



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO
TOTAL PARA INCREMENTAR LA
OPERATIVIDAD DE LAS MÁQUINAS
EN LA EMPRESA TRAPANI
CULTIVARES DEL PERÚ, AÑO 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Pedro Aurelio Gamarra Torres

Victor Ever Jr. Marquina Vertiz

Asesor:

Ing. Danny Zelada Mosquera

<https://orcid.org/0000-0003-3896-7666>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Miguel Alcala Adrianzen	17904461
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Rafael Castillo Cabrera	45236444
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Enrique Avendaño Delgado	18087740
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con todo mi amor y cariño a mi esposa Catherine, por su apoyo constante para culminar la carrera y así poder consolidar nuestras metas trazadas como familia. A mis hijos Nicole, Stephanie y Pedro quienes son mis fuentes de motivación e inspiración para poder superarme cada día. A mis padres Aurelio y Aida, que gracias a la formación en su hogar me inculcaron con todos los valores que ahora los transmito tanto en mi vida familiar como profesional.

Pedro Gamarra Torres

Esta tesis está dedicada a mi esposa Karina por su amor, lealtad y apoyo incondicional, durante todo este proceso académico; también a mi hija María Alexandra por ser mi motivación para seguir creciendo profesionalmente y mostrarle en persona que no hay que rendirse para lograr nuestros sueños. Y a mis padres Víctor Ever Marquina y María Antonieta Vértiz, quienes con inmenso amor e inigualable paciencia me educaron e inculcaron en mí el ejemplo de respeto, esfuerzo, y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Víctor Marquina Vértiz

AGRADECIMIENTO

En mi primer lugar agradecer a Dios por darme la vida y siempre guiándome en mi camino, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. Así como también a mi familia y mis padres que pese a las adversidades e inconvenientes que se han presentado con su apoyo incondicional pude culminar un objetivo más trazado.

Pedro Gamarra Torres

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.1.1 Antecedentes de investigación	20
1.1.2 Bases teóricas	24
1.1.3 Definición de términos	29
1.2 Problema.....	30
1.3 Objetivos.....	30
1.3.1 Objetivo general	30
1.3.2. Objetivos específicos.....	31
1.4 Hipótesis	31
1.5 Variables.....	31
1.5.1 Variable independiente.....	31
1.5.2 Variable dependiente.....	31
1.6 Operacionalización de variables	33
1.7 Justificación	35
1.7.1 Justificación teórica.....	35
1.7.2 Justificación práctica.....	35
1.7.3 Justificación valorativa.....	35
1.7.4 Justificación académica.....	35
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	36
2.1. Tipo de investigación.....	36
2.1.1 Por su orientación.....	36
2.1.2 Por su enfoque.....	36
2.1.3 Por su diseño	36

2.2. Población y muestra.....	37
2.2.1 Población.....	37
2.2.2 Muestra.....	37
2.2.3 Muestreo.....	37
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	38
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	38
2.4.1 Técnicas.....	38
2.4.2 Instrumentos	40
2.5 Procedimientos	42
2.5.1 Misión y visión de la empresa.....	42
2.5.2 Organigrama.....	43
2.5.3 Distribución de la empresa.....	44
2.5.4 Proveedores de la empresa	45
2.5.5 Herramientas estratégicas empleadas por la empresa	46
2.5.6 Flujo del proceso	50
2.6 Diagnóstico de problemáticas principales	51
2.7 Aspectos éticos	58
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	59
3.1. Diagnóstico actual de la operatividad de las máquinas	59
3.1.1. Efectividad global de los equipos antes de la propuesta	63
3.2. Solución de la propuesta.....	65
3.2.1 Fase 1 - Preparación	65
3.2.2 Fase 2 - Introducción.....	71
3.2.3 Fase 3 - Implantación	71
3.2.4 Fase 4 - Estabilización.....	109
3.3. Operatividad de las máquinas después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total.....	110
3.3.1 Disponibilidad después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total	110
3.3.2 Desempeño después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total	111
3.3.3 Calidad después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total.....	111
3.3.4 Diferencia de indicadores de la variable operatividad	111
3.4. Evaluación económica financiera del plan de mantenimiento productivo total	113

3.4.1 Inversión.....	113
3.4.2 Ingresos proyectados	117
3.4.3 Costos proyectados.....	118
3.4.4 Flujo de caja proyectado	119
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	124
4.1 Discusión	124
4.2 Conclusiones.....	128
REFERENCIAS.....	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables.....	33
Tabla 2 Materiales, Instrumentos y métodos de investigación	38
Tabla 3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
Tabla 4 Técnicas de análisis e interpretación de datos	40
Tabla 5 Principales proveedores de la empresa Trapani Cultivares del Perú	45
Tabla 6 Matriz FODA de la empresa Trapani Cultivares del Perú.....	48
Tabla 7 Matriz de priorización.....	55
Tabla 8 Impacto de las causas raíces	56
Tabla 9 Matriz de indicadores.....	57
Tabla 10 Resumen de la información histórica del mantenimiento de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú durante los meses de Julio a noviembre del año 2021.	59
Tabla 11 Distribución del número de fallas por máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú durante los meses de julio a noviembre del año 2021.	60
Tabla 12 Valoración del índice de criticidad de máquinas	61
Tabla 13 Resultado del análisis de criticidad de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú	62
Tabla 14 Cronograma de charlas informativas sobre el TPM	65
Tabla 15 Grupo encargado del área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú	66
Tabla 16 Plan de charlas sobre TPM en la empresa Trapani Cultivares del Perú	70
Tabla 17 Ponderación de gravedad	72
Tabla 18 Ponderación de probabilidad	72
Tabla 19 Ponderación de la capacidad de detección.....	73
Tabla 20 Análisis de modo de fallos y efectos – retroexcavadora - 01	74
Tabla 21 Análisis de modo de fallos y efectos – tractor oruga D8T - 01	76
Tabla 22 Análisis de modo de fallos y efectos – Tractor - 03	78
Tabla 23 Ficha de competencias para el desarrollo del trabajo	79
Tabla 24 Formato de evaluación de capacitaciones en la empresa Trapani Cultivares del Perú	83

Tabla 25 Formato de capacitaciones para los trabajadores en la empresa Trapani Cultivares del Perú	85
Tabla 26 Formato de capacitaciones para los trabajadores en la empresa Trapani Cultivares del Perú	87
Tabla 27 Formato de check list de mantenimiento autónomo en la empresa Trapani Cultivares del Perú	89
Tabla 28 Cronograma de actividades de inspección para la máquina retroexcavadora-01	91
Tabla 29 Cronograma de actividades de lubricación para la máquina retroexcavadora-01....	91
Tabla 30 Cronograma de actividades de calibración para la máquina retroexcavadora-01	92
Tabla 31 Cronograma de actividades de limpieza para la máquina retroexcavadora – 01	92
Tabla 32 Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico para la máquina retroexcavadora – 01	93
Tabla 33 Cronograma de actividades de inspección para la máquina tractor oruga D8T-01 .	94
Tabla 34 Cronograma de actividades de lubricación para la máquina tractor oruga D8T-01	94
Tabla 35 Cronograma de actividades de calibración para la máquina tractor oruga D8T-01.....	95
Tabla 36 Cronograma de actividades de limpieza para la máquina tractor oruga D8T – 01.....	96
Tabla 37 Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico para la máquina tractor oruga D8T – 01	96
Tabla 38 Cronograma de actividades de inspección para la máquina tractor – 03.....	97
Tabla 39 Cronograma de actividades de lubricación para la máquina tractor – 03.....	97
Tabla 40 Cronograma de actividades de calibración para la máquina tractor – 03	98
Tabla 41 Cronograma de actividades de limpieza para la máquina tractor – 03	98
Tabla 42 Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico para la máquina tractor – 03.....	99
Tabla 43 Plan de implementación de la metodología 5s para el proceso de averías de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú	102
Tabla 44 Implementación de tarjeta roja para el área de mantenimiento de máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú	103
Tabla 45 Implementación de tarjeta amarilla para el área de mantenimiento de máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú	104

Tabla 46 Cronograma de inspección de la metodología 5s en la empresa Trapani Cultivares del Perú	105
Tabla 47 Dashboard de indicadores para el área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú.....	107
Tabla 48 Leyenda del dashboard de indicadores del área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú	108
Tabla 49 Resumen de la información del mantenimiento de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú después de implementado el plan de mantenimiento productivo total	109
Tabla 50 Diferencia de resultados de los indicadores de disponibilidad, desempeño y calidad en la empresa Trapani Cultivares del Perú	112
Tabla 51 Inversión en la contratación de personal para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	113
Tabla 52 Inversión en útiles de escritorio para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	114
Tabla 53 Inversión en equipos de oficina para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	115
Tabla 54 Inversión en materiales de implementación para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	115
Tabla 55 Inversión en equipos de implementación para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	116
Tabla 56 Inversión en capacitación al personal para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	116
Tabla 57 Inversión total para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	117
Tabla 58 Ingresos proyectados para los siguientes cinco años en la empresa Trapani Cultivares del Perú.	118
Tabla 59 Costos proyectados para los siguientes cinco años en la empresa Trapani Cultivares del Perú.	119
Tabla 60 Inversión por cada causa raíz en la empresa Trapani Cultivares del Perú.....	120
Tabla 61 Flujo de caja proyectado para los siguientes cinco años en la empresa Trapani Cultivares del Perú.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales puntos críticos en empresas europeas	13
Figura 2. Principales planes para disminuir el tiempo de inactividad no programado	15
Figura 3. Tiempo de parada de mantenimiento por máquina registrados durante los meses de julio a noviembre del año 2021	18
Figura 4. Tiempo de parada de mantenimiento por máquina registrados durante los meses de julio a noviembre del año 2021	18
Figura 5. MTBF de las máquinas durante los meses de julio a noviembre del año 2021	19
Figura 6. MTTR de las máquinas durante los meses de julio a noviembre del año 2021	19
Figura 7. Mejoras en el ciclo de vida del equipo	25
Figura 8. Procedimiento de investigación en la empresa	42
Figura 9. Organigrama de la empresa Trapani Cultivares del Perú	43
Figura 10. Layout de la empresa Trapani Cultivares del Perú	44
Figura 11. Cadena de valor de la empresa Trapani Cultivares del Perú	46
Figura 12. Mapa de procesos de la empresa Trapani Cultivares del Perú	47
Figura 13. Flujo del proceso de la empresa Trapani Cultivares del Perú	50
Figura 14. Causas raíces de la baja operatividad de las máquinas en la empresa agroindustrial	52
Figura 15. Diagrama de Pareto – área de producción de la empresa agroindustrial	56
Figura 16. Plan de desarrollo del TPM en la empresa Trapani Cultivares del Perú	68
Figura 17. Flujograma de capacitación para los trabajadores de la empresa Trapani Cultivares del Perú	81
Figura 18. Formato de registro de capacitaciones en la empresa Trapani Cultivares del Perú	82
Figura 19. Operatividad actual de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú	122
Figura 20. Operatividad de las máquinas después de implementado el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú	122
Figura 21. Incremento en la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú	123

RESUMEN

La empresa Trapani Cultivares del Perú, empresa dedicada al cultivo de frutas como la lima Tahití, camote, limón eureka y pomelo, presentó problemas de baja operatividad de sus máquinas lo que generó una ineficiencia operativa y un costo de mantenimiento de 219 362,07 entre los meses de Julio y Noviembre del año 2021. El objetivo de esta investigación fue diseñar un plan de mantenimiento productivo total para incrementar la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú, Año 2022. El tipo de investigación fue aplicada, con diseño propositivo y diagnóstico y de enfoque cuantitativo. El diagnóstico antes del diseño demostró que hay ausencia de herramientas de control lo que generó pérdidas por S/ 41 835,11, falta de indicadores de gestión lo que generó pérdidas por S/ 40 835,11, falta de capacitación al personal lo que generó pérdidas por S/ 34 037,11, inexistencia de mantenimiento productivo total lo que generó pérdidas por S/34 849,11, falta de orden y limpieza lo que generó pérdidas por S/ 34 965,11 y falta de mantenimiento autónomo lo que generó pérdidas por S/ 32 840,51. La operatividad de las máquinas según el diseño del plan de mantenimiento se estimó mejorar de 72,39% a 89,38%. El diseño del plan de mantenimiento productivo total se basó en la utilización del análisis de modal de fallos y efectos, mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, metodología 5s, programa de capacitación y sistema de indicadores de gestión. La evaluación económica financiera demostró que el diseño del plan de mantenimiento productivo total según el análisis fue viable, con un VAN de S/ 161 862,14 una TIR de 52,76%, una relación de beneficio/costo de S/ 2,48 y un periodo de recupero de inversión de 2,02 años.

Palabras clave: Parada de Máquinas, Efectividad Global de Equipos,
Agroexportadora.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Es innegable que actualmente diversas organizaciones son consideradas como un motor del crecimiento económico en todo el mundo (Sánchez, 2020). En este entorno altamente competitivo, las empresas manufactureras deben considerar tener operativos sus equipos para lograr la eficiencia operativa y de esta manera lograr ahorrar costos en el mantenimiento de equipos y ser más competitivos (Pereira, 2020). Además, muchas empresas han estado implