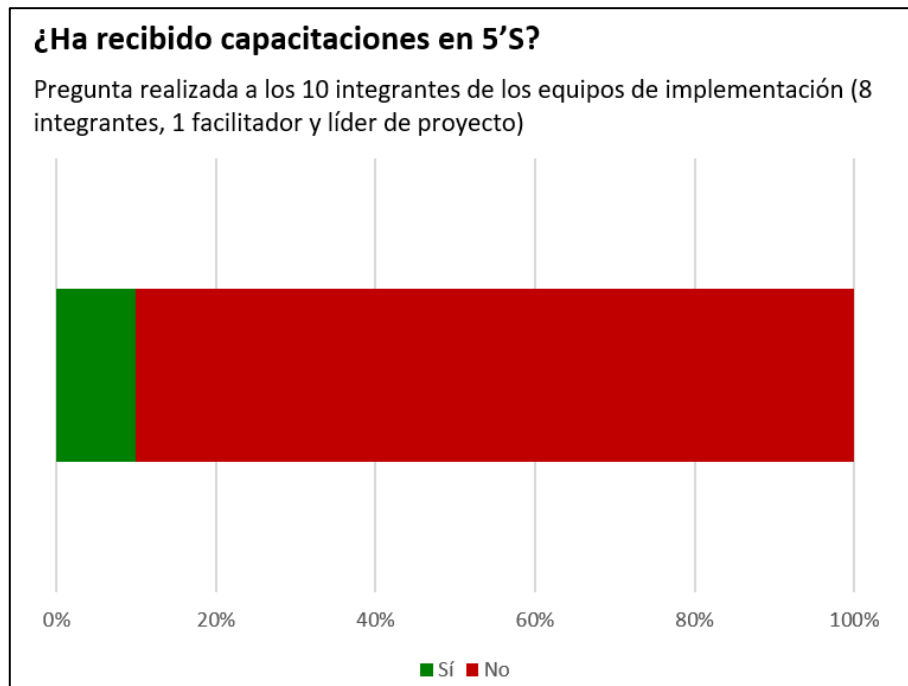
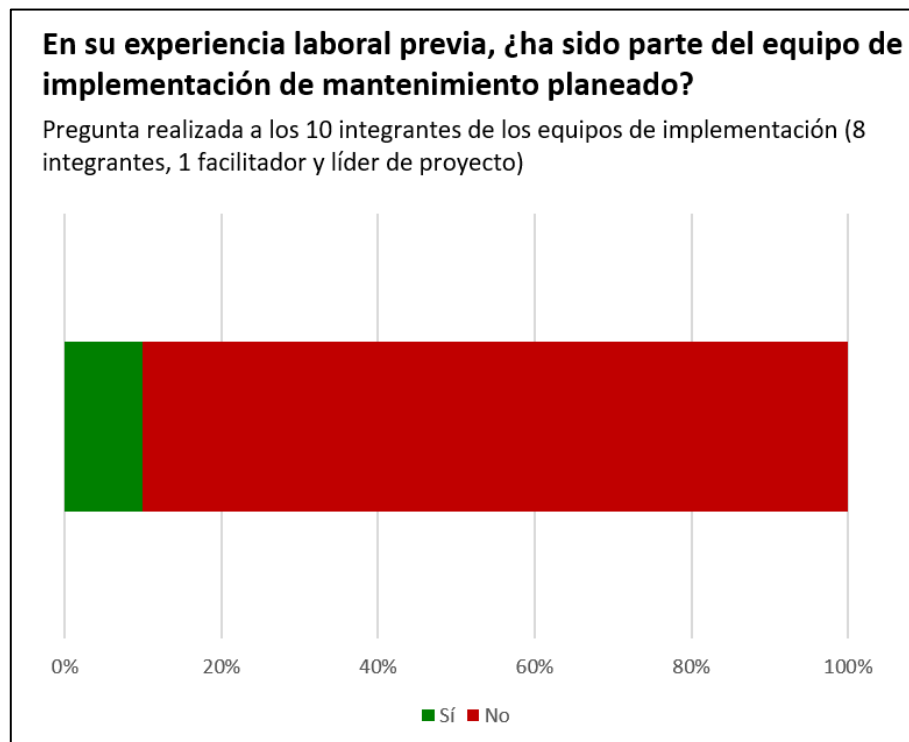
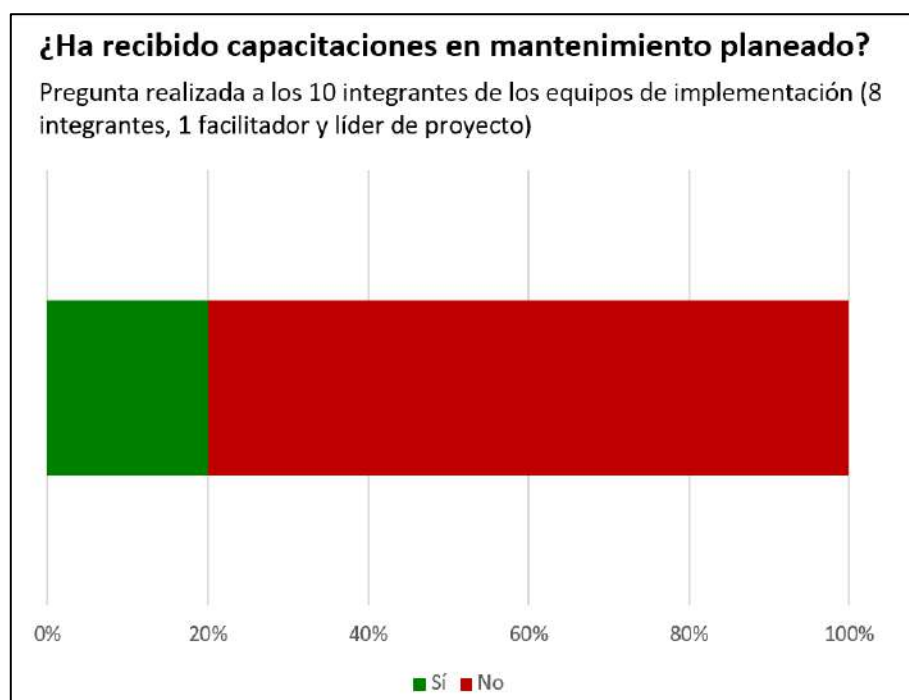
Figura A2. Gráfico de barras apiladas horizontal de la segunda pregunta de la encuesta**Figura A3. Gráfico de barras apiladas horizontal de la tercera pregunta de la encuesta**

Figura A5. Gráfico de barras apiladas horizontal de la quinta pregunta de la encuesta**Figura A4. Gráfico de barras apiladas horizontal de la cuarta pregunta de la encuesta**

Apéndice B. Matriz de competencias y habilidades de metodología 5’S

Tabla B1. Matriz de competencias y habilidades de la Metodología 5'S

		Integrantes de los equipos																Facilitador		Líder del proyecto					
Categoría	Competencias	Trabajador 1		Trabajador 2		Trabajador 3		Trabajador 4		Trabajador 5		Trabajador 6		Trabajador 7		Trabajador 8		Trabajador 9		Trabajador 10		Puntaje total	Puntaje alcanzado	Faltante	Porcentaje de cumplimiento
		N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D				
Conceptos Básicos	Desperdicios	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
	Metodología de 5'S	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
	Beneficios de la Metodología 5'S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	16	16	0	100%
Primera fase	Comprende el concepto de Seleccionar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
	Etapas que componen a la fase de Seleccionar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	16	16	0	100%
	Técnica para completar las etiquetas rojas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
Segunda fase	Comprende el concepto de Ordenar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
	Reconocer el mejor orden y distribución de elementos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	32	32	0	100%

Categoría	Competencias	Integrantes de los equipos																Facilitador		Líder del proyecto		Puntaje total	Puntaje alcanzado	Faltante	Porcentaje de cumplimiento
		Trabajador 1		Trabajador 2		Trabajador 3		Trabajador 4		Trabajador 5		Trabajador 6		Trabajador 7		Trabajador 8		Trabajador 9		Trabajador 10					
		N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D				
	Poner en práctica y mantener el orden de los elementos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	31	31	0	100%
Tercera fase	Comprende el concepto de Limpieza	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
	Reconoce fuentes de suciedad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	32	32	0	100%
	Aplica correctamente el concepto de autocuidado del espacio de trabajo y sigue los estándares de limpieza	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	32	32	0	100%
Cuarta fase	Comprende el concepto de Estandarizar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
	Comprende los estándares de orden y limpieza	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	32	32	0	100%

		Integrantes de los equipos										Facilitador		Líder del proyecto											
Categoría	Competencias	Trabajador 1		Trabajador 2		Trabajador 3		Trabajador 4		Trabajador 5		Trabajador 6		Trabajador 7		Trabajador 8		Trabajador 9		Trabajador 10		Puntaje total	Puntaje alcanzado	Faltante	Porcentaje de cumplimiento
		N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D				
Quinta fase	Es capaz de llevar a cabo una auditoría y emplear la plantilla	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	32	32	0	100%
	Comprende el concepto de Seguimiento	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	24	24	0	100%
Quinta fase	Trabaja permanentemente de acuerdo con las normas establecidas y se ha convertido en un hábito de orden y limpieza.	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	4	3	3	2	3	3	4	4	32	24	-8	75%
	Estado general de la persona	39	97%	39	97%	39	97%	39	97%	39	97%	39	97%	42	98%	39	97%	64	100%	68	100%				
N: Necesario D: Desarrollado																									

Apéndice C. Project Charter

Figura C1. Modelo de *Project Charter*

Logo	Project Charter				Código MA-5S-001
					Formato
					Versión: v.00
Autorización					
Organización:		Facilitador:	Líder del proyecto:		
Nombre del proyecto:		Nombre del área:			
Principales retos:					
Objetivos del proyecto:					
Fecha límite de finalización:					
Fecha de aprobación:					
Firma del facilitador:		Firma del líder del proyecto:		Beneficios estimados:	
Responsabilidades y roles					
Equipo					
Nombre	Rol		Correo electrónico		Teléfono
Alcance					
Puntos críticos para satisfacción del cliente:					
Dentro del alcance del proyecto:					
Fuera del alcance del proyecto:					

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Visco, 2016, pág. 8).

Apéndice D. Ficha de registro de equipos de proyectos en la implementación de 5'S

Figura D1. Modelo de ficha de registro de proyectos de 5'S

Logo	Registro de proyectos de 5'S				Código MA-5S-002																																													
					Formato																																													
					Versión: v.00																																													
Nombre del equipo: _____																																																		
Área: _____																																																		
Fecha: _____																																																		
<table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th><th>Rol</th><th>Correo electrónico</th><th>Celular</th><th>Firma</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td>Líder</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Miembro</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Miembro</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Miembro</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Miembro</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Miembro</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Miembro</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Facilitador</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>						Nombre	Rol	Correo electrónico	Celular	Firma		Líder					Miembro					Miembro					Miembro					Miembro					Miembro					Miembro					Facilitador			
Nombre	Rol	Correo electrónico	Celular	Firma																																														
	Líder																																																	
	Miembro																																																	
	Miembro																																																	
	Miembro																																																	
	Miembro																																																	
	Miembro																																																	
	Miembro																																																	
	Facilitador																																																	

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Socconini & Barrantes, 2020, pág. 76).

Apéndice E. Ficha de registro de participación de equipos

Figura E1. Modelo de ficha de registro de participación en actividades de la implementación de 5'S

Logo	Agenda del equipo	Código MA-5S-003 Formato Versión: v.00																				
Objetivos: 1 _____ 2 _____ 3 _____																						
Preparación: Fecha: _____ Hora: _____ Lugar: _____ Materiales: _____ _____ _____ _____ _____	Miembros: 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____ 10 _____																					
Agenda: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Hora</th> <th style="width: 70%;">Actividad</th> <th style="width: 20%;">Lugar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Hora	Actividad	Lugar																	
Hora	Actividad	Lugar																				
Acuerdos: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Actividad</th> <th style="width: 30%;">Responsables</th> <th style="width: 20%;">Fechas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Actividad	Responsables	Fechas																	
Actividad	Responsables	Fechas																				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 40px;"></td> </tr> </table>			1	2	3	4	5						6	7	8	9	10					
1	2	3	4	5																		
6	7	8	9	10																		

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Socconini & Barrantes, 2020, pág. 77).

Apéndice F. Ficha de reporte de actividades

Figura F1. Modelo de ficha de reporte de actividades

Logo

Reporte de actividades de las 5'S

Código MA-5S-004

Formato

Versión: v.00

Nombre del equipo:

Área:

Pilar	Actividad	Categoría (*)	Plazo (**)	Estatus (***)	Fecha tentativa

(*) Categoría: Selección, Organización, Limpieza y Mejora

(**) Plazo: A (corto), B (mediano), C (largo).

(***) Estatus: Completado, En proceso, No iniciado.

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Socconini & Barrantes, 2020, pág. 84).

Apéndice G. Ficha de auditorías de 5'S

Figura G1. Modelo de ficha de auditorías de 5'S

Logo	Auditorías de las 5S	Código MA-5S-005 Formato Versión: v.00	
Lugar de trabajo: Taller de Mantenimiento Auditor: Diego De Lama Fecha: _____			
5'S	Descripción a evaluar	Puntuación	Comentarios y observaciones
Seleccionar: <i>Determinar qué es necesario e innecesario</i>	1. ¿El área de trabajo se encuentra libre de materiales innecesarios? 2. ¿Existe un procedimiento para disponer de los artículos innecesarios? 3. ¿Está correctamente separado el material y equipo que necesita? 4. ¿Se lleva a cabo un sistema de etiquetado rojo, en el que los elementos innecesarios se etiquetan y almacenan temporalmente?		
	PROMEDIO		
Organizar: <i>Un lugar para cada elemento y cada elemento en su lugar</i>	5. ¿Las herramientas se encuentran en el punto de uso y existe control visual (fácil de ver, recuperar y devolver)? 6. ¿Se encuentran delimitados los lugares de trabajo con cinta o algún otro medio? 7. ¿Se encuentra el nombre de cada pieza o herramienta en su lugar? ¿Es claramente identificable? 8. ¿El almacenamiento está a la altura correcta? 9. ¿Los documentos están debidamente organizados y etiquetados?		
	PROMEDIO		
Limpiar: <i>Un lugar impecable no es el que más se limpia, sino el que menos se ensucia</i>	10. ¿Pisos, paredes, escaleras, accesos y equipos se encuentran libres de suciedad, aceites, grasas y desorden? 11. ¿El mobiliario de trabajo (mesas y sillas) se encuentra en buen estado y limpio? 12. ¿Existe un sistema de mantenimiento para garantizar la inspección periódica del equipo? 13. ¿Los materiales de limpieza se encuentran bien organizados y son de fácil acceso? 14. ¿Las normas de limpieza y los horarios de limpieza son visibles fácilmente y se controlan con regularidad? 15. ¿El área está bien iluminada y ventilada, las etiquetas y letreros son legibles y están en buenas condiciones?		
	PROMEDIO		
Estandarizar: <i>Estándares para mantener las primeras 3S</i>	16. ¿El programa de mantenimiento y el checklist están publicados en el área y son visibles? 17. ¿Se ha documentado lo establecido en los pasos previos? ¿Se siguen los estándares de control visual de las 5S? 18. ¿Se han publicado las instrucciones de trabajo estándar? 19. ¿Existen procedimientos para monitorear resultados de auditoría internas? 20. ¿Los resultados de las 5S se publican y con los resultados de las auditorías existe una mejora continua?		
	PROMEDIO		
Seguimiento: <i>Conviértelo en un hábito</i>	21. ¿Se audita regularmente el orden y la limpieza en la organización? 22. ¿El cumplimiento de las 5S se encuentra en constante mejora? 23. ¿Los supervisores participan activamente en las actividades de las 5S? 24. ¿El personal está capacitado en 5S y está comprometido para mantener los estándares? 25. ¿Se han dispuesto paneles en los que se presentan avances de la aplicación de las 5'S? ¿Son constantemente revisados?		
	PROMEDIO		
	PROMEDIO TOTAL		

Status	Puntuación	Número de inconformidades
Malo	1	5 o más
Regular	2	3-4
Bien	3	2
Muy bueno	4	1
Mejor práctica	5	Ninguna

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Visco, 2016, pág. 53)

Apéndice H. Etiquetas roja

Figura H1. Modelo de etiqueta roja empleada para la primera fase de implementación

Logo			
Etiqueta Roja			
Fecha		Área:	
Descripción del ítem:			
Etiquetado por:			
Categoría (marcar con una X)			
Accesorios o herramientas		Materia prima	
Cubetas o recipientes		Material de empaque	
Equipo de oficina		Producto terminado	
Instrumento de medición		Producto en proceso	
Librería, papelería		Repuestos	
Maquinaria		Otro (especificar)	
Razón (marcar con una X)			
Contaminante		Descompuesto (no funciona)	
Defectuoso		Desperdicio	
No se ha utilizado en el último año		Dueño desconocido	
No se necesita		No se necesita pronto	
Uso desconocido		Otro (especificar)	
Acción correctiva (marcar con una X)			
☐ Descartar	☐ Reparar	☐ Regalar	☐ Vender
☐ Mantener	☐ Contactar a:		
☐ Mover a:			
☐ Otro (especificar)			
Responsable			
Fecha de decisión			
Fecha			

Apéndice I. Registro de etiquetas rojas

Figura I1. Modelo de Registro de etiquetas rojas

Logo	Registro de etiquetas rojas						Código MA-5S-005 Formato Versión: v.00
Fecha de etiquetado: _____				Área de trabajo: _____			
Codigo etiqueta	Fecha	Etiquetado por	Descripcion	Categoria	Cantidad	Razon	Accion correctiva

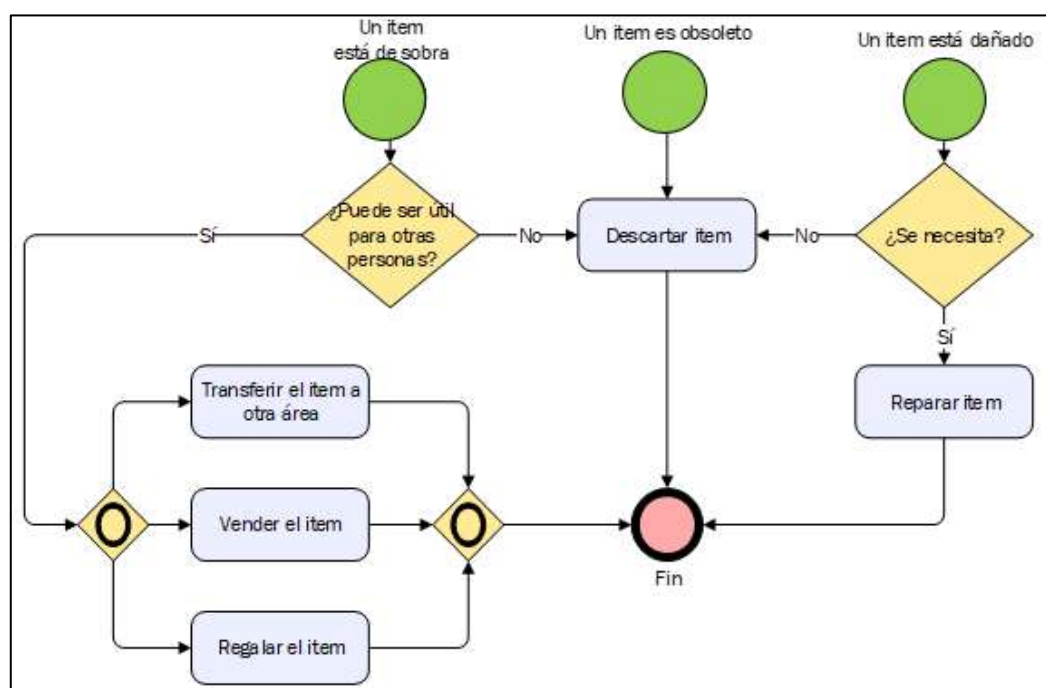
Apéndice J. Protocolo de gestión para remoción de materiales etiquetados

Objetivo: Describir las acciones correctivas para los objetos ubicados en el área de etiquetas rojas: si serán descartados, transferidos a otra área, regalados, vendidos o reparados. El área de etiquetado debe quedar vacía en los próximos 45-60 días.

Descripción: En un plazo máximo de cuatro días después de la ejecución del evento de etiquetado, el facilitador, el líder del proyecto y los líderes de ambos equipos se trasladarán al área de etiquetado junto a una *tablet*, celular o laptop (con la hoja de cálculo del Registro de etiquetas rojas) para decidir qué acción correctiva se realizará ante cada elemento innecesario. Como se indicó previamente, en el formato de Registro de etiquetas rojas, se debe consignar la acción correctiva que se aplicará para cada elemento con etiqueta roja.

Se puede seguir el siguiente flujo:

Figura J1. Flujo de actividades sugeridas para la gestión de materiales etiquetados



Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Socconini & Barrantes, 2020, pág. 29).

Según la razón por la cual se ha marcado como innecesario un elemento, se designará una acción correctiva:

- Elemento contaminante: en el caso que se haya identificado un elemento como contaminante, se debe reconocer por qué se ha considerado contaminante y sea considerado un riesgo para la salud de los trabajadores. Si adicionalmente este elemento no es necesario para las labores diarias, debe descartarse; caso contrario, debe trasladarse a otra área en la que no sea causa de un riesgo para los trabajadores.

- Elemento defectuoso: en el caso que el elemento sea defectuoso es porque tiene fallas de fábrica o es un elemento de producción descartado, por lo tanto, debe ser descartado. En el caso que se necesite puede ser reparado o reemplazado.
- Elemento que no se ha utilizado en el último año: para este caso se puede optar por mantener si se encuentra en buen estado y se va a requerir próximamente; o trasladarlo al área en la cual se han designado aquellos elementos de la categoría 3 (elementos de uso de baja frecuencia). En el caso que no se vaya a utilizar próximamente, se puede optar por venderlo (registrar el costo del producto, el valor de su depreciación, anotar el valor de venta y el gasto realizado en su venta, registrar la boleta de venta) o regalarlo (registrar el costo del producto y su valor de depreciación, registrar la boleta con valor cero y firma del trabajador a quien se regaló el producto).
- Elemento de uso desconocido o de dueño desconocido: en ambos casos de debe preguntar a los encargados de proyectos y reconocer el dueño de estos elementos y contactarlos. Según su indicación este elemento puede ser trasladado a otra área o descartado.
- Elemento descompuesto (no funciona): para este caso, si el producto se requiere, se optará por repararlo, teniendo en cuenta que el costo de su reparación no sea mayor que el valor del producto. En el caso que no se requiera o el costo de su reparación sea mayor al valor del producto, se decidirá descartarlo.
- Elemento que no se necesita pronto: se puede decidir por trasladarlo al área de elementos que se utilizan con baja frecuencia. Sin embargo, si son elementos que no se van a requerir porque son repuestos de equipos que ya no se disponen en la empresa, se debe descartar.
- Elemento que es considerado un desperdicio: si son insumos de sobreproducción se pueden trasladar a almacén durante cierto tiempo y cuando sean requeridos se trasladarán al área; o si se van a requerir próximamente, se pueden mantener en el área. Caso contrario, se decidirá por descartarlo.

Como se indicó previamente, la acción correctiva deje ejecutarse en un plazo de 45-60 días. El responsable de su ejecución será el líder del proyecto, facilitador del proyecto y líderes de ambos equipos.

Pasando los 60 días, el facilitador verificará el cumplimiento de las acciones correctivas.

Apéndice K. Afiche de uso de basureros ubicados en el taller de mantenimiento

Figura K1. Modelo de afiche para identificar contenedores de residuos



Apéndice L. Afiche de uso de EPP

Figura L1. Afiche de recomendaciones de EPP



Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Visco, 2016, pág. 34).

Apéndice M. Formato de programa de limpieza

Figura M1. Modelo de formato de programa de limpieza

Logo	Programa de limpieza	Código MA-5S-006																																			
		Formato																																			
		Versión: v.00																																			
Lugar de trabajo:																																					
<table border="1"><thead><tr><th>Área</th><th>Actividad</th><th>Responsable</th><th>Turno</th><th>Frecuencia (*)</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>			Área	Actividad	Responsable	Turno	Frecuencia (*)																														
Área	Actividad	Responsable	Turno	Frecuencia (*)																																	
(*) Frecuencia: Diaria, interdiaria, semanal, quincenal																																					

Apéndice N. Ficha de procedimiento

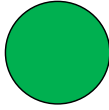
Figura N1. Modelo de formato de procedimiento de limpieza

LOGO	Ficha de procedimiento			Código MA-5S-007
				Formato
				Versión: v.00
Página 1 de 1				
Descripción				
Responsable				
Materiales requeridos				
Equipos		Materiales e insumos		
Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad	
Descripción de pasos de limpieza				
PASOS				
N°	Nombre	Detalle		Responsable
1				
2				
3				
4				
5				

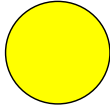
Apéndice O. Programa de seguimiento de auditorías de 5'S

Figura O1. Modelo de ficha de programa de seguimiento de auditorías de 5'S.

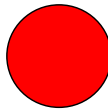
Logo		Programa de seguimiento de auditorías de 5'S												Código MA-5S-007 Formato Versión: v.00		
		Mes														
Semana	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio				
1																
2																
3																
4																
5																
Promedio mensual																
Promedio trimestral																
Promedio anual																



80-100%
Cumplimiento



70-79%
Cumplimiento mínimo



0-69%
No cumplimiento

Nota. Adaptado del gráfico presentado por (Ortiz, 2016, pág. 35)

Apéndice P. Afiches de estandarización del pizarrón del taller de mantenimiento

Figura P1. Afiches que fueron colocados en el pizarrón del taller de mantenimiento (1/2)

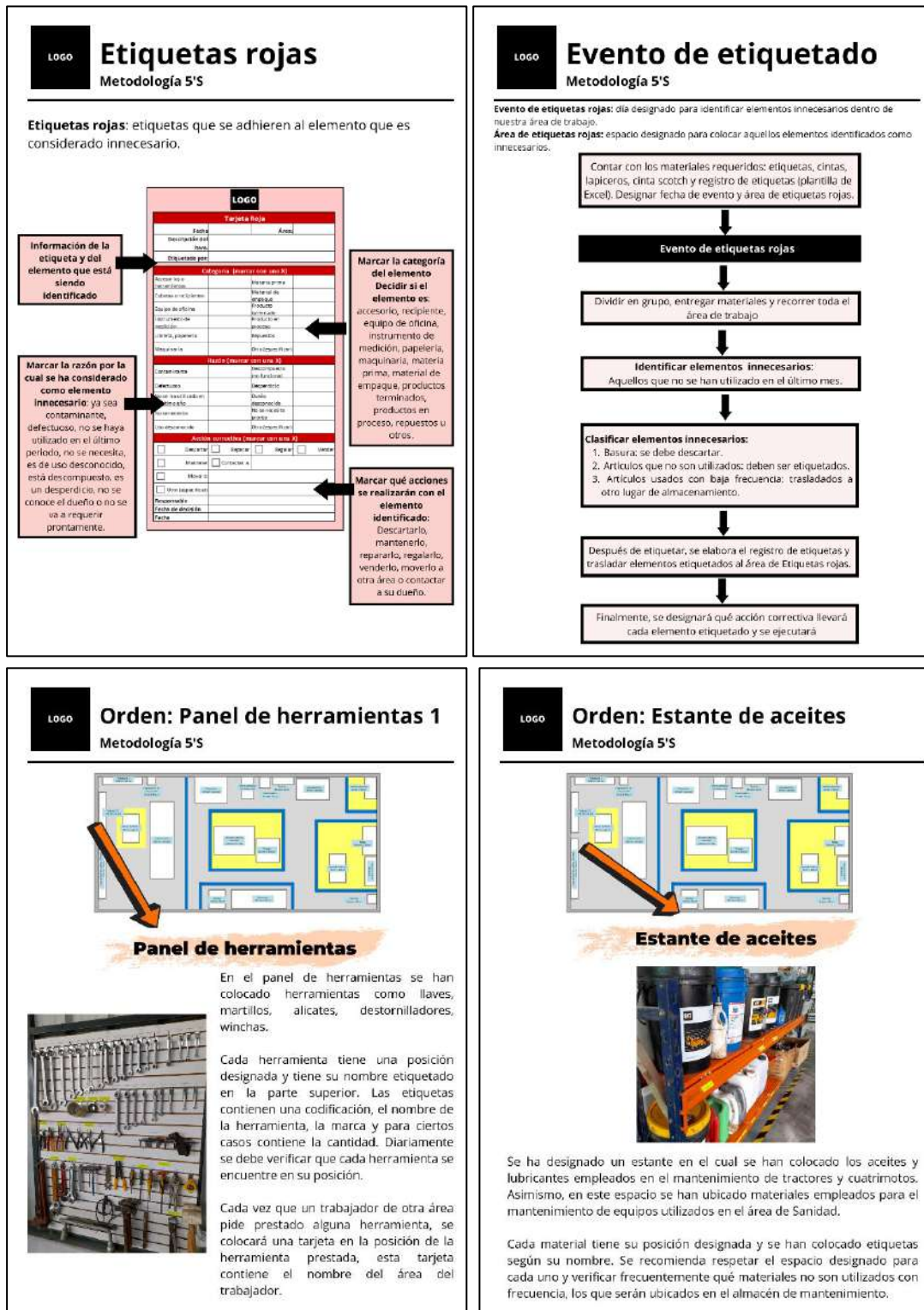
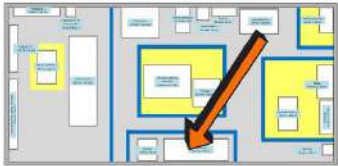
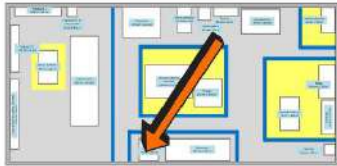
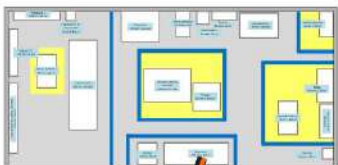
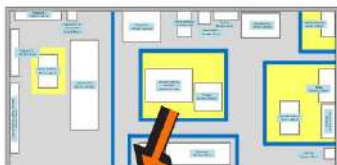


Figura P2. Afiches que fueron colocados en el pizarrón del taller de mantenimiento (2/2)

 Orden: Estante Metodología 5'S  Estante  Se ha designado un estante en el cual se han colocado materiales como pinturas, cajas de herramientas pequeñas que son utilizadas con mediana frecuencia, cajas con otros materiales, y cascos que utilizan los operarios que trabajan con los tractores. Cada material tiene su posición designada y se han colocado etiquetas según su nombre. Se recomienda respetar el espacio designado para cada uno y verificar frecuentemente que materiales no son utilizados con frecuencia, los que serán ubicados en el almacén de mantenimiento.	 Orden: Equipos Metodología 5'S  Equipos  Se ha designado un espacio para cada equipo, el cuál se encuentra enmarcado con cinta de seguridad. Cada equipo tiene su posición designada y etiquetas, tanto en el suelo como en la pared, por lo tanto, después de que es utilizado debe volver a su posición designada. Debe verificarse diariamente que se cumpla con este estándar de orden.
 Orden: Basureros Metodología 5'S  Basureros  Se ha designado un espacio para los tres basureros (papeles y cartones, plásticos y metales). Se debe tener en cuenta que todos los materiales que son innecesarios, no están siendo utilizados y son considerados residuos, deben ser trasladados a los tachos de basura. Con cierta frecuencia se realiza el desecho de los residuos, de esta manera de desocupa su contenido.	 Orden: Mesas Metodología 5'S  Mesas  Se ha designado un espacio para las tres mesas correspondientes a las labores realizadas en el taller de mantenimiento como soldadura, mantenimiento y labores menores. Es responsabilidad de cada trabajador mantener limpio y ordenado el espacio de cada mesa, libre de herramientas y materiales. Asimismo, como parte de las actividades de limpieza, el espacio al rededor de las mesas debe mantenerse limpio.

Apéndice Q. Programa de seguimiento de auditorías de 5'S

Descripción de la reunión y principales conclusiones

La reunión se realizó el viernes 1 de abril del 2022, en el comedor de la empresa. El responsable de la actividad fue el jefe del área de campo, los asistentes fueron los integrantes del equipo de implementación de 5'S y jefes del área.

Al comienzo se presentó el tema inicial, este fue un recordatorio del programa de limpieza y se recordaron aquellas actividades que van a permitir mantener el orden y la limpieza.

Se presentaron los resultados de las auditorías mensuales, un análisis a los comentarios de las auditorías y un resumen de los comentarios obtenidos de las primeras inspecciones iniciales de los equipos (tractores e implementos).

Se dio un espacio para el intercambio de ideas y que los asistentes comenten sobre su experiencia realizando las auditorías. Al finalizar la reunión, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Se proyecta la adquisición de un panel de herramientas adicional, debido a que se ha enviado la solicitud de compra de nuevas herramientas o equipos para el taller.

Colocar rótulos de identificación en el espacio de estacionamiento de tractores e implementos.

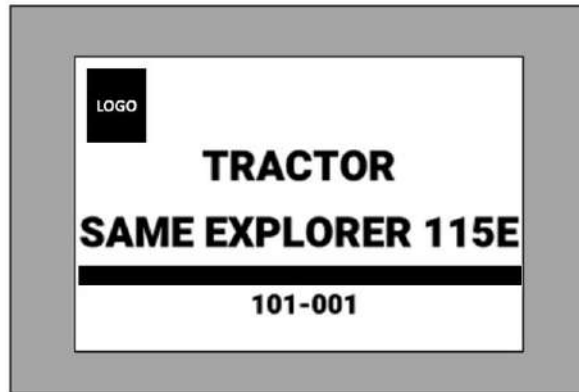
Durante el último mes, el personal de maquinaria agrícola había construido un almacén rústico para aquellos implementos que son utilizados con menor frecuencia, con el objetivo de tener libre el espacio de estacionamiento.

Tener en cuenta los siguientes puntos para las actividades posteriores a la reunión:

- Se deben incluir las actividades sugeridas en las auditorías semanales.
- Es necesario, llevar un control de que se están aplicando las nuevas actividades y si es que requiere de la compra de materiales, realizar oportunamente el requerimiento de compra.

Ejecución de actividades sugeridas en la primera reunión de análisis de resultados de 5'S

La primera actividad en ser ejecutada fue la elaboración de rótulos para la identificación de tractores e implementos. Se emplearon dos planchas de triplay y se cortaron recuadros de 48 cm x 30 cm, en el fondo se colocó pintura en aerosol y las letras de identificación de los equipos se imprimieron en hojas enmicadas.

Figura Q1. Modelo de cartel de tractores e implementos

Los rótulos fueron instalados en los soportes metálicos del techo del espacio donde se estacionan los tractores e implementos. Cabe resaltar que, para esta instalación, se cumplieron las condiciones de seguridad requeridas, considerando que implicó un trabajo de altura.

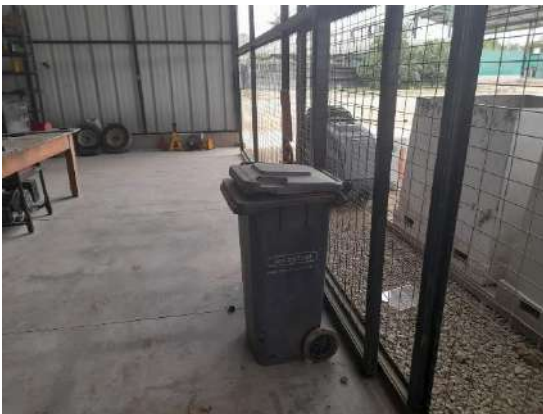
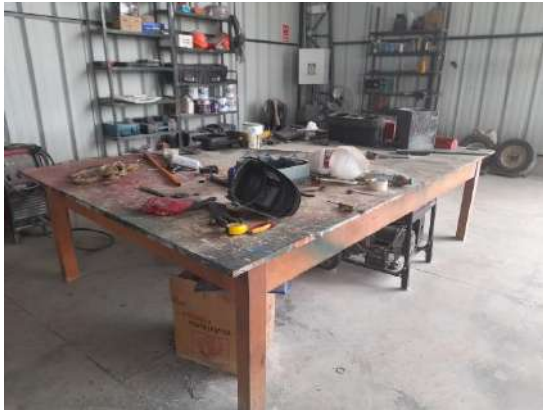
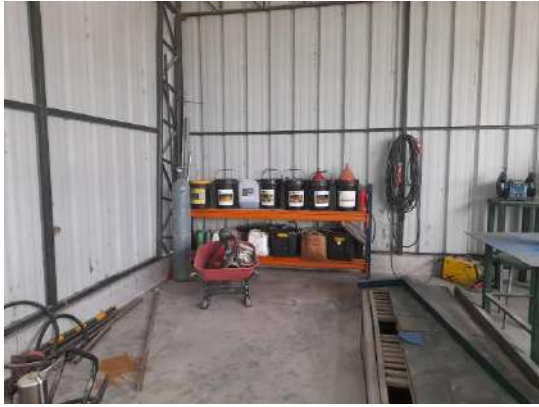
Figura Q2. Rotulación de taller de mantenimiento

Instalación de segundo panel de herramientas, impresión de etiquetas de identificación actualizadas y finalmente, las herramientas se colgaron en su posición correspondiente.

Apéndice R. Comparación de antes y después del taller de mantenimiento

Tabla R1. Fotografías del taller de mantenimiento, antes y después de la implementación de 5'S

Antes	Después
	
	
	





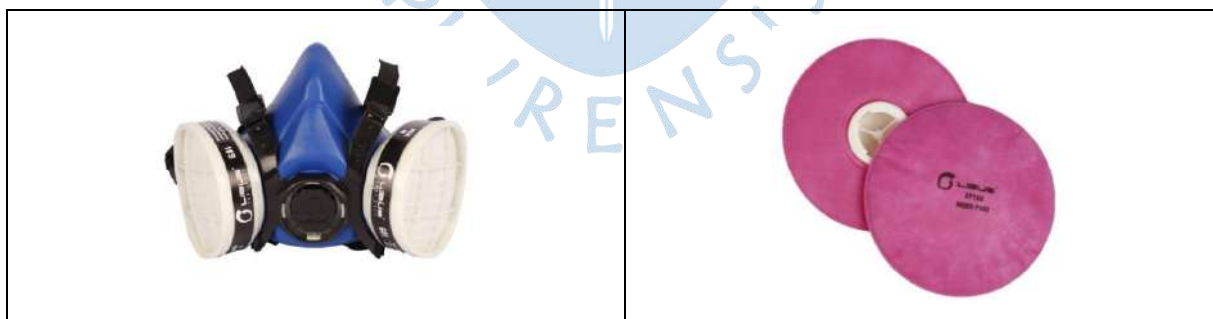
Apéndice S. Análisis de uso de EPP específico para la labor de limpieza de tractores

Después de realizar pruebas y observar la ejecución de labor de limpieza de tractores, que consistieron en llevar a cabo dos actividades de limpieza, se llegó a la conclusión que el operador que ejecutará la limpieza debe contar con el siguiente EPP.

- El trabajador debe utilizar un overol y zapatos de seguridad, que cubra su cuerpo de exposiciones a aceites, lubricantes y polvos.
- El operador manipulará maquinaria que contiene aceite, lubricantes o partes que pueden tener una temperatura alta; por lo tanto, debe utilizar guantes.
- El trabajo se realiza en un entorno en el que el aire comprimido aplicado permite la expulsión de polvo; por lo tanto, se sugiere el uso de una mascarilla de filtro de polvo y partículas.
- En base a una búsqueda de respiradores que brinden una protección para las partículas de polvo a las cuales estarían expuestos los trabajadores, se propone el uso de respirador de media cara, que cubre nariz y boca, puede utilizarse con filtros de partículas, se recomiendan los filtros P100.

En el mercado se pueden encontrar en distintas marcas comerciales; se presentan de la marca Libus. Los cartuchos y filtros recomendados de esta marca son: G70, GX70 y XP100. Estos filtros ofrecen protección contra todo tipo de partículas; los dos primeros tipos de filtro se diferencian del tercero porque ofrecen una protección adicional contra aceites y entornos húmedos. Las imágenes presentadas a continuación son de productos de la marca Libus.

Tabla S1. EPP sugerido para la ejecución del mantenimiento de tractores



Apéndice T. Formato de ficha técnica de equipo

Figura T1. Formato de ficha técnica de equipos

LOGO	Ficha técnica de equipo					Código MA-MTTO-002
						Formato
						Versión: v.00
	Código:		Versión		Fecha de vigencia:	
Ficha N° 001	Nombre del Equipo:		Foto del equipo:			
	Marca:		Modelo:			
	Número de serie:		Tipo de equipo:			
	Año fabricación:		Ubicación:			
	Fecha de compra:		Temporada:			
	Tipo de material:		País de origen:			
A cargo de:						
Datos técnicos						
Componentes:						
Otros:						
Temperatura máxima:		Temperatura mínima:		Máximo vacío:		
Usos o aplicaciones						
Recomendaciones de uso:						
Mantenimiento preventivo:						
Mantenimiento correctivo:						
Fabricante y/o distribuidor del equipo:						
Celular:		Teléfono:		Dirección:		
Correo						