



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO
TEMAPACHE**

INGENIERIA INDUSTRIAL

TESIS PROFESIONAL

NOMBRE DEL PROYECTO:

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE EMPAQUE DE
HORTALIZAS DE LA EMPRESA AGRICOLA EL ROSAL SA DE CV.”

PRESENTA

JONATHAN GAEL CRUZ NAJERA

**PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAL**

DIRECTOR:

MII. ALMA ARACELY PINETE LUNA.

CODIRECTOR:

ING. GERARDO RODRIGO IBARRA MAYA

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER. FEBRERO DE 2025

DEDICATORIA

A mis padres, quienes siempre han sido mi mayor apoyo, impulsándome con sus valores y enseñanzas para alcanzar mis metas y formarme como un profesionalista íntegro.

A la señorita Leslye Estefanía, quien, a pesar de llevar poco tiempo en mi vida, ha dejado una huella significativa y merece un lugar en esta sección.

Por último, y no menos importante, a mi fiel compañero, mi perro Zero, por madrugar conmigo cada día y acompañarme en esas frías y somnolientas mañanas de camino a las residencias. Tu lealtad y ánimo incondicional, aunque seguramente solo esperabas que te llevara al baño, hicieron cada inicio de jornada más llevadero. Gracias, amigo de cuatro patas, por ser el mejor despertador y apoyo. 🐾🐾

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

- Al Sr. Luis Manuel Saldaña, por brindarme la oportunidad y las facilidades necesarias para realizar mis residencias en su empresa, confiando en mi capacidad para llevar a cabo este proyecto.
- Al Ing. Rodrigo Ibarra, por permitirme integrarme y acogerme en su departamento de mantenimiento, ofreciéndome un ambiente de aprendizaje y crecimiento profesional invaluable.
- A la empresa Red Sun Farms, por abrirme sus puertas y permitirme desarrollar mis habilidades durante mis residencias de licenciatura, brindándome la oportunidad de iniciar mi trayectoria profesional en un entorno tan enriquecedor.
- A mi asesora, Alma Aracely Pinete Luna, por su excepcional enfoque y disciplina académica, demostrando ser una de las docentes más preparadas de la universidad y una fuente constante de inspiración y guía durante este proceso.

RESUMEN

La aplicación de un sistema de mantenimiento preventivo es necesaria para identificar, controlar y mitigar las situaciones de deficiencias en equipos y maquinaria de una empresa. El objetivo base del trabajo consiste en desarrollar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento en el área de empaque, mediante la estandarización de procedimientos y control de indicadores, para prolongar la productividad y asegurar la calidad en el servicio. Este objetivo fue planteado a través del desarrollo de los registros históricos encontrados en el tercer trimestre del año 2024, lo cual radica en alta frecuencia de paros en equipos de las diferentes líneas de producción, para lo cual primero se identificaron componentes clave, patrones tendenciales de fallos mediante evaluaciones cuantitativas, buscando la mejora de productividad mientras se mantiene la calidad. Al aplicar la metodología anterior fue posible detectar los puntos vulnerables en el departamento de mantenimiento de los cuales son expuestas las deficiencias en las líneas de producción, una vez detectadas estas situaciones, se realizó su evaluación y se determinó métodos para combatir estas deficiencias, se formularon propuestas de solución para su posible control, evaluación y mitigación de paros, mediante formatos de control, cronogramas de mantenimientos preventivos, control de componentes clave e indicadores para evaluar eficiencia. Posteriormente se interpretaron los indicadores asignados, obteniendo una reducción en paros no programados, eficiencia de operarios y evaluación de registros para buscar tendencias y puntos vulnerables más esclarecidos. Los resultados han mostrado que el sistema de mantenimiento preventivo representa una herramienta de gestión que cumple con el objetivo de controlar y mitigar las situaciones de deficiencias en los procesos de líneas de producción, proporcionando criterios de actuación para la reducción de paros no controlados y aumento de eficiencia en tiempos de respuesta.

ABSTRAC

The application of a preventive maintenance system is necessary to identify, control and mitigate situations of deficiencies in a company's equipment and machinery. The objective of the work is to develop and implement a maintenance management system in the packaging area, through the standardization of procedures and control of indicators, to increase productivity and ensure quality in the service. This objective was sought through the development of historical records found in the third quarter of 2024, which is based on a high frequency of equipment stoppages on the different production lines, for which key components and failure trend patterns were first identified through quantitative evaluations, seeking to improve productivity while maintaining quality. By applying the above methodology, it was possible to detect the vulnerable points in the maintenance department to which the production lines are exposed. Once these situations were detected, they were evaluated and methods were determined to combat these deficiencies. Proposals for solutions were formulated for their possible control, evaluation and mitigation of stoppages, through control formats, preventive maintenance schedules, control of key components and indicators to evaluate efficiency. The assigned indicators were subsequently interpreted, obtaining a reduction in unscheduled stoppages, operator efficiency and evaluation of records to find trends and more clarified vulnerable points. The results have shown that the preventive maintenance system represents a management tool that meets the objective of controlling and mitigating situations of deficiencies in the processes of production lines, providing action criteria for the reduction of uncontrolled stoppages and increased efficiency in response times.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRAC	IV
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	11
1.1 ANTECEDENTES	12
1.1.1 Organigrama de la empresa: AGRICOLA EL ROSAL SA DE CV	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 OBJETIVOS	16
• Objetivo general	16
• Objetivos específicos	16
1.5 HIPÓTESIS:	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1 INDUSTRIA AGROALIMENTARIA	17
2.1.1 Definición	18
2.2 MANTENIMIENTO	18
2.2.1 Definición	18
2.2.2 Trayectoria del mantenimiento	18
2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	19
2.3.1 Definición	19
2.3.2 Concepto	20
2.3.3 Importancia	20
2.4 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE CAUSAS	21
2.4.1 Diagrama de Ishikawa	21
2.4.2 Análisis de causa raíz (RCA)	21

2.4.3	<i>Diagrama de Pareto</i>	21
2.4.4	<i>Antecedentes</i>	22
2.5	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS.....	22
2.5.1	<i>Definición</i>	22
2.5.2	<i>Conceptos</i>	22
2.5.3	<i>Descripción del método</i>	23
2.5.4	<i>Antecedentes</i>	24
2.6	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI) PARA MANTENIMIENTO	25
2.6.1	<i>Definición</i>	25
2.6.2	<i>Conceptos</i>	25
2.6.3	<i>Antecedentes</i>	25
CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE.....		26
3.1	METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO BASE DE LA CONFIABILIDAD DE LAS MÁQUINAS	26
3.2	PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO A MOLINO DE SECADO DE BAGAZO	27
3.3	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA	27
3.4	IDENTIFICACIÓN DE VACÍOS	28
CAPÍTULO IV METODOLOGIA.....		29
4.1	PASO 1: DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS Y CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE EMPAQUE	29
4.2	MODELAMIENTO Y PROYECCIÓN DE PROCESOS	29
4.2.1	<i>Línea de empaquetado de pimiento</i>	29
4.2.2	<i>Línea de empaquetado de tomate</i>	30
4.2.3	<i>Línea de empaquetado de pepino</i>	31
4.3	PASO 2: SELECCIÓN, DISEÑO Y PRUEBA DE INSTRUMENTOS DE IDENTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN HISTÓRICA DE MANTENIMIENTO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	32
4.3.1	<i>Diagrama de Ishikawua</i>	34
4.3.2	<i>Diagrama de Pareto</i>	34

4.4	PASO 3: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN.....	36
4.5	PASO 4: DISEÑO DE CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	37
4.6	PASO 5: DISEÑO DE HOJAS DE CONTROL DE ACTIVIDADES.....	49
4.6.1	<i>Hoja de control de mantenimientos preventivos.....</i>	49
4.6.2	<i>Hoja de control de actividades correctivas, limpieza y servicios.....</i>	50
4.7	PASO 6: PLAN DE CAPACITACIÓN PARA MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y REGISTROS	50
4.7.1	<i>Implementación de capacitación</i>	51
4.8	PASO 7: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA CORRESPONDIENTES DE OPERARIOS DE PRODUCCIÓN	52
4.9	PASO 8: REGISTRO DE UN INVENTARIO ACTUALIZADO DE PIEZAS CRÍTICAS, REFACCIONES Y MATERIALES 53	
4.10	PASO 9: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE EFICIENCIA Y EFICACIA	54
	CAPÍTULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
5.1	ANÁLISIS DE INDICADORES EN EL MES DE OCTUBRE.....	56
5.2	ANÁLISIS DE INDICADORES EN EL MES DE NOVIEMBRE.....	58
5.3	ANÁLISIS DE INDICADORES EN EL MES DE DICIEMBRE	61
	CONCLUSIONES	64
	ANEXOS	66
	ANEXO 1.1 ENCUESTA DE COMPONENTES CRÍTICOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	66
	ANEXO 2.1: AMFE DE SELECCIONADORA AWETA.....	67
	ANEXO 2.2 AMFE DE EMBOLSADORA VR8	68
	ANEXO 2.3 AMFE DE EMBOLSADORA BELCA	69
	ANEXO 2.4 AMFE DE BANDA TRANSPORTADORA	70
	ANEXO 2.5 AMFE DE BANDA DE SELECCIÓN	71
	ANEXO 2.6 AMFE DE BANDA RECTIFICADO	72
	ANEXO 2.7 AMFE DE SELLADORA EMPLEX	73
	ANEXO 2.8 AMFE DE EMPLOYADORA DE PEPINO.....	74
	ANEXO 3.1 OPTIMIZACIÓN DE HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	75

ANEXO 4.1 ASIGNACIÓN DE EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD PREVENTIVA EN LA HOJA DE REGISTRO.	76
FUENTES DE INFORMACIÓN	77

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Organigrama del área de empaque de la empresa..	13
Fig. 1.2: Evolución de las generaciones del mantenimiento: medios y objetivos.....	19
Fig. 4.1: Diagrama de flujo y procesos de las líneas de producción.	32
Fig. 4.2: Gráfico de número total de paros.	33
Fig. 4.3: Diagrama de ishikawua de causas de paros.	34
Fig. 4.4: Diagrama de pareto.	35
Fig. 4.5: Cronograma de mantenimiento preventivo.....	48
Fig. 4.6: Hoja de control de mantenimiento preventivo.	49
Fig. 4.7: Hoja de control de actividades correctivas, limpieza y servicios.....	50
Fig. 4.8: Manual de actividades preventivas de cada máquina y equipo de empaque.	51
Fig. 4.9: Manual de actividades de limpieza de cada maquina y equipo de empaque.	52
Fig. 4.10: Registro de piezas críticas.....	53
Fig. 4.11: Inventario de piezas críticas de mantenimiento.	54
Fig. 4.12: Registro de control de actividades diaria de operarios de mantenimiento.....	54
Fig. 4.13: Análisis de recolección mensual de actividades realizadas.	55
Fig. 5.1: Dashboard de indicadores del mes de octubre.	57
Fig. 5.2: Dashboard de indicadores del mes de noviembre.	59
Fig. 5.3: Dashboard de indicadores del mes de diciembre.	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Tabla comparativa del estado del arte..	28
Tabla 4.1: Producción teórica de cajas procesadas por día.	29
Tabla 4.2: Cantidad de paros en el periodo julio – septiembre 2024.	32
Tabla 4.3: Matriz relacional de causas encontradas.	34
Tabla 4.4: Número de ocurrencias en las causas encontradas.	35
Tabla 4.5: Resumen de amfe de máquinas en líneas de producción.	37
Tabla 5.1: Resumen de octubre en cantidad de paros en líneas de producción.	58
Tabla 5.2: Resumen de noviembre en cantidad de paros en líneas de producción.	60
Tabla 5.3: Resumen de diciembre en cantidad de paros en líneas de producción.	63
Tabla 5.4: Resumen de diciembre en cantidad de paros en líneas de producción.	63

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

En cualquier empresa, el departamento de producción como el de mantenimiento juegan un papel esencial en el logro de los objetivos operativos. La producción se encarga de que los bienes y servicios fluyan sin interrupciones, mientras que el mantenimiento asegura que la maquinaria y los equipos estén en condiciones óptimas para evitar fallas y pérdidas de tiempo por paros no contemplados. Un equilibrio adaptable entre ambos departamentos es crucial para el éxito de la empresa, ya que cualquier interrupción en el flujo productivo puede impactar directamente en la competitividad de la empresa.

En el sector agrícola, especialmente en las plantas de empaquetado de productos como hortalizas, donde las líneas de producción están sometidas a alta presión constante durante las temporadas de alta cosecha, es radical contar con un sistema de mantenimiento. Las fallas en las máquinas pueden tener un impacto significativo en los plazos de entrega y en la calidad del producto final. Por ello, la gestión eficiente del mantenimiento preventivo en estas plantas no solo busca mantener la maquinaria en condiciones óptimas, sino también garantizar la continuidad operativa y cumplir con los estándares de calidad.

El mantenimiento preventivo se basa en la planificación y ejecución de intervenciones establecidas, que permiten anticipar y mitigar la cantidad de fallos y corregir problemas antes de que se conviertan en problemas graves. Esto no solo reduce la cantidad de reparaciones correctivas, sino que también mejora la eficiencia de los procesos productivos, al evitar interrupciones y minimizar el tiempo de inactividad de la maquinaria. Además, un seguimiento detallado ayudará a identificar patrones de fallos recurrentes y a tomar decisiones informadas para mejorar la estrategia de mantenimiento. La incorporación de indicadores clave de desempeño facilitará la evaluación continua del sistema contribuyendo a una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Este proyecto se plantea implementar un sistema de mantenimiento preventivo en las líneas de empaquetado de hortalizas de Agrícola El Rosal S.A. de C.V. mediante el uso

de indicadores clave, que permitirán monitorear y optimizar los tiempos de respuesta y mejorar la eficiencia general del proceso de empaque.

1.1 Antecedentes

Red Sun Farms Sales & Marketing (El Rosal S.A de C.V) es una empresa que se encarga de ofrecer servicios agrícolas a través de programas exclusivos como Sweet Family, Sweetpops, Sweetpeaks y Sweetpeps. Estos programas se implementan en las granjas y red de distribución, abarcando tanto productos propios de la marca como aquellos de sus clientes, lo que garantiza calidad y consistencia durante todo el año. Es un equipo de propietarios, cultivadores y profesionales de servicios con ideas afines, destacando como un grupo sin precedentes en la industria de invernaderos moderna. Es una de las mayores empresas de invernaderos de alta tecnología completamente integradas en América del Norte, con operaciones en Canadá, México y Estados Unidos. Las marcas que se manejan simbolizan estabilidad e innovación en el sector de los invernaderos.

El practicante técnico de mantenimiento en el área de empaque es responsable de asegurar el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos y maquinaria utilizados en el proceso de empaque de productos agrícolas. Este rol es clave para garantizar la continuidad de las operaciones, minimizando tiempos de inactividad debido a averías, y mejorando la eficiencia operativa mediante un mantenimiento preventivo adecuado. Además, que se participa en la implementación de mejoras tecnológicas y el desarrollo de indicadores de rendimiento para optimizar los tiempos de respuesta y asegurar la calidad del proceso de empaquetado.

1.1.1 Organigrama de la empresa: AGRICOLA EL ROSAL SA DE CV

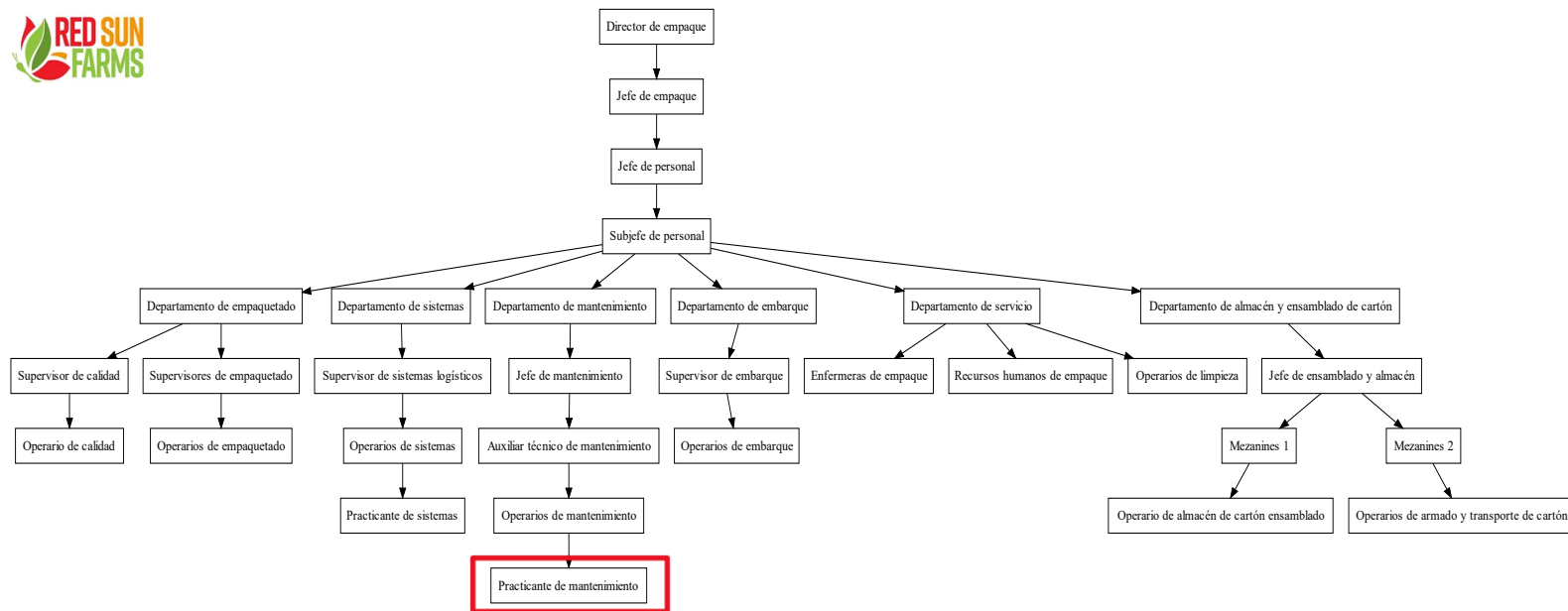


Fig. 1.1: Organigrama del área de empaque de la empresa. Fuente: Agrícola El Rosal SA de CV.

1.2 Planteamiento del problema

Agrícola El Rosal SA de CV, una empresa líder reconocida en la industria de los invernaderos, sin embargo, en la actualidad encara ciertos problemas críticos en el área de empaque de hortalizas debido a la alta frecuencia de fallas mecánicas y eléctricas en las líneas de empaquetado. Estos problemas se manifiestan principalmente en averías recurrentes en singulador de máquina seleccionadora, motorreductores de bandas transportadoras, difusores de cámaras frigoríficas, sistema eléctrico de maquina ensambladora de cartón, entre otras, de las cuales han generado paros operativos constantes. Esto han resultado en un aumento de paros no contemplados en un 10% durante temporada baja, y esto es alarmante en todos los sentidos, ya que afecta de manera directa los plazos de producción y distribución de los productos. Además, debido a los estrictos requisitos de calidad, los productos no pueden permanecer expuestos a temperatura ambiente por periodos prolongados, ya que necesitan ser refrigerados en las cámaras frigoríficas lo más veraz posible para mantener su frescura. Por esta razón, es crucial reducir al mínimo la cantidad y los tiempos de mantenimientos correctivos para evitar comprometer la calidad del producto.

Las consecuencias de estas fallas no solo han incrementado la necesidad de mantenimientos correctivos no contemplados, sino que también han provocado retrasos en los envíos. Particularmente durante las temporadas de alta demanda, que han agravado la situación, con una mayor incidencia de averías que interrumpen la cadena de producción en momentos críticos.

Otro desafío importante que enfrenta el departamento de mantenimiento es el control del inventario de piezas críticas. Este problema es especialmente grave debido a que varias de las máquinas automatizadas utilizadas en el proceso de empaque son importadas. Como resultado, las refacciones y piezas necesarias para su reparación también requieren ser importadas, lo que puede generar tiempos de espera de hasta varias semanas. Por lo tanto, esto incrementa considerablemente los

tiempos de inactividad de las máquinas, ya que la falta de disponibilidad inmediata de estas piezas prolonga las reparaciones y afecta gravemente la operación continua.

Lo antes expuesto también requiere implementar un sistema de mantenimiento preventivo asociado a indicadores clave de desempeño (KPIs), para optimizar los tiempos de respuesta y reducir el porcentaje de mantenimientos correctivos. Este sistema permitirá anticipar y mitigar las fallas, mejorando la operación continua de las líneas de empaque.

Dentro de la empresa, el sistema se limitará exclusivamente a toda el área de empaque, abarcando maquinaria, equipo, embarques, servicios generales, equipo contra incendio y planta eléctrica. Donde se implementará un inventario detallado de piezas críticas con alta tendencia a fallas, se establecerá un cronograma de mantenimiento preventivo, y se integrarán los indicadores requeridos.

Fuera de la empresa, el sistema estará sujeto a las auditorías externas que se requieran para asegurar el cumplimiento normativo y la continuidad operativa de exportación.

1.3 Justificación

La implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en el área de empaque de hortalizas traerá beneficios significativos, tanto en términos de productividad como de rendimiento. Este proyecto permitirá establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) que facilitarán la medición y mejora continua del mantenimiento, incrementando la frecuencia y efectividad de las acciones preventivas. Como resultado, se reducirá el número de fallas y paros no programados, lo que optimizará los tiempos de empaque y garantizará una operación más fluida. La estandarización de los procesos también mejorará la consistencia y previsibilidad en las actividades operativas, lo que, a su vez, incrementará la eficiencia general del área de empaque y reducirá la cantidad de fallas inesperadas. En última instancia, esto impactará de manera positiva en la capacidad de la empresa para satisfacer la demanda en tiempos críticos, manteniendo la calidad de los productos y mejorando su competitividad en el mercado de exportación.

1.4 Objetivos

- Objetivo general

Desarrollar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento en el área de empaque, mediante la estandarización de procedimientos y control de indicadores, para aumentar la productividad y asegurar la calidad en el servicio.

- Objetivos específicos

1. Realizar el diagnóstico de la situación actual del área de empaquetado con la finalidad de identificar las oportunidades de mejora de los procedimientos de mantenimiento y áreas de apoyo mediante las herramientas estadísticas aplicables.
2. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo estandarizado, para cada máquina en el área de empaque, especificando actividades, frecuencias y prioridad.
3. Capacitar al personal de mantenimiento y operadores en los procedimientos estandarizados, asegurando la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento.
4. Asegurar la disponibilidad de piezas y repuestos críticos mediante la elaboración de un inventario controlado, basado en el análisis de averías y necesidades de cada máquina y equipo.
5. Implementar un sistema de control de indicadores de mantenimiento para medir la eficiencia del sistema de mantenimiento y su impacto en la productividad.
6. Monitorear y evaluar continuamente el sistema de gestión de mantenimiento para realizar mejoras basadas en los resultados de los indicadores y las observaciones de los operadores.

1.5 Hipótesis:

H1: La implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en el área de empaque de hortalizas reducirá la cantidad de paros en las líneas de producción en un 10% o más en el último trimestre del año, en comparación con el tercer trimestre del mismo año.

H0: La implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en el área de empaque de hortalizas no logrará una reducción del 10% en la cantidad de paros en las líneas de producción en el último trimestre del año, en comparación con el tercer trimestre del mismo año."

De esta manera, si al finalizar el último trimestre se observa una reducción del 10% o más en los paros de producción, se aceptará la hipótesis. Si la reducción es menor al 10%, se aceptará la hipótesis nula.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El presente trabajo muestra el marco teórico para realizar un sistema de mantenimiento preventivo en el área de empaque de hortalizas.

Este marco teórico presenta la secuencia que se usará para llevar a cabo la investigación propuesta, el trabajo de campo está muy bien delimitado en donde se va a realizar y lo que se necesita evaluar e implementar en cada una de las propuestas de esta investigación para cada una de sus fases.

2.1 Industria Agroalimentaria

El presente estudio se realiza en el sector agro-industrial alimenticio de México, específicamente en el proceso de empaquetado de hortalizas que es un mercado que ha presentado un crecimiento considerable por su practicidad, economía y rentabilidad. La industria alimenticia de productos agrícolas representa un gran mercado tanto en exportación como a nivel nacional.

Los ente reguladores responsables de la regulación de la inocuidad alimentaria en México es la comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

(COFEPRIS) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), organizaciones que encargan de regular y alinear los procesos y procedimientos de la industria alimentaria en el país. (U.S. Food and Drug Administration., 2021)

2.1.1 Definición

(Vanaclocha, 2014) define a la industria agroalimentaria como la parte encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal. Las materias primas de esta industria se centran en los productos de origen vegetal y animal.

2.2 Mantenimiento

La necesidad de la industria competitiva actual de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como de obtener de ellos la máxima disponibilidad manteniendo una armonía entre el departamento de producción y el de mantenimiento, gracias a esto se ha originado una significativa evolución del mantenimiento industrial a lo largo del tiempo (De León, 1998).

2.2.1 Definición

(Saavedra, 2021) define al mantenimiento como aquel que cualquier empresa, independientemente de su tipo de producción, necesita tener como parte esencial de su plan operativo. Este tiene la responsabilidad de programar y cumplir con los plazos fijados para el mantenimiento de los equipos y maquinaria usados en la producción. Es trabajo del jefe de mantenimiento presentar este plan y velar por la disponibilidad mecánica de los equipos de la línea de producción, así como por la vida útil de los recursos que supervisa. Esto garantiza que tanto los tiempos de operación se optimicen como que la maquinaria esté disponible de forma constante.

2.2.2 Trayectoria del mantenimiento

(Fernández, 2015) menciona en su libro que, aunque el enfoque científico del mantenimiento data sólo de unas pocas décadas, ha logrado

experimentar un importante desarrollo en su concepción, metodología y niveles de aplicación. De simplemente arreglar fallos en máquinas, vehículos y equipos, ha evolucionado a un elaborado sistema de gestión de recursos técnicos y organizativos que soluciona, anticipa y predice problemas, asegurando la eficiencia en el uso de las instalaciones, en concordancia con normas de seguridad, calidad y medio ambiente.

Se ha convenido que el desarrollo del mantenimiento en el siglo XX se dividió en tres etapas, las cuales se denominarán a partir de ahora Primera, Segunda y Tercera Generación. Las cuales se pueden analizar con la ayuda de la figura 2.1, la cual presenta los objetivos generales establecidos por las empresas a lo largo de los años y los medios utilizados para alcanzar dichos objetivos.

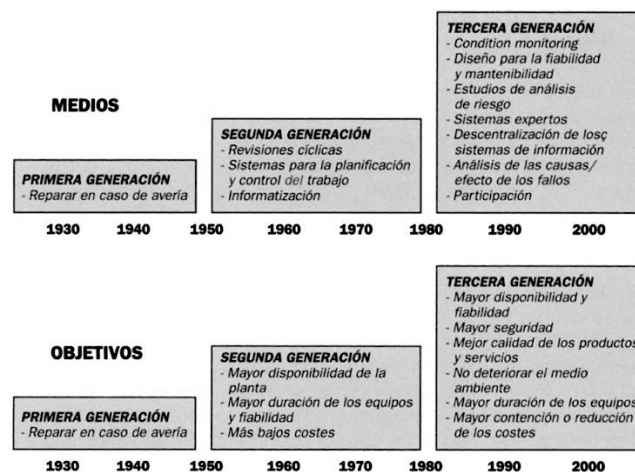


Fig. 1.2: Evolución de las generaciones del mantenimiento: medios y objetivos.
Fuente: (Fernández, 2015).

2.3 Mantenimiento preventivo

2.3.1 Definición

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo de manera planificada para realizar las actividades de forma responsable y controlada, evitando posibles pérdidas de tiempo y dinero causadas por errores. A lo largo del tiempo, el mantenimiento ha avanzado desde simples arreglos después de averías hasta estrategias más avanzadas que buscan prever problemas,

aumentando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y reduciendo costos con revisiones periódicas y monitoreo continuo (Portillo, Pérez, & Rodríguez, 2022).

2.3.2 Concepto

A continuación, se presentan conceptos relacionados con el mantenimiento preventivo.

Inventario de refacciones: Se refiere a las partes necesarias para el mantenimiento de los equipos, organizadas y controladas de manera sistemática. Su manejo garantiza que los elementos fundamentales estén disponibles para prevenir interrupciones prolongadas.

Cronograma de actividades: Se trata de un cronograma que describe las labores de mantenimiento preventivo a efectuar, indicando las fechas y periodicidades de cada tarea para asegurar la operatividad constante de los equipos.

Capacitación de actividades de mantenimiento: Se refiere a la capacitación del personal responsable de realizar las labores de mantenimiento, garantizando que entiendan y apliquen de manera adecuada los procedimientos estándar para aumentar la eficacia y proteger la seguridad en las actividades.

2.3.3 Importancia

Actualmente se toma como criterio general el mantenimiento exclusivo de los componentes considerados críticos para el correcto funcionamiento del sistema, y se deja que trabajen hasta que fallen los componentes no críticos. Sin embargo, en áreas donde la continuidad operativa es vital, el mantenimiento preventivo adquiere mayor importancia, ya que incluso una pequeña falla en un componente no crítico puede desencadenar problemas mayores, afectando la eficiencia (Sacristán, 2014).

2.4 Herramientas de análisis de causas

Para el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo, es realizar un diagnóstico de la situación actual del área a estudiar y mejorar. Este diagnóstico se llevará a cabo utilizando diversas herramientas estadísticas y cualitativas.

2.4.1 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa es una de las herramientas de calidad eficaces y eficientes en las acciones de disminución de un problema central, viene a ser un elemento fundamental, que posibilita examinar los elementos que intervienen en la calidad del producto/servicio mediante una interacción de causa y efecto, ayudando a sacar a la luz las causas de la dispersión y además a ordenar la relación entre las causas en un asunto que pueden estar enfocadas en diversos campos: en el caso de la presente investigación en la educación (Delgado, Panchi, Salazar, & Pinos, 2021).

2.4.2 Análisis de causa raíz (RCA)

Análisis de causa raíz (ACR o RCA en sus siglas en inglés) es un método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de una incidencia o defecto a través de identificar sus causas. El análisis de causa raíz se utiliza para investigar cuáles son las causas que han originado un determinado problema o incidencia, poder actuar sobre ellas evitando así su recurrencia en el futuro (Catalán & Aparisi, 2019).

2.4.3 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Como se ha mencionado anteriormente, aunque esta herramienta no escoge la opción idónea en una toma de decisiones, sí que ayuda a separar los problemas más relevantes de aquellos que no tienen importancia (Rincón & Villareal, 2016).

2.4.4 Antecedentes

(Antor & Dominguez, 2014) “El análisis causa raíz utilizado como herramienta en la evaluación de eventos no deseados en instalaciones de una refinería”. En su tesis tiene como objetivo describir la Metodología del Análisis Causa Raíz (ACR) como herramienta estratégica en la evaluación de eventos no deseados, además de dar a conocer la metodología del análisis causa raíz utilizada comúnmente en la evaluación de eventualidades que causan problemas en instalaciones de tipo industrial, en este caso una refinería, ya que por sus componentes, tipos de insumos que maneja así como los productos que en ella se generan, siempre existirán riesgos de cualquier índole. El ACR se enfoca en la resolución de problemas a través de la identificación y corrección de las causas raíz de los eventos, en lugar de tratar los síntomas que surjan de un problema. Al concentrarse en la corrección de la causa raíz, se previene la repetición del evento.

2.5 Análisis modal de fallos y efectos

2.5.1 Definición

(Maure, 2023) define al análisis de modo y efectos de fallas (AMFE) como una técnica empleada para detectar posibles problemas en un proceso, producto o servicio, con el objetivo de solucionarlos o reducir su impacto en el cliente final. Para lograrlo, es necesario llevar a cabo la ejecución comenzando con la identificación de todas las posibles fallas presentes y clasificándolas según su nivel de importancia, de modo que se pueda concentrar el esfuerzo en aquellas que tengan un impacto significativo en la unidad, proceso o sistema en cuestión.

2.5.2 Conceptos

Número de Prioridad de Riesgo (NPR): Resultado de la multiplicación de la severidad, ocurrencia y detección de un fallo, empleada para priorizar medidas correctivas de acuerdo con el nivel de riesgo implicado.

Gravedad: Nivel de influencia que un fallo puede tener en el funcionamiento de un producto o proceso, medido en una escala que indica su severidad.

Frecuencia de aparición: Posibilidad de que se presente un tipo de fallo, analizada a través de datos anteriores, conocimientos previos y evaluación de riesgos, lo cual permite prever contratiempos.

Identificación: Habilidad de un sistema para reconocer un fallo potencial antes de que genere un impacto negativo, teniendo en cuenta la eficacia de los mecanismos actuales para detectar fallos.

2.5.3 Descripción del método

Procedimiento que seguir para llevar a cabo un AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos):

Identificación del sistema y sus componentes: Elegir el sistema o máquina a examinar y divide sus partes fundamentales, establecer maneras en las que las fallas pueden ocurrir, e identifique los posibles modos de falla de cada componente, es decir, cómo podría fallar.

Examinar de las consecuencias del error: Detallar las repercusiones de cada error en el rendimiento del sistema o dispositivo.

Calcular la gravedad (S): Da un nivel de importancia del 1 al 10 a cada consecuencia, donde 1 es un daño insignificante y 10 es devastador.

Evaluar el nivel de la ocurrencia (O): Califica las posibilidades de que suceda cada error, otorgando una puntuación del 1 al 10, donde 1 representa una baja probabilidad y 10 una alta probabilidad.

Examinar la detección (D): Clasifica del 1 al 10 la facilidad de detectar el error antes de que genere inconvenientes, donde 1 es de fácil detección y 10 es bastante complicado.

Determinar el NPR: Realizarla multiplicación de los valores de Severity (S), Occurrence (O) y Detection (D) para calcular el NPR.

Dar prioridad a las medidas correctivas: Los errores con mayor PNR son más riesgosos y deben ser tratados primero con acciones correctivas.

Ejecutar y supervisar: Llevar a cabo las acciones correctivas requeridas y continúa supervisando los resultados para modificar el mantenimiento según lo requiera.

2.5.4 Antecedentes

(Carlin, 2018) presento en su tesis, denominada “Diseño de un programa de mejoras en las operaciones de mantenimiento de vehículos livianos aplicando la metodología AMFE en la empresa D'eicar SCRL - Piura”, en el taller de mecánica de la empresa en mención, en la cual se desarrollado un análisis modal de fallas y efectos (AMFE), como método de investigación no experimental a un nivel descriptivo mediante el registro, análisis e interpretación de los modos de fallas. El diseño fue no experimental, es decir, se recogió información referente a una variable, en una población determinada. Concluyo con que el diseño de un programa de mejoras basado en el análisis de los modos, efectos, las causas y las criticidades de las fallas (AMFE), contribuye a mejorar la calidad del servicio que la empresa ofrece, a su vez gracias a este programa del AMFE se identificaron las fallas más frecuentes, así como la cantidad de las mismas, sirviendo como base para plantear acciones estrategias que permitan la mejora continua en sus procesos operativos.

(Quincha & Barreiro, 2009) en su tesis “Diseño de un plan de calidad para un centro de distribución de productos de consumo masivo mediante la utilización de la técnica AMFE”, la cual se desarrolló dentro del principal centro de distribución de esta empresa, la cual se encarga de suministrar productos a sus puntos de venta de venta ubicados en la región costa del país. En la cual meses recientes se había evidenciado varios problemas operativos en el centro de distribución, en respuesta a los diferentes problemas presentes en el centro de distribución se desarrolló un plan de mejoras sobre uno de sus procesos internos, basado en los principios

planificación de calidad. Para lo cuál se utilizó la herramienta AMFE ya que con ésta herramienta se investigó sistemáticamente los problemas más importantes del proceso y sus causas. Se diseñaron acciones correctoras enfocadas a minimizar o eliminar las causas de los fallos que ocasionan mayor influencia negativa al proceso, para lo cual se elaboró un plan de mejoras donde se detallan los costos y beneficios de las soluciones propuestas y la factibilidad de su implantación.

2.6 Indicadores clave de desempeño (KPI) para mantenimiento

2.6.1 Definición

(Buitrago & Lopez, 2021) define a los indicadores claves de rendimiento (KPI, Key Performance Indicators) como un conjunto de indicadores útiles en las organizaciones y en los proyectos para realizar la medición de variables establecidas al momento de decidir qué factores presentan gran influencia o tienen mayor impacto en una organización.

2.6.2 Conceptos

A continuación, se presentan conceptos relacionados con indicadores clave de desempeño.

MTBF (Mean Time Between Failures): Tiempo promedio entre fallos de un equipo.

MTTR (Mean Time to Repair): Tiempo promedio necesario para reparar un equipo.

Disponibilidad: Relación entre el tiempo total que el equipo está disponible para su uso y el tiempo total planificado para su operación.

2.6.3 Antecedentes

(Oliva, 2021) “Propuesta de métodos técnicos para medir indicadores claves de desempeño (kpi) al personal del departamento de mantenimiento en el hospital centro médico en la ciudad de Guatemala”. En este estudio se desarrollaron métodos técnicos para medir KPIs en el departamento de

mantenimiento del Hospital Centro Médico en Guatemala, debido al incremento de llamadas de emergencia por fallos en la entrega de trabajos. La implementación de los KPI mejoró el control y la organización de las actividades, posibilitando una supervisión precisa del rendimiento del personal. Los beneficios clave fueron un incremento en la eficacia de las labores de mantenimiento, mejora en el desempeño de los equipos y una toma de decisiones más precisa basada en información. La utilización de los KPI llevó a una reducción importante en las llamadas de emergencia, una mejora en los tiempos de respuesta y una mayor satisfacción en el personal y pacientes del hospital.

CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE

El propósito de este estado del arte es revisar y analizar el conocimiento existente sobre la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo en el sector agro-industrial, con un enfoque específico en el maquinaria y equipos. Esta revisión abarca investigaciones relevantes y estudios de caso que proporcionan una base sólida para el desarrollo de nuestra propia investigación.

3.1 Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas

Varios estudios han destacado la necesidad del mantenimiento preventivo, (Castillo Pérez , Pillado Portillo , & de la Riva Rodríguez, 2022) aborda la importancia del sistema de mantenimiento preventivo en la industria, especialmente en empresas de productos biológicos. Utilizando una metodología detallada, desde el inventario físico de máquinas hasta la asignación de planes de mantenimiento y análisis de fallas, el estudio demostró mejoras significativas en la confiabilidad y eficiencia de las máquinas. Los resultados incluyeron un aumento del tiempo medio entre fallas, reducción del tiempo de mantenimiento y un incremento en la disponibilidad de las máquinas para la producción. Sin embargo, también se identificaron limitaciones como la variabilidad en el inventario y la demanda de recursos para implementar la metodología. La relevancia de esta aplicación es alta,

ya que puede llevar a mejoras operativas y reducción de costos en diversas industrias, destacando la importancia de una gestión adecuada del mantenimiento preventivo.

3.2 Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento preventivo y predictivo a molino de secado de bagazo

El estudio presentado por (Ancajima, 2023), se enfoca en una empresa productora de etanol y azúcar, analizando reportes de producción y paradas no programadas de 2021 a mayo de 2023. Identificó el molino de secado como equipo crítico mediante análisis de datos históricos, Pareto y criticidad. Se implementó un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, optimizando frecuencias de cambio de componentes, resultando en ahorros significativos y mayor confiabilidad. Las limitaciones incluyen variabilidad en el inventario y demanda de recursos. La relevancia radica en mejorar la gestión del mantenimiento en la agroindustria, reduciendo costos y aumentando la eficiencia operativa.

3.3 Implementación del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria agrícola

La tesis de (Kuroda, 2022) aborda la implementación de un plan de mantenimiento a maquinaria agrícola dentro de una empresa exportadora de uva en el norte peruano. El proyecto tiene como punto de partida el análisis de la data de salidas de almacén del año 2022 ya que era el único modo de realizar trazabilidad y poder identificar las principales fallas dentro de la flota con el fin de realizar actividades correctivas de emergencia que permitan romper el ciclo de las fallas más concurrentes. Las actividades correctivas aplicadas como el cambio de bocamazas, cambio de membranas de acumulación de presión, cambio de membranas de presión de pistón y cambio de válvulas de presión lograron reducir las incidencias diarias y permitieron abrir una ventana en el tiempo del equipo de trabajo para empezar a realizar trabajos preventivos como el cambio de aceite dentro del periodo recomendado.

Tabla 3.1: Tabla comparativa del estado del arte. ente: (Castillo Pérez , Pillado Portillo , & de la Riva Rodríguez, 2022), (Ancajima, 2023) y (Kuroda, 2022).

Criterio	Trabajo 1	Trabajo 2	Trabajo 3
Autor(es)	Martín Portillo, Velia Castillo, Jorge de la Riva.	Kelvin Ancajima.	Valentín Kuroda.
Año	2022	2023	2022
Título	Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas.	Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento preventivo y predictivo a molino de secado de bagazo.	Implementación del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria agrícola.
Metodología	Sistema de mantenimiento preventivo: Inventario físico de máquinas, actualización del sistema, asignación de planes de mantenimiento, análisis de fallas, frecuencia de mantenimiento, implementación y auditoría.	Identificación de tendencias de fallas mediante datos históricos, análisis detallado de los datos recopilados durante el período de estudio, análisis de Pareto, elaboración de un plan de mantenimiento preventivo basado en la taxonomía del árbol de equipos (ISO 14224:2016) y el análisis de criticidad de equipos y repuestos.	Análisis tendencial de fallas, cronograma de mantenimiento, inventarios.
Resultados	El estudio mostró una mejora significativa en la confiabilidad de las máquinas después de implementar la metodología de mantenimiento preventivo (44.47% de mejora).	Mejora en la confiabilidad de los equipos: Identificación del molino de secado como equipo crítico. Reducción en las frecuencias de cambio de componentes críticos, generando ahorros significativos.	Aumento en la disposición de tiempos y reducción de correctivos en un 15%.
Conclusiones	El trabajo concluye que la administración efectiva del mantenimiento preventivo puede llevar a una mejora significativa en la operación de las máquinas y la eficiencia de la producción. La metodología desarrollada es aplicable y adaptable a diversas industrias.	El análisis de Pareto y la metodología empleada resultan fundamentales para la toma de decisiones y la optimización del plan de mantenimiento, destacando la importancia de un enfoque proactivo en la gestión de equipos críticos.	Un buen sistema de mantenimiento preventivo logra insentivar una ventana emergente que ayuda a reducir los impactos negativos en nuestros procesos y mejorar los tiempos de respuesta.
Limitaciones	Limitada a variabilidad en el inventario y tiempos.	Demanda de tiempo y recursos.	Tiempos de procesos de equipos.
Relevancia	Alta.	Alta.	Media.

3.4 Identificación de vacíos

Aunque la literatura existente proporciona una visión amplia sobre el mantenimiento preventivo en el sector agro-industrial, se han identificado varias lagunas. Por ejemplo, hay una falta de estudios centrados específicamente en el área de empaque de hortalizas.

CAPÍTULO IV METODOLOGIA

4.1 Paso 1: Diagnóstico de los procesos y capacidad de producción del área de empaque

La unidad de empaque de la empresa “Agrícola el Rosal SA de CV”, se encuentra ubicada en el estado de Guanajuato. Cuenta con 23 años en el mercado de exportación de hortalizas, la planta de empaque cuenta con una capacidad de producir de 26,500 cajas/día entre pimiento, tomates y pepino. La planta concentradora está compuesta por 3 líneas de empaquetado, una para pimiento, otra para tomates en diferentes variedades, y una última para pepino. Debido a los altos números de paros de producción, presentados en el tercer trimestre del año 2024, ocurridos principalmente por fallos de equipos y maquinaria de selección y empaquetado, se han presentado en múltiples ocasiones deficiencias en las líneas de producción e incumplimientos con la cantidad de producción requerida.

Tabla 4.1: Producción teórica de cajas procesadas por día. Fuente: Agrícola El Rosal.

Líneas de empaquetado.	Producción teórica.	% Total
Pimiento.	14575	55%
Tomates.	10600	40%
Pepino.	1325	5%
Σ	26500	100%

4.2 Modelamiento y proyección de procesos

En este apartado se describen los procesos de selección y empaquetado de las líneas de pimiento, tomate y pepino, para su exportación, considerando las máquinas clave y el flujo operativo en cada una representado en la Fig. 3.1.

4.2.1 Línea de empaquetado de pimiento

El proceso de empaquetado de pimiento está diseñado para clasificar y empaquetar el 100% de la producción diaria mediante dos flujos diferenciados:

Selección Automática: El pimiento es clasificado por tamaño y peso mediante una seleccionadora AWETA automática. Esta máquina no solo garantiza una clasificación precisa, sino que también mejora la eficiencia

del empaquetado y asegurando que se cumplan los estándares de calidad para la exportación.

La seleccionadora realiza la siguiente secuencia:

- Clasificación por tamaño y peso de los pimientos.
- Separación automática en diferentes categorías de producto.

Transportación: Una vez clasificados, los pimientos son trasladados a través de bandas transportadoras hacia las siguientes etapas de empaquetado.

Embolsado Automático (80% de la producción): La mayor parte de los pimientos (80%) es empaquetada utilizando una máquina VR8 embolsadora automática con una banda de transporte integrada. Esta máquina proporciona un embalaje rápido y eficiente, cumpliendo con los requisitos de presentación para exportación.

Embolsado Manual (20% de la producción): El 20% restante de la producción es empaquetado manualmente utilizando una selladora de bolsa manual, que incluye una banda de transporte para su embolsado previo independiente.

4.2.2 Línea de empaquetado de tomate

El proceso de empaquetado de tomate se distingue por la variedad de tipos de tomate procesados y la combinación de procesos manuales y automáticos para cubrir las diferentes necesidades del mercado de exportación. Se procesan 7 tipos diferentes de tomates, con la siguiente configuración:

Bandas de selección Manual (90% de la producción de tomate): Para los 6 de los 7 tipos de tomate, se cuenta con un total de 11 bandas de selección, donde los operarios realizan una selección manual del producto y su previo empaquetado, garantizando que cumpla con los estándares de calidad necesarios para la exportación.

Bandas de rectificado Manual: Adicionalmente, el proceso cuenta con 7 bandas de rectificado, donde se verifica que la selección y el pesaje sean correctos, para garantizar que no se envíen productos defectuosos o fuera de los rangos de peso.

Embolsado Automático (10% de la producción de tomate): Para uno de los tipos de tomate, que representa el 10% de la producción, se emplea una máquina BELCA automática para realizar el embolsado. Esta máquina se encarga del proceso de empaquetado con alta velocidad y precisión, asegurando la uniformidad del empaque.

4.2.3 Línea de empaquetado de pepino

El proceso de empaquetado de pepino es más sencillo en comparación con las líneas de pimiento y tomate, dado que este producto tiene una menor demanda. El flujo de trabajo se organiza de la siguiente manera:

Selección y Transportación: El pepino es seleccionado manualmente y transportado a través de una única banda transportadora, que se encarga de mover el producto desde la selección hasta la siguiente etapa del proceso.

Emplayado: Finalmente, el pepino es empaquetado utilizando una máquina emplayadora automática. Esta máquina garantiza que el envoltimiento en película plástica para protección y conservación del producto para su exportación.

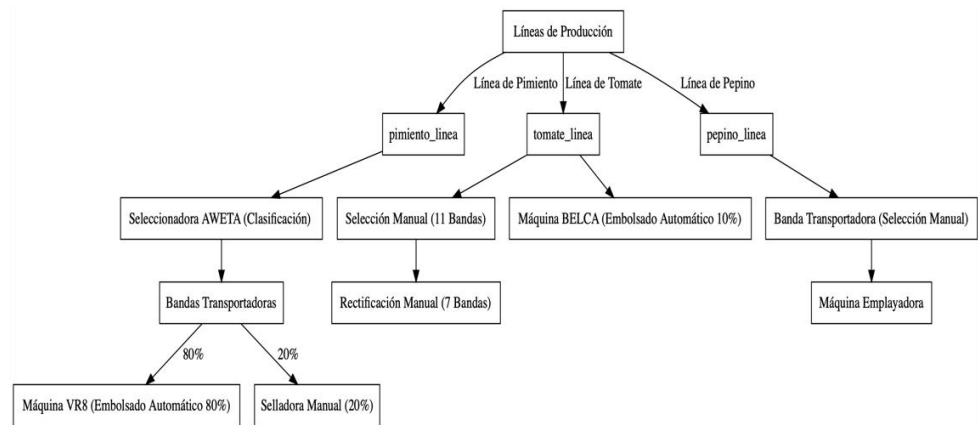


Fig. 4.1: Diagrama de flujo y procesos de las líneas de producción. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Paso 2: Selección, diseño y prueba de instrumentos de identificación de información histórica de mantenimiento en las líneas de producción

Para este apartado se realizó un diagnóstico histórico de la situación del área de empaquetado con la finalidad de identificar las deficiencias y las oportunidades de mejora de las 3 líneas de producción, para lo cual se consideraron los segundos 4 meses del año (mayo – agosto). Encontrando los siguientes datos de varias paradas de equipos en sus diferentes procesos según los registros de mantenimiento, representados en la tabla 3.2.

Tabla 4.2: Cantidad de paros en el periodo julio – septiembre 2024. Fuente: Elaboración propia.

Línea de producción:	Número de paros de equipo.			Total de paros de equipo.	%
	Julio	Agosto	Septiembre.		
Pimiento.	29	32	37	98	55.37%
Tomate.	22	27	25	74	41.81%
Pepino.	1	1	3	5	2.82%
			Σ	177	100%

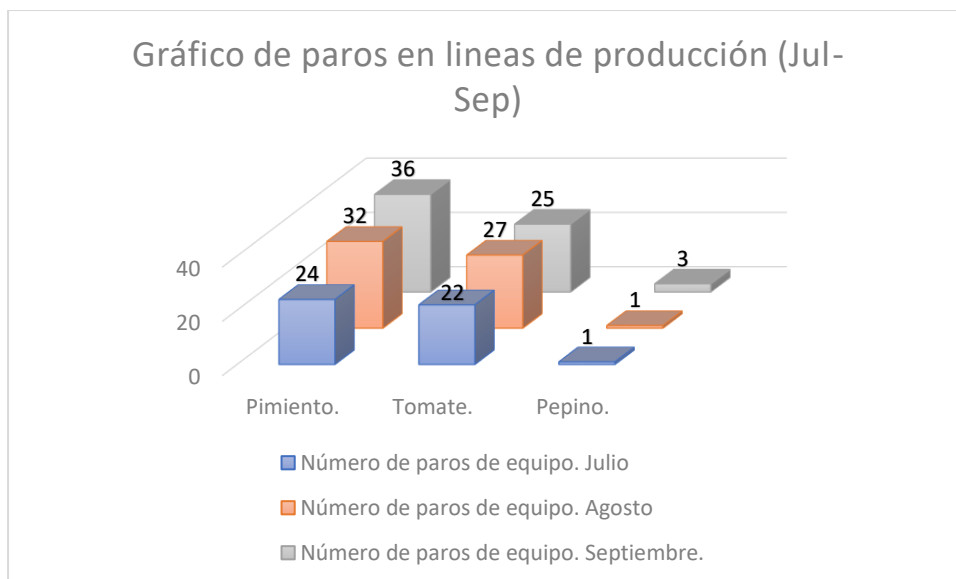


Fig. 4.2: Grafico de número total de paros. Fuente: Elaboración propia.

La línea de pimiento al contar simplemente con 1 equipo para cada acción requerida, la estrategia de mantenimiento está basada únicamente en intervenciones correctivas.

En los últimos 4 meses la productividad de la línea de pimiento se ha visto afectada desfavorablemente ya que los equipos han tenido intervenciones no programadas, paradas de equipos, tareas de emergencia, deficiencia en las ordenes de trabajo, horas hombre muertas, pérdida de tiempo por falta de piezas clave, procedimientos mal establecidos, falta de orden y limpieza. Por tal razón es alarmante la situación, ya que se desea mantener en óptimas condiciones los equipos y garantizar la continuidad del proceso productivo.

4.3.1 Diagrama de Ishikawua

En la figura 3.3, mediante el diagrama de Ishikawa se aplica la técnica de las 6 Ms, donde se muestran las posibles causas de la alta cantidad de paros en las líneas de producción en el tercer trimestre del año presente.

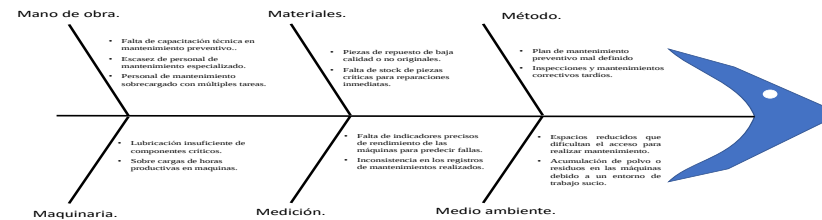


Fig. 4.3: Diagrama de Ishikawua de causas de paros. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Diagrama de Pareto

Para profundizar en la importancia de estas causas, se ha cuantificado, utilizando la técnica de Pareto. Inicialmente se recopiló datos a través de una matriz relacional de causas identificadas, la cual se creó en función de las causas identificadas para poder determinar la relación entre un problema y otro. La asignación de puntajes se basó en una escala del 0 al 1, donde 0 indica que no hay relación y 1 indica que sí la hay.

Tabla 4.3: Matriz relacional de causas encontradas. Fuente: Elaboración propia.

	Causas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	Frecuencia.	% Ponderación.
C1	Falta de capacitación técnica	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	8	8.33%
C2	Escasez de personal especializado	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8	8.33%
C3	Sobrecarga de tareas de mto.	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10	10.42%
C4	Repuestos de baja calidad	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2.08%
C5	Falta de stock de piezas	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	7	7.29%
C6	Plan preventivo mal definido	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	11	11.46%
C7	Inspecciones tardías	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	9	9.38%
C8	Lubricación insuficiente	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	9	9.38%
C9	Sobrecarga productiva	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	10	10.42%
C10	Falta de indicadores	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	8	8.33%
C11	Inconsistencia en registros	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	7	7.29%
C12	Espacios reducidos	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	5	5.21%
C13	Acumulación de polvo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2.08%
															Σ 96	100%

Tabla 4.4: Número de ocurrencias en las causas encontradas. Fuente: Elaboración propia.

Causas	Frecuencia.	% Ponderación.	Frecuencia acumulada.	% acumulada.
Plan preventivo mal definido	11	11.46%	11	11.46%
Sobrecarga productiva	10	10.42%	21	21.88%
Sobrecarga de tareas de mtto.	10	10.42%	31	32.29%
Inspecciones tardías	9	9.38%	40	41.67%
Lubricación insuficiente	9	9.38%	49	51.04%
Falta de capacitación técnica	8	8.33%	57	59.38%
Escasez de personal especializado	8	8.33%	65	67.71%
Falta de indicadores	8	8.33%	73	76.04%
Falta de stock de piezas	7	7.29%	80	83.33%
Inconsistencia en registros	7	7.29%	87	90.63%
Espacios reducidos	5	5.21%	92	95.83%
Repuestos de baja calidad	2	2.08%	94	97.92%
Acumulación de polvo	2	2.08%	96	100.00%
Σ	96	100.00%		

Se puede apreciar que la mayor cantidad de problemas en la empresa se deben a la falta de un plan bien fundamentado de mantenimiento preventivo (11.46%), así como la sobrecarga productiva a las maquinas (10.42%), sobrecarga de tarea a operarios de mtto. (10.42%), las inspecciones tardías y lubricación insuficiente (9.38%), falta de indicadores de control (8.33%); los cuales son los que más influyen en la alta tasa de paros en las líneas y a su vez provocan la baja productividad.

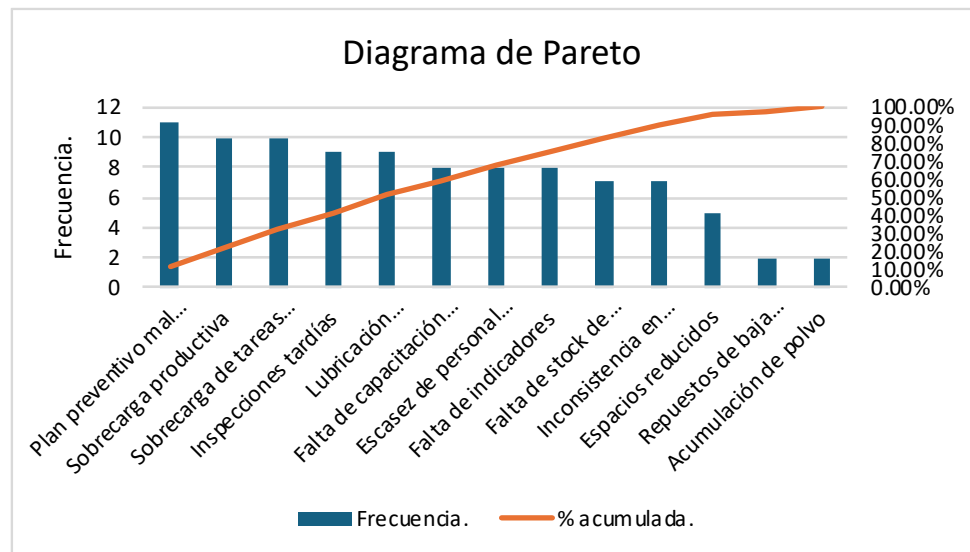


Fig. 4.4: Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.

Al llevar a cabo la revisión de toda la información del área de mantenimiento de la planta, se observó que no se contaba con un registro histórico sólido de todos los trabajos realizados por el equipo de mantenimiento; por ello, se decidió establecer un control de las órdenes de trabajo y registros históricos controlados y detallados.

4.4 Paso 3: Análisis Modal de Fallos y Efectos en las máquinas de producción

Para analizar la criticidad en cada una de las líneas de producción, se aplicó el método AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) en el mantenimiento de las máquinas de empaquetado de hortalizas. Se extrajo información de los manuales de cada maquina y de encuestas realizadas (se encuentra en el Anexo 1.1) a operarios y auxiliar de departamento de mantenimiento. Para la realización del AMFE se realizó mediante la siguiente simbología que le da valor a cada apartado.

Simbología:

Ocurrencia (O): Mide la probabilidad de que ocurra la falla (1: Muy baja, 10: Muy alta).

Severidad (S): Mide el impacto de la falla en el funcionamiento del equipo (1: Poco severo, 10: Muy severo).

Detección (D): Mide la capacidad de detectar la falla antes de que ocurra (1: Muy alta capacidad de detección, 10: Muy baja capacidad de detección).

Número de Prioridad de Riesgo (NPR): Es el resultado de multiplicar Ocurrencia x Severidad x Detección. Se utiliza para priorizar las acciones correctivas.

En la tabla 3.5 se muestra un resumen de los AMFE realizados a cada maquina correspondiente de su línea, los AMFE desglosados de cada maquina (se encuentran en los anexos 2.1 – 2.8).

Tabla 4.5: Resumen de AMFE de máquinas en líneas de producción. Fuente: Elaboración propia.

Línea de producción.	Máquina.	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Pimiento.	AWETA	1522
	VR8	2146
	Banda transportadora.	826
	Selladora Emplemex	1136
Tomate.	Banda selección.	915
	Banda rectificado.	970
	BELCA.	1696
Pepino.	Banda transportadora.	826
	Emplayadora de pepino.	527

La aplicación del AMFE en el análisis y desglose de las líneas de producción de hortalizas, destaca la relevancia de reconocer y tratar de forma prioritaria los elementos críticos de cada equipo. Este análisis detallado nos permitió identificar las zonas más susceptibles y propensas a errores en los equipos de empaquetado y selección, lo que es esencial para garantizar la fluidez y eficacia de los procesos y reducir tiempos de inactividad no programados. La detección de fallos potenciales posibilita aplicar acciones preventivas concretas para cada elemento, disminuyendo el peligro de fallas sorpresivas y extendiendo la vida útil de los equipos.

4.5 Paso 4: Diseño de cronograma de mantenimiento preventivo

El cronograma de mantenimiento fue diseñado con actividades clave que pretenden mantener el buen funcionamiento de los equipos, el cual mantiene un carácter preventivo mediante la inspección que se realizara a intervalos regulares a los equipos del área de empaque.

Para este, se empezó elaborando con la información brindada por parte del jefe de mantenimiento y manuales de equipos, contemplando como prioridad los equipos críticos de cada línea de producción, previamente planteados en los análisis AMFE, en los cuales se proyectan la implementación de actividades como verificación de la integridad y funcionamiento de componentes clave, lubricación, engrasar, lubricar, toma de temperaturas de equipos, etc.

Finalmente se determinó frecuencias con la que serán medidas las intervenciones, sin embargo, se condiciona que dependiendo la disponibilidad del equipo este se realizara en cualquier día laboral de la semana programada, por lo que se manejara por semas la proyección de este cronograma de mantenimiento preventivo, sin embargo, si se catalogan frecuencias: diarias, cada tercer día, mensuales y trimestrales, como el equipo y sus componentes lo requieran.

		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS		LEGENDA	
		SÍMBOLOS		LEGENDA		SÍMBOLOS			

VR8	A	Cuchillas.	Limpiar y lubricar y ajustar.			1112A			VA			VA			1112A			VA			1112A			VA
		Rodillos.	Lubricar y verificar de integridad.			112			V			112		V		112		V			112			V
		Carbonos.	Limpiar y verificar integridad.			113			V			113		V		113		V			113			V
		Paro de emergencia.	Verificar funcionamiento e integridad.			V			V			V		V		V		V			V			V
		Gabinete electrico.	Limpiar e inspeccionar.			V			V			V		V		V		V			V			V
		Cadenas de transporte.	Lubricar y verificar de integridad.			113			V			113		V		113		V			113			V
		Cadenas posteriores.	Lubricar y verificar de integridad.			113			V			113		V		113		V			113			V
		Cadenas área de sellado.	Lubricar y verificar de integridad.			113			V			113		V		113		V			113			V
		Catarinas.	Verificar integridad.			V			V			V		V		V		V			V			V
PROSEAL	A	Motoreductor.	Verificar integridad.	V					V			V			V			V			V			V
		Rodillos.	Lubricar y verificar.	112					V			112		V		112		V			112			V
		Banda transportadora.	Verificar integridad y limpieza.	111					V			111		V		111		V			111			V
		Paro de emergencia.	Verificar funcionamiento e integridad.	V					V			V		V		V		V			V			V
		Placas de montaje.	Verificar.	V					V			V		V		V		V			V			V
		Carriles lineales y rodamientos.	Verificar integridad y lubrificar.	112					V			112		V		112		V			112			V
		Chumaceras de transportador.	Verificar y engrasar.	112					V			112		V		112		V			112			V
		Correa de transmisión del transportador.	Verificar integridad.	V					V			V		V		V		V			V			V
		Software de alarmas de fallas.	Verificar y registrar.	V					V			V		V		V		V			V			V
PROSEAL 2	A	Abrazaderas.	Verificar integridad.	V					V			V			V			V			V			V
		Rodillos.	Lubricar y verificar.	112					V			112		V		112		V			112			V
		Banda transportadora.	Verificar integridad y limpieza.	111					V			111		V		111		V			111			V
		Paro de emergencia.	Verificar funcionamiento e integridad.	V					V			V		V		V		V			V			V
		Placas de montaje.	Verificar.	V					V			V		V		V		V			V			V
		Carriles lineales y rodamientos.	Verificar integridad y lubrificar.	112					V			112		V		112		V			112			V
		Chumaceras de transportador.	Verificar y engrasar.	112					V			112		V		112		V			112			V
		Correa de transmisión del transportador.	Verificar integridad.	V					V			V		V		V		V			V			V
		Software de alarmas de fallas.	Buscar y registrar.	V					V			V		V		V		V			V			V
Etiquetadoras.	A	Etiquetadora VR8	Verificar integridad.			V						V			V					V				
			Limpieza general.			11						11				11					11			
		Etiquetadora AWETA.	Limpiar cabezal.	11						11				11					11					
			Ajustar bandas.	11						11				11					11					

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

4.6.2 Hoja de control de actividades correctivas, limpieza y servicios

Para el registro de actividades de mantenimientos correctivos, limpieza o servicios realizados, se diseñó el siguiente formato, en el cual también se gestiona el tiempo implementado, el operario que lleva a cabo dicha actividad, el motivo por el cual se solicita o se realiza y la solución dada a dicha operación con el material o componente ocupado si así fuera el caso. Cabe destacar que cuando se finalice cualquier actividad, es indispensable realizar la desinfección y limpieza del equipo o área según sea la responsabilidad designada, entre el mismo operario de mantenimiento o el operario de producción.



AGRICOLA "EL ROSAL" S. A. DE C. V.
UNIDAD PRODUCTIVA "CAPILLA"
CAMINO AL GUAYABO DE RUIZ S/N C.P. 36911
CAPILLA DE MORALES MPIO DE PENJAMO GTO

HOJA DE SOLICITUD DE MANTENIMIENTO:

Hr de inicio:	Hr de terminación:	Fecha de solicitud:

Solicitante:

Máquina/Área afectada:

1. Descripción del problema identificado:

2. Descripción de la solución dada:

Material o componente utilizado:

3. Se realizó limpieza y desinfección del equipo: ☐ [SI] ☐ [NO]

4. Personal encargado de la limpieza del equipo: ☐ [Mantenimiento] ☐ [Producción]

5. Se detuvo el proceso de la máquina o equipo: ☐ [SI] ☐ [NO]

Fig. 4.7: Hoja de control de actividades correctivas, limpieza y servicios. Fuente: Elaboración propia.

4.7 Paso 6: Plan de capacitación para mantenimientos preventivos y registros

Se diseñó un manual de descripción y orientación de actividades de maquinaria y equipos de empaque para la buena realización del mantenimiento preventivo, para ello se extrajo información de manuales de los equipos, encuestas

realizadas a jefe de mantenimiento y auxiliar de mantenimiento, respetando también las normativas de seguridad y de higiene e inocuidad.

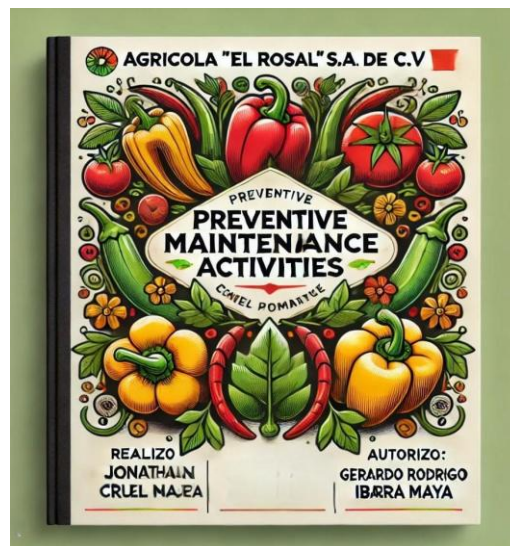


Fig. 4.8: Manual de actividades preventivas de cada maquina y equipo de empaque. Fuente: Elaboración propia.

4.7.1 Implementación de capacitación

La capacitación fue impartida por el jefe de mantenimiento, quien se encargó de explicar en qué consiste la implementación del mantenimiento preventivo y explicó lo relacionado a la parte técnica y su cumplimiento de las órdenes de trabajo.

Lugar de la capacitación: Oficina de mantenimiento.

Duración: 1 hora diaria por 3 días

Temas: El primer día se impartió el curso breve de la importancia de las órdenes de trabajo y la forma de que se deberían llenar dichas órdenes, de las cuales se planteaba recabar información detallada de las actividades que realizaba cada operario de mantenimiento, además se explicó como estaría distribuido el sistema de mantenimiento incorporado representativamente en un cronograma de actividades. El segundo día se impartió una pequeña inducción sobre las actividades preventivas a realizar en cada equipo o maquina con la explicación detallada impartida por el auxiliar de

mantenimiento, indicando las responsabilidades que se deben cumplir y la forma correcta de realizarlos. Para el tercer día se realizó una reunión para resolver cualquier tipo de duda u observación encontrada durante el primer día de implementación.

4.8 Paso 7: Diseño e implementación de la clasificación de actividades de limpieza correspondientes de operarios de producción

Los operarios de mantenimiento, cotidianamente realizan actividades de las cuales no son responsables directamente de llevarlas a cabo, como es el caso de limpieza de residuos y desinfección de equipos o maquinas que no requieren de intervenciones tan complejas para su limpieza, es por ello que se ha diseñado un listado por maquina o equipo, de las actividades de limpieza que cada supervisor debe realizar con su equipo productivo para mantener el buen funcionamiento de los equipos, a su vez garantizando higiene e inocuidad correcta. Para su implementación, se coordinó una junta con el jefe de personal de producción.



Fig. 4.9: Manual de actividades de limpieza de cada maquina y equipo de empaque. Fuente: Elaboración propia.

4.9 Paso 8: Registro de un inventario actualizado de piezas críticas, refacciones y materiales

En el departamento de mantenimiento de empaque, no se contaba con un registro controlado de inventario de refacciones y piezas, es por ello que para mantener un control de en la entrada y salida de refacciones y materiales, se ha implementado la creación de un inventario, para ello primordialmente se ha tomado un registro previo de todas las piezas críticas que deben catalogarse como prioridad en el inventario, para después registrar las demás piezas oportunas, cabe mencionar que no se cuenta con un gran espacio para el almacenamiento de muchas piezas, es por ello que el stock difiere a ser muy detallado y mínimo.

banda de selección 1		banda de selección 7	
partes	especificación	partes	especificación
motoreductor	SIEMENS (RGZE): 1'200 / CP: 1,5 / kW: 1,119 / Hc: 60 / V: 220/400 / A: 4,4/2,2	motoreductor	WEG (Modelo A.E. 00158EP3E14570): 2'502 / Casquillo / CP: 1,5 / kW: 1,12 / Hc: 60
eje conductor	1'200 (P207)	eje conductor	
eje conducido	1'200 (P207)	eje conducido	1'180 (P206)
chumaceras conductor	1'250 (P207)	chumaceras conductor	1'177 (P206)
chumaceras conducido	1'250 (P207)	chumaceras conducido	1'180 (P206)
banda de selección 2		banda de selección 8	
partes	especificación	partes	especificación
motoreductor	SIEMENS (GP100): 1'450 / Casquillo / CP: 2 / kW: 1,5 / Hc: 60 / V: 230/400 / A: 5,8-5,6/2,8	motoreductor	SIEMENS (GP10): 1'176 / CP: 1,5 / kW: 1,119 / Hc: 60 / V: 208-230/400 / A: 4,6-4,4/
eje conductor	1'180	eje conductor	
eje conducido	1'185 (P206)	eje conducido	1'248 (P207)
chumaceras conductor	1'186 (P206)	chumaceras conductor	1'249 (P207)
chumaceras conducido	1'178 (P206)	chumaceras conducido	1'247 (P207)
banda de selección 3		banda de selección 9	
partes	especificación	partes	especificación
motoreductor	NERIMOTORI (T9054): 1'177 / hp: 1,5-1,8 / kW: 1,1-1,3 / Hc: 50-60 / V: 220-480 / A: 4,8-8 -- 5,1-2,9	motoreductor	SIEMENS (GP10): 1'165 / CP: 1,5 / kW: 1,119 / Hc: 60 / V: 208-230/400 / A: 4,6-4,4/
eje conductor	1'250	eje conductor	1'250
eje conducido	1'252	eje conducido	1'250
chumaceras conductor	1'185	chumaceras conductor	1'195 (P206)
chumaceras conducido	1'187	chumaceras conducido	1'195 (P206)
banda de selección 4		banda de selección 10	
partes	especificación	partes	especificación
motoreductor	1'188 / Cp: 1,5 / kW: 1,12 / Hc: 60 / V: 208-250/400 / A: 4,2/2,1 - 5,2/2,6 (continuo)	motoreductor	NERIMOTORI (T9054): 1'160 / Hp: 1,5 / kW: 1,1 / Hc: 60 / V: 220/240 / A: 3,9/2,5
eje conductor	1'250	eje conductor	1'250 (P207)
eje conducido	1'250	eje conducido	1'250 (P207)
chumaceras conductor	1'250	chumaceras conductor	
chumaceras conducido	1'248	chumaceras conducido	
banda de selección 5		banda de selección 11	
partes	especificación	partes	especificación
motoreductor	BONFIGLIOLI RIDUTTORI (308104): 1'188 / hp: - / kW: 1,5-1,8 / Hc: 50-60 / V: 230/400-480 / A: 6,4-6,6/3,7-3,8 -- 3,7-3,7	motoreductor	SIEMENS (RGZE): 1'165 / CP: 1,5 / kW: 1,119 / Hc: 60 / V: 220/240 / A: 4,4/2,2
eje conductor	1'250	eje conductor	1'250
eje conducido	1'260	eje conducido	1'200 / Casquillo
chumaceras conductor	1'250 (P207)	chumaceras conductor	1'245
chumaceras conducido	1'248 (P207)	chumaceras conducido	1'240
banda de selección 6			
partes	especificación		
motoreductor	WEG (00158ET3ER596C): 1'255 / Casquillo / CP: 1,5 / kW: 1,119 / Hc: 60 / V: 230/400 / A: 4,04/2,02		
eje conductor	No se puede medir		
eje conducido	1'180 (P206)		
chumaceras conductor	1'185 (P206)		
chumaceras conducido	1'190 (P206)		

Fig. 4.10: Registro de piezas críticas. Fuente: Elaboración propia.

Para el control del inventario se manejará la actualización cada semana, rigiéndose en las piezas ocupadas por los operarios de mantenimiento, que estarán plasmados en las hojas de registro que realizará cada operario de mantenimiento.

INVENTARIO DE PIEZAS DE MANTENIMIENTO .

Entrada	Salida	Cantidad inicial de stock	Nombre del producto (pieza)	Número de looker.	Imagen representativa.
		1	☐ Termostato cámara 3.	Looker 2.	
		5	☐ Boquilla de ángulo recto Nordson saturn 15°.	Looker 2.	
		4	☐ Módulo de pistola de termofusible Nordson.	Looker 2.	
		2	☐ Tarjetas electrónicas BOIX.	Looker 2.	
		21	☐ Chupones para ventosas Boix.	Looker 2.	

Fig. 4.11: Inventario de piezas críticas de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

4.10 Paso 9: Diseño e implementación de indicadores de eficiencia y eficacia

En este paso, se realiza de manera mensual la recopilación y análisis de información generada durante las actividades de mantenimiento (preventivo, correctivo, limpieza, servicios y descansos). Los formatos de trabajo completados por los operarios de mantenimiento serán vaciados en una hoja de cálculo de Excel, diseñada específicamente para almacenar y organizar estos datos de manera estructurada.

[illegible]

Fig. 4.12: Registro de control de actividades diaria de operarios de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se calcularán los indicadores clave de eficiencia y eficacia que permitan evaluar el desempeño de las actividades de mantenimiento. Estos indicadores serán diseñados para medir aspectos como tiempos de respuesta, frecuencia de averías, cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo y otros parámetros relevantes.

Para facilitar la interpretación de los resultados, los indicadores serán representados en un Dashboard interactivo, que mostrará gráficos y visualizaciones claras y precisas. Este Dashboard servirá como una herramienta de monitoreo y toma de decisiones, permitiendo identificar áreas de mejora y asegurar la optimización de los procesos de mantenimiento.

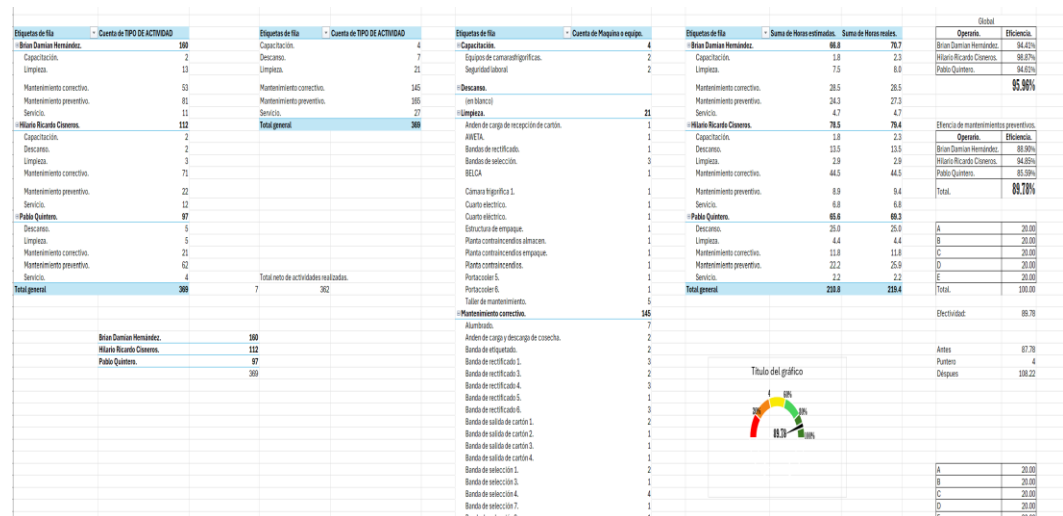


Fig. 4.13: Análisis de recolección mensual de actividades realizadas. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Durante los meses de octubre a diciembre se monitorio el sistema planteado para el departamento de mantenimiento de empaque de la agrícola El Rosal, en el cual se mantuvo un registro mensual de las órdenes y registros de trabajos realizados por los operarios de mantenimiento.

5.1 Análisis de indicadores en el mes de octubre

Durante el primer mes de ejecución del sistema de mantenimiento, se recopilaron los datos de las ordenes de trabajo que realizaron los operarios de mantenimiento, en este caso de los 2 operarios base con los que contaba el departamento, para su fácil interpretación de los resultados obtenidos durante este mes, se hizo un vaciado en el software Excel, que mediante la herramienta de tabla dinámica se facilitó el diseño de los indicadores de rendimiento y eficiencia, los cuales fueron presentados para su fácil interpretación en un dashboard que se muestra a continuación.

programados por resequedad en componente, como es el primer mes aún no se cubría en su totalidad el plan y radicaban situaciones que no se podían acaparar apenas en el primer mes.

Tabla 5.1: Resumen de octubre en cantidad de paros en líneas de producción. Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de paros de máquinas críticas en líneas de producción.	
Líneas de producción:	Cantidad de paros.
Línea de pimiento.	27
Línea de tomate.	27
Línea de pepino.	0

También en este mes se identificó un problema relacionado con el registro de datos en las hojas de trabajo, debido a que los } operarios no registraban las ordenes en tiempo y forma, por lo que simplemente anotaban en su libreta de apuntes que usaban anteriormente. Esto ocasionó que, en algunos casos, las actividades no fueran registradas en el momento oportuno o, incluso, que se omitiera su registro por completo. Los operarios justificaron la ejecución de dichas actividades, pero no se contaba con evidencia que permitiera comprobarlo de manera efectiva. Como resultado, algunas actividades fueron consideradas como realizadas fuera de tiempo y, en ciertos casos, no se llevaron a cabo. Ante esta situación, se implementó un ajuste en el documento (anexo 3.1), dándole prioridad a una medida de verificación, la cual, el auxiliar o el jefe de mantenimiento debían firmar dichas hojas de mantenimiento preventivo para validar y autentificar que el operario de verdad estaba realizando la actividad en tiempo y forma, esto con el fin de establecer un sistema de registro más eficiente y confiable, con el objetivo de evitar que esta problemática se repita en el futuro.

5.2 Análisis de indicadores en el mes de noviembre

Para el segundo mes de implementación del sistema, se agregaron unos pequeños ajustes en el cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, esto para llevar un control de parámetros de los motores eléctricos de ciertos equipos. Para este

mes se tomó a consideración las validaciones mediante firmas del jefe o auxiliar de mantenimiento en ambas ordenes de trabajo, esto debido al problema resultado en el mes anterior, por lo tanto, para el vaciado en el registro, solo se tomarían en cuenta hojas de actividades si estas contaban con la validación designada. Los resultados obtenidos de este mes están representados en el siguiente dashboar.

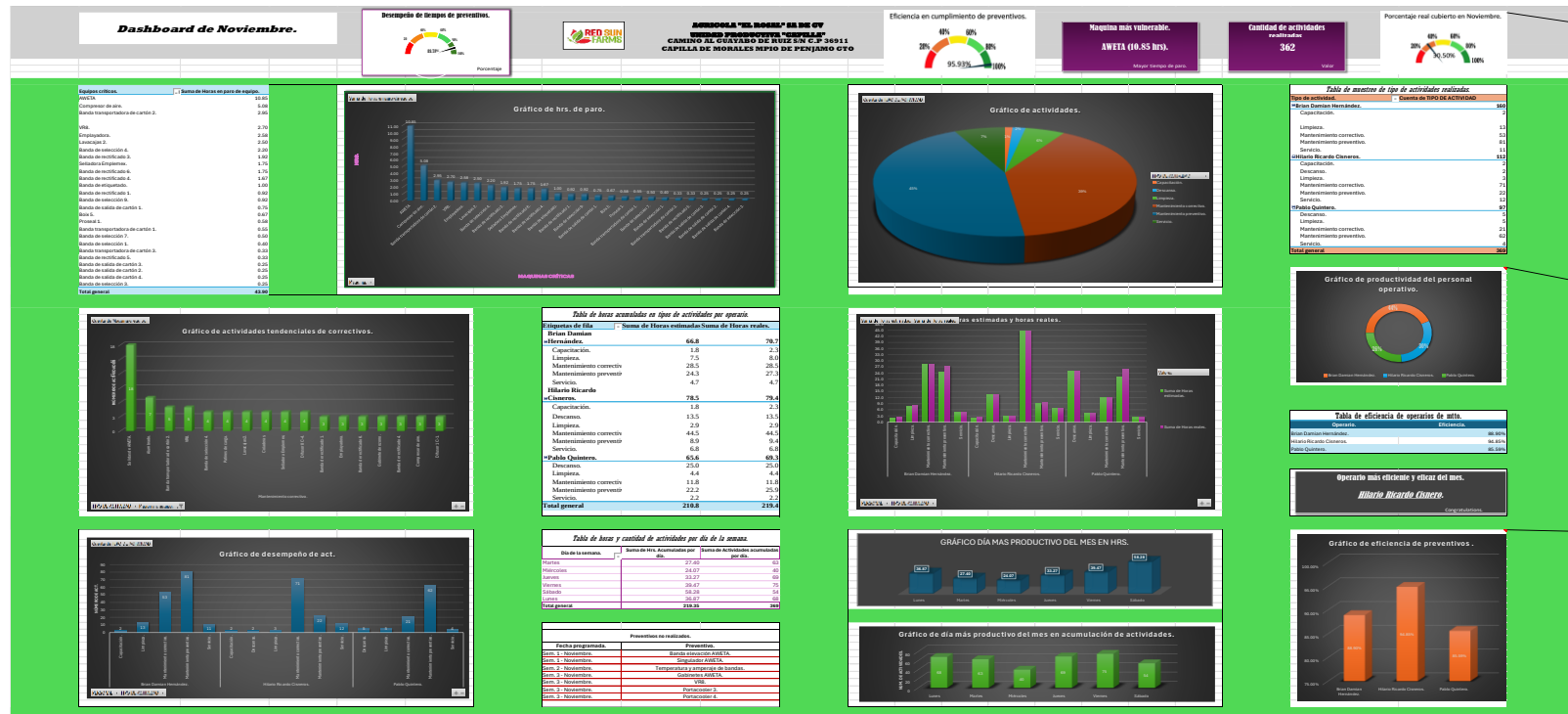


Fig. 5.2: Dashboard de indicadores del mes de noviembre. Fuente: Elaboración propia.

Durante el mes de noviembre nuevamente se mantuvo una gran cantidad de paros en la maquina seleccionadora de pimiento, principalmente en el componente de activación de salidas (solenoides), esto principalmente por la sobreproducción que le exigen al equipo, sin embargo, gracias al inventario de piezas críticas, este tipo de componente es uno de los principales donde el stock es necesario. Sin embargo, en los demás equipos si se ha presentado una mejora significativa referente a su rendimiento y condiciones de trabajo, aun tolerando las grandes cargas de trabajo a lo que estos son sometidos.

Tabla 5.2: Resumen de noviembre en cantidad de paros en líneas de producción. Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de paros de máquinas críticas en líneas de producción.	
Líneas de producción:	Cantidad de paros.
Línea de pimiento.	33
Línea de tomate.	20
Línea de pepino.	3

Aunque la eficiencia en los tiempos y el cumplimiento de los mantenimientos preventivos ha mejorado considerablemente, se ha detectado que, en ocasiones, los operarios encargados de estas actividades no las ejecutan de manera adecuada o no notifican oportunamente situaciones que podrían derivar en problemas correctivos. Por esta razón, se ha propuesto que el auxiliar de mantenimiento tenga una participación más activa y operativa en las tareas de mantenimiento preventivo (anexo 4.1). Además, se requiere que justifique las actividades realizadas, especialmente aquellas que suelen ser más complejas o de carácter auxiliar, con el fin de garantizar un control más riguroso y eficiente de las operaciones.

También cabe mencionar que se registró una disminución en el porcentaje de horas efectivas cumplidas durante la jornada laboral de este mes. Esto se debió al ingreso de un nuevo integrante al equipo de mantenimiento, quien inicialmente desempeñó un rol de observador junto a los dos operarios existentes, con el objetivo de familiarizarse con las actividades y procedimientos del área. Durante este periodo de adaptación, el nuevo integrante se limitó a realizar tareas menos complejas mientras se

acostumbraba al flujo de trabajo del equipo, también se le dio una pequeña inducción sobre la realización de las hojas de trabajo y el manual de realización de mantenimiento preventivo.

5.3 Análisis de indicadores en el mes de diciembre

Para el mes de diciembre se agregó un nuevo apartado a la orden de trabajo de mantenimientos preventivos, en la cual el auxiliar de mantenimiento sería el encargado de evaluar personalmente cada actividad preventiva estipulada semanalmente, esto con el fin de mejorar la eficiencia de los trabajos preventivos y validar que estos se realicen de la forma correcta y contemplando también una segunda opinión sobre las condiciones de los equipos, es por ello que se cataloga un nuevo indicador en el dashboard siguiente, el cual representa la eficiencia de la calidad de los trabajos de actividades preventivas por cada operario de mantenimiento.

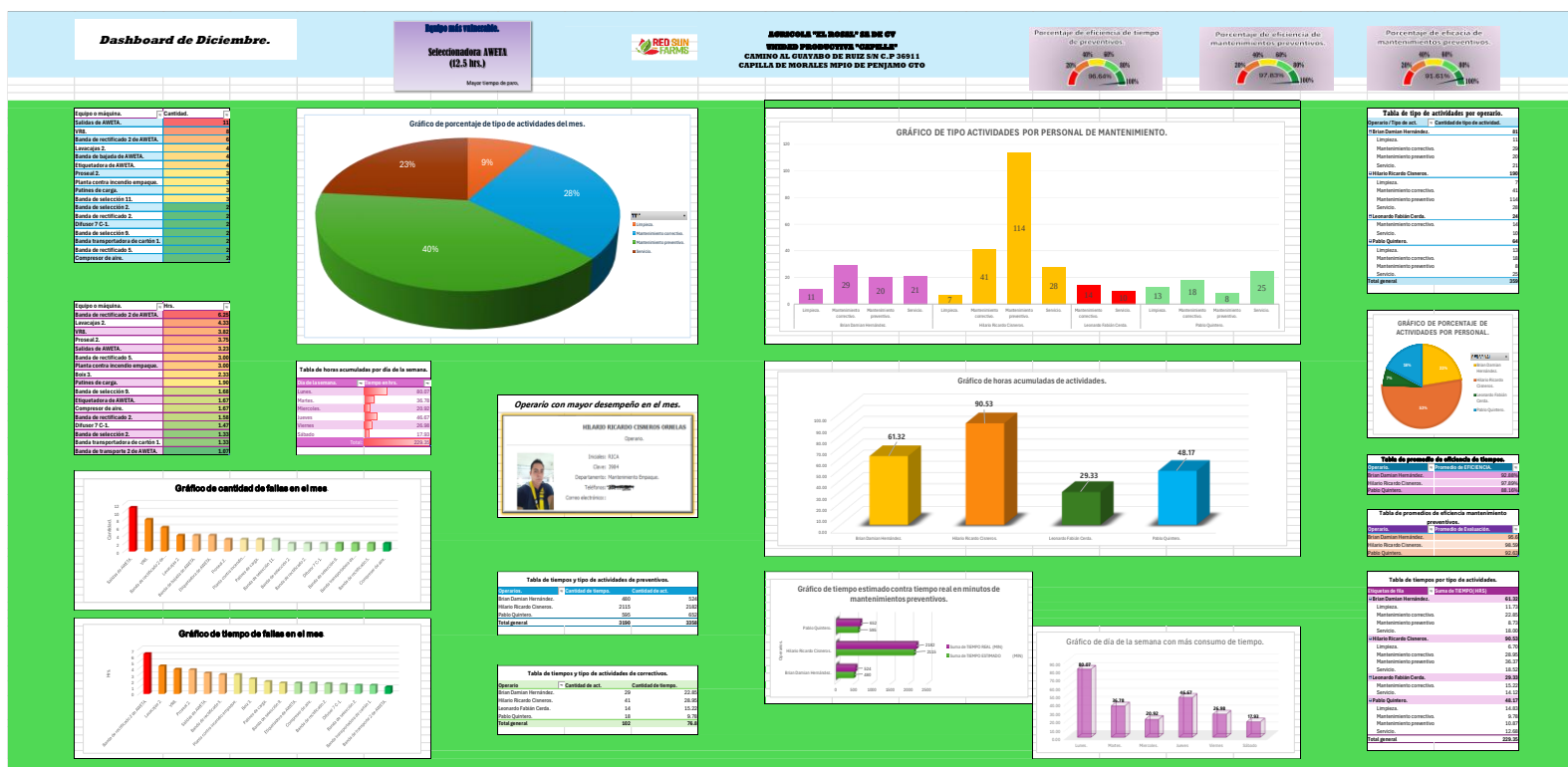


Fig. 5.3: Dashboard de indicadores del mes de diciembre. Fuente: Elaboración propia.

En el mes de diciembre ya no solo se evaluó la eficiencia de tiempos en mantenimientos preventivos, también con ayuda del auxiliar se verificó la eficiencia de los trabajos preventivos realizados, dando también prioridad a que todo se realizara en tiempo y forma, puesto que se buscaba un enfoque más allá del preventivo, promoviendo también la percepción predictiva que se pueden identificar en los equipos, esto complementándolo de igual forma de una segunda observación y sugerencias del auxiliar. Durante este mes se obtuvo una mejora significativa en reducción de mantenimientos correctivos, por lo que a su vez permitió

disponibilidad en cuanto enfoques de mejora de inocuidad y presentación del empaque, esto mediante trabajos de limpieza, pintura y remodelación de estructuras, pasillos y departamentos que a su vez nos garantizan mayor acreditación a las auditorías de inocuidad e higiene.

Tabla 5.3: Resumen de diciembre en cantidad de paros en líneas de producción. Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de paros de máquinas críticas en líneas de producción.	
Líneas de producción:	Cantidad de paros.
Línea de pimiento.	31
Línea de tomate.	18
Línea de pepino.	0

Con el periodo monitoreado hemos obtenido un 10.17% de reducción de paros no contemplados en equipos críticos de las principales líneas de producción, por lo tanto se acepta la hipótesis, esto a su vez incorporando poco a poco una estandarización y una cultura de prevención. Al igual se solicitó una optimización de este sistema mediante un software de código abierto “Svisión”, el cual el director principal ha autorizado, por lo tanto, este programa permite medir, controlar y mejorar de forma más veraz y efectiva de este sistema de mantenimiento.

Tabla 5.4: Resumen de diciembre en cantidad de paros en líneas de producción. Fuente: Elaboración propia.

Línea de producción:	Total de paros de equipo por trimestre.		Total de paros reducidos.		Porcentaje reducido en cantidad de paros.	
	Julio - Septiembre.	Octubre - Diciembre.				
Pimiento.	98	91	7			10.17%
Tomate.	74	65	9			
Pepino.	5	3	2			
Σ	177	159	18			

CONCLUSIONES

En conclusión, el sistema de mantenimiento preventivo implementado ha demostrado un progreso continuo y una creciente estandarización a lo largo del tiempo en que ha sido aplicado. A pesar de enfrentar factores fuera de control, como los deficientes procesos de producción que carecen de paros regulados y que someten los equipos a niveles de exigencia superiores a su tolerancia según el fabricante, se puede afirmar que el sistema ha contribuido significativamente a mejorar la eficiencia, reduciendo tanto los tiempos de respuesta como la frecuencia de los paros gracias a la adecuada gestión del inventario de piezas críticas.

Adicionalmente, el sistema permite un registro detallado y controlado de las actividades preventivas y correctivas, facilitando la identificación de patrones de fallas tendenciales y promoviendo un enfoque preventivo. En los casos necesarios, también incrementa la capacidad de respuesta, minimizando los tiempos de interrupción imprevistos por falta de componentes o cuestiones no planeadas para su intervención.

Se recomienda considerar capacitaciones en soldadura para el equipo de mantenimiento, ya que actualmente solo el auxiliar de mantenimiento posee esta habilidad, lo que representa una limitación en la capacidad operativa del equipo de trabajo.

El sistema contribuyó exitosamente a puntos clave de una auditoría de “Seguridad e Inocuidad” que la empresa recibe cada año para mantener el decreto a exportación de los productos, porque no solamente el cronograma de mantenimientos preventivos reduce anomalías y posibles condiciones con frecuencia a fallas, si no también garantiza la inocuidad e higiene más compleja de cada máquina, equipo o área correspondiente a empaque, todo esto delimitado previamente en el manual de clasificación de actividades de limpieza que le corresponde según su naturaleza de departamento (producción o mantenimiento).

Se realizó un oficio de resultados obtenidos de este proyecto de forma resumida al director de empaque, dando a conocer como la buena administración del mantenimiento es una parte clave para aumentar la eficiencia y la eficacia del departamento. Derivado de los resultados presentados a los directivos, se ha autorizado la implementación de un “Software de código abierto MP”, que es prácticamente el mismo sistema implementado en este proyecto, pero se tendrá una base de datos sólida, que garantizara mayor profesionalismo y reducirá los

tiempos de captura de registros, además que este será validado de manera formal por la empresa, lo cual como residente me garantiza la posibilidad de obtener un puesto como planeador dentro del departamento de mantenimiento.

En mi conclusión personal, he adquirido una sólida experiencia en el diseño, desarrollo e implementación de sistemas de mantenimiento preventivo para diversas líneas de producción y maquinaria industrial alimentaria, esto enfocado en la optimización de tiempos de respuesta y reducción fallas en líneas de producción y maquinaria especializada. También he acumulado experiencia en mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria como seleccionadoras, flowpack, sistemas de sellado y equipos de empaque hortalizas. Donde finalmente todo radica en el aumento de capacidades para analizar, planificar y ejecutar soluciones técnicas enfocadas en la optimización de procesos de mantenimiento.

ANEXOS

Anexo 1.1 Encuesta de componentes críticos de máquinas y equipos



AGRICOLA "EL ROSAL" SA DE CV
UNIDAD PRODUCTIVA "CAPILLA"
CAMINO AL GUAYABO DE RUIZ S/N C.P. 36911
CAPILLA DE MORALES MPIO DE PENJAMO GTO

Encuesta para identificar componentes más vulnerables en las máquinas del departamento de mantenimiento.

Instrucciones:

Por favor, responda las siguientes preguntas de forma detallada para cada máquina bajo su supervisión. Sus respuestas nos ayudarán a identificar los componentes más críticos y a establecer un plan de acción para minimizar fallas.

1. Información General

1.1. Nombre de la máquina: _____

1.2. Nombre del personal: _____

1.3. Línea de operación: _____

2. Recolección de información de componentes.

[illegible]

Anexo 2.1: AMFE de seleccionadora AWETA.

Componente.	Modo de Falla.	Efecto del Falla.	Causa Potencial del Falla.	Ocurrencia (1-10).	Severidad (1-10).	Detección (1-10).	Número de Prioridad de Riesgo (NPR).
Charolas.	Rompimiento por desgaste.	Interrupción de la operación.	Uso continuo y alta fricción.	4	6	5	120
Guías de pesaje.	Mal funcionamiento por falta de lubricación.	Interrupción de la operación.	Falta de mantenimiento preventivo.	4	6	7	168
Solenoides de salidas.	Fallo por desgaste.	Interrupción de la operación.	Desgaste por uso frecuente.	6	7	5	210
Catarinas.	Fallo por aflojación de opresores.	Interrupción de la operación.	Vibración y falta de ajuste regular.	6	8	4	192
Sistema de aire de sopleteado.	Fallo por desgaste de mangueras, deficiencia por falta de purgar el compresor.	Interrupción de la operación.	Desgaste natural de mangueras, acumulación de humedad en el compresor.	4	6	6	144
Chumaceras.	Fallo por falta de engrasado.	Interrupción de la operación.	Mantenimiento insuficiente, no realizar engrase en tiempo.	6	7	4	168
Motoreductor.	Fallo por nivel de aceite.	Interrupción de la operación.	No revisar el nivel de aceite con regularidad.	4	9	5	180
Rodillos.	Fallo por falta de lubricación y por desgaste.	Interrupción de la operación.	Falta de lubricación regular, desgaste por uso.	5	8	4	160
Fotoceldas.	Fallo por desgaste.	Interrupción de la operación.	Desgaste por uso frecuente.	4	9	5	180
							1522

Anexo 2.2 AMFE de embolsadora VR8

Componente.	Modo de Falla.	Efecto del Falla.	Causa Potencial del Falla.	Ocurrencia (1-10).	Severidad (1-10).	Detección (1-10).	Número de Prioridad de Riesgo (NPR).
Escobillas	Desgaste excesivo.	Mal contacto eléctrico, fallos en las cuchillas.	Uso prolongado sin mantenimiento.	7	8	5	280
Porta escobillas	Fallo por desgaste.	Mal funcionamiento de las escobillas.	Desgaste o montaje incorrecto.	4	7	6	168
Colectores	Desgaste o acumulación de residuos.	Mal contacto eléctrico, interrupciones en la operación.	Acumulación de residuos.	6	8	4	192
Cuchillas de corte	Desgaste o pérdida de filo de sellado.	Corte defectuoso de las bolsas.	Desgaste natural por uso.	7	7	6	294
Resistencias	Fallo por sobrecalentamiento o corto circuito.	Problemas en el sellado del producto.	Sobrecarga eléctrica o fallos de ventilación.	5	9	4	180
Cadena para engranes de cepillos	Fallo por falta de lubricación o desgaste.	Movimiento defectuoso de los cepillos.	Falta de lubricación regular.	6	7	6	252
Cadena para engranes de banda de transporte	Fallo por falta de lubricación o desgaste.	Movimiento incorrecto de la banda transportadora.	Lubricación insuficiente o desgaste.	5	8	6	240
Cadena para engranes de sellado	Fallo por falta de tensión o desgaste.	Fallos en el mecanismo de sellado.	Falta de ajuste o lubricación, desgaste por uso.	5	7	6	210
Catarinas	Fallo por aflojamiento de opresores.	Pérdida de sincronización en el movimiento.	Vibración, falta de ajuste y apriete regular.	6	7	5	210
Paloma de transporte	Fallo por desgaste o mal alineamiento.	Transporte ineficiente del producto.	Desgaste por fricción o falta de ajuste.	6	5	4	120
							2146

Anexo 2.3 AMFE de embolsadora BELCA

Componente.	Modo de Falla.	Efecto del Falla.	Causa Potencial del Falla.	Ocurrencia (1-10).	Severidad (1-10).	Detección (1-10).	Número de Prioridad de Riesgo (NPR).
Escobillas	Desgaste excesivo.	Mal contacto eléctrico, fallos en las cuchillas.	Uso prolongado sin mantenimiento.	4	7	5	140
Eje de las bobinas del portabobinas	Desgaste o deformación	Bobinas no giran adecuadamente, problemas en el suministro de material	Desgaste natural por uso, carga excesiva	5	7	4	140
Porta escobillas	Desgaste o aflojamiento	Mal contacto eléctrico, interrupciones en el sistema	Desgaste por uso o incorrecta instalación	3	8	5	120
Rodillos selladores	Desgaste o falta de lubricación	Sellado defectuoso o incompleto de los productos	Fricción excesiva, falta de mantenimiento	6	8	4	192
Mordazas transversales	Desgaste o desalineación	Fallo en el corte y sellado de los envases	Desgaste por uso prolongado, falta de ajuste	6	7	4	168
Cadenas de transmisión de bobinas	Falta de tensión o lubricación	Fallo en la transmisión de movimiento	Falta de mantenimiento o lubricación regular	3	8	5	120
Cadena de accionamiento de engranes	Desgaste o aflojamiento	Transmisión defectuosa del movimiento	Desgaste por uso, falta de ajuste o lubricación	3	8	6	144
Colectores de rodillos selladores	Acumulación de residuos o desgaste	Fallo en el funcionamiento de los rodillos selladores	Acumulación de residuos de materiales o falta de limpieza	5	8	4	160
Engranes de transmisión	Desgaste o desalineación	Fallos en la transmisión de movimiento	Desgaste natural, falta de lubricación y ajuste	4	8	6	192
Resistencias	Fallo por sobrecalentamiento o daño	Fallos en el proceso de sellado debido a temperatura inadecuada	Sobrecarga eléctrica, fallos en ventilación	5	9	4	180
Sensores fotoeléctricos	Fallo por descalibración o suciedad	Problemas en la detección de productos	Acumulación de polvo, fallos eléctricos o descalibración	4	7	5	140
							1696

Anexo 2.4 AMFE de banda transportadora

Componente	Modo de Falla	Efecto del Falla	Causa Potencial del Falla	Ocurrencia (1-10)	Severidad (1-10)	Detección (1-10)	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Banda transportadora	Desgaste, rasgado o desalineación	Interrupciones en el transporte, productos caídos	Desgaste natural, sobrecarga, falta de alineación	7	8	4	224
Rodillos de soporte	Desgaste o falta de lubricación	Cinta no avanza de forma fluida, aumento de fricción	Falta de mantenimiento, desgaste por uso prolongado	6	7	5	210
Chumaceras	Fallo por falta de engrase o desgaste	Vibración excesiva, daño a otros componentes	Falta de mantenimiento, desgaste	6	8	4	192
Motoreductor	Fallo por falta de lubricación o nivel bajo de aceite	Paros en el sistema de transporte, disminución de velocidad	Falta de mantenimiento, uso continuo sin descanso	5	8	5	200
							826

Anexo 2.5 AMFE de banda de selección

Componente	Modo de Falla	Efecto del Falla	Causa Potencial del Falla	Ocurrencia (1-10)	Severidad (1-10)	Detección (1-10)	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Variador	Fallo eléctrico o desajuste de parámetros	Velocidad incorrecta, pérdida de control de la banda	Descalibración, fallos eléctricos, sobrecarga	4	6	5	120
Cinta de transporte	Desgaste, desalineación, rotura	Paro de la línea, productos caídos o mal transportados	Desgaste por uso, acumulación de residuos, falta de ajuste	6	7	4	168
Rodillos de soporte	Desgaste o falta de lubricación	Movimiento irregular de la cinta, aumento de fricción	Falta de mantenimiento, desgaste por uso prolongado	6	7	5	210
Chumaceras	Fallo por falta de engrase o desgaste	Vibración excesiva, daño a otros componentes	Falta de mantenimiento, desgaste	6	8	4	192
Motoreductor	Fallo por falta de lubricación o bajo nivel de aceite	Paros en el sistema de transporte, disminución de velocidad	Falta de mantenimiento, uso continuo sin descanso	5	9	5	225
							915

Anexo 2.6 AMFE de banda rectificado

Componente	Modo de Falla	Efecto del Falla	Causa Potencial del Falla	Ocurrencia(1-10)	Severidad(1-10)	Detección(1-10)	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Contactor	Fallo eléctrico o contacto deficiente	Paro de la banda o intermitencia en el funcionamiento	Sobrecarga, desgaste de contactos	5	8	5	200
Cinta de transporte	Desgaste, desalineación, rotura	Paro de la línea, productos caídos o mal transportados	Desgaste por uso, acumulación de residuos, falta de ajuste	6	7	4	168
Rodillos de soporte	Desgaste o falta de lubricación	Movimiento irregular de la cinta, aumento de fricción	Falta de mantenimiento, desgaste por uso prolongado	6	7	5	210
Chumaceras	Fallo por falta de engrase o desgaste	Vibración excesiva, daño a otros componentes	Falta de mantenimiento, desgaste	6	8	4	192
Motoreductor	Fallo por falta de lubricación o bajo nivel de aceite	Paros en el sistema de transporte, disminución de velocidad	Falta de mantenimiento, uso continuo sin descanso	5	8	5	200
							970

Anexo 2.7 AMFE de selladora Emplex

Componente	Modo de Falla	Efecto del Falla	Causa Potencial del Falla	O	S	D	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Thermocouple (Termopar)	Lectura inexacta o fallo de temperatura.	Defecto en el sellado por temperatura inadecuada.	Desgaste, acumulación de residuos, mal ajuste.	5	8	4	160
Heater Cartridge de 5"	Falla o sobrecalentamiento.	Falta de calor para el sellado, producción detenida.	Sobrecarga, uso prolongado, falta de mantenimiento.	6	9	3	162
Timing Belt 150L-050	Desgaste, rotura.	Pérdida de sincronización en el movimiento de la banda.	Tensión incorrecta, falta de mantenimiento.	5	7	4	140
Bandas de Teflón	Desgaste, rasgaduras.	Sellado incompleto o de baja calidad.	Uso prolongado, fricción constante.	6	8	5	240
Float Couplings	Desajuste o desgaste.	Pérdida de alineación en la transmisión de movimiento.	Falta de lubricación, desgaste por uso continuo.	5	7	4	140
Cuchillas de corte	Desgaste o pérdida de filo de sellado.	Corte defectuoso de las bolsas.	Desgaste natural por uso.	7	7	6	294
							1136

Anexo 2.8 AMFE de empleadora de pepino

Componente	Modo de Falla	Efecto del Falla	Causa Potencial del Falla	Ocurrencia (1-10)	Severidad (1-10)	Detección (1-10)	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Bandas termofusionables	Desgaste, deslizamiento o ruptura	Producto mal envuelto o interrupción del proceso	Uso prolongado, falta de mantenimiento, mala tensión	6	8	4	192
Rodillos	Desgaste o falla en rotación	Movimiento inestable, problemas en el transporte	Falta de lubricación, acumulación de residuos	5	7	5	175
Dedos de elevador	Desajuste o rotura	Elevación incorrecta del producto, bloqueo	Desgaste mecánico, mala calibración	5	8	4	160
							527

RED SUN
FARMS

AGRICOLA "EL ROSAL" S. A DE C. V
UNIDAD PRODUCTIVA "CAPILLA"
CAMINO AL GUAYABO DE RUIZ S/N C.P. 36911
CAPILLA DE MORALES MPIO DE PENJAMO GTO

Hr de inicio:	Hr de terminación:

SIMBOLOGIA.	
Simbolo:	Actividad.
V	VERIFICAR.
L1	LIMPIAR.
L2	LUBRICAR.
E	ENGRASAR.
P	PURGAR.
A	AJUSTAR COMPONENTES.
D	DESTARAR PESAJE.
TEM.	TOMAR TEMPERATURA.
AMP	TOMAR AMPERAJE.

[illegible]

[Firma de jefe o auxiliar de mnto.]

Anexo 4.1 Asignación de evaluación de actividad preventiva en la hoja de registro.



Mantenimiento Preventivo.

AGRICOLA "EL ROSAL" S. A DE C. V
UNIDAD PRODUCTIVA "CAPILLA"
CAMINO AL GUAYABO DE RUIZ S/N C.P. 36911
CAPILLA DE MORALES MPIO DE PENJAMO GTO

Evaluación del mantenimiento preventivo:

Fecha de evaluación:

Nombre del responsable:

Criterio	Descripción	Escala de puntaje.	Puntaje Obtenido
Cumplimiento de Actividades	Verificación de la tarea programada en el plan fue realizada.	1 – 10	
Calidad del Trabajo	Verificación de la precisión, limpieza y ajuste adecuados en las tareas realizadas.	1 – 30.	
Documentación	Registro correcto y completo de actividades (permisos), horas trabajadas, material y observaciones.	1 – 35.	
Tiempos de Ejecución	Cumplimiento del mantenimiento en tiempo tolerable.	1 – 25.	

Observaciones:

[Firma del operario responsable]

[Firma de jefe o auxiliar de mtto.]

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ancajima, K. V. (2023). *Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento preventivo y predictivo a molino de secado de bagazo*. Tesis de grado, Universidad de Piura, Agroindustrias., Perú.
- Antor, M. A., & Dominguez, G. A. (2014). “*El análisis causa raíz utilizado como herramienta en la evaluación de eventos no deseados en instalaciones de una refinería*”. Tesis de grado, Universidad Autónoma de México, México.
- Buitrago, V. O., & Lopez, H. P. (2021). *Importancia y ventajas de los KPI (Key Performance Indicators) en los proyectos: enfoque de procesos en el sector petrolero*. Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana, Bolivia.
- Catalán, J. P., & Aparisi, M. G. (2019). *ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ. TÉCNICAS Y RELACIÓN CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN Y LAS NO CONFORMIDADES*. Pag. 84-97 Recuperado el 08 de Octubre de 2024, de 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30>.
- Delgado, D. B., Panchi, D. C., Salazar, K. P., & Pinos, R. P. (2021). *El diagrama de ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años*. Universidad de las Fuerzas Armadas Ecuador, CEAC. Ecuador: TAMBARA.
- Fernández, F. G. (2015). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid: FC Editorial.
- Grupo Kasto. (2022). *Grupo Kasto.com*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2024, de Invernaderos.: <https://www.grupokasto.com/ords/PDB1/f?p=102:10>
- Kuroda, N. N. (2022). *Implementación del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria agrícola*. Tesis de grado, Universidad de Piura, Perú.
- Maure, D. M. (2023). *Implementación del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) en el sector de la construcción*. Pag. 118-127 Recuperado el 09 de Octubre de 2024, de Revistas.unica.cu: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/2488>
- Oliva, E. V. (2021). *Propuesta de métodos técnicos para medir indicadores claves de desempeño (kpi) al personal del departamento de mantenimiento en el hospital centro*

médico en la ciudad de guatemala. Tesis de grado, Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.

Portillo, M. P., Pérez, V. C., & Rodríguez, J. d. (16 de Junio de 2022). *Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas*. Pag. 32-39 Recuperado el 08 de Octubre de 2024, de RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo.: <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218>

Rincón, C. A., & Villareal, F. (Noviembre de 2016). *Decisiones Empresariales*. Recuperado el 08 de Octubre de 2024, de Ecoe Ediciones.: <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/09/Costos-decisiones-empresariales.pdf>

Sacristán, F. R. (Diciembre de 2014). El mantenimiento preventivo: planificación, construcción y optimización. *Técnica Industrial*, 30-41.

Saavedra, R. F. (2021). *Aplicación de tpm(mantenimiento productivo total), para mejorar la eficiencia en la línea de producción de esparrago verde fresco de la empresa agroindustrial san efisio s.a.c*. Universidad Cesar Vallejo. Peru: EDITUM.

Sejzer, R. (14 de Julio de 2016). *¿Qué es la OEE y cómo se calcula?* Recuperado el 08 de Octubre de 2024, de Blog Calidad total: <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/07/que-es-la-oe-e-y-como-se-calcula-ejemplo.html>

U.S. Food and Drug Administration. (19 de Marzo de 2021). *La alianza de la FDA con los reguladores de México refuerza la protección de la inocuidad alimentaria*. Recuperado el 02 de Octubre de 2024, de FDA Voices.: <https://www.fda.gov/news-events/fda-voices/la-alianza-de-la-fda-con-los-reguladores-de-mexico-refuerza-la-proteccion-de-la-inocuidad#:~:text=La%20FDA%20y%20las%20agencias,historia%20de%20trabajo%20en%20conjunto>.

Vanaclocha, A. C. (2014). *Diseño de industrias agroalimentarias*. España: Mundi-Prensa.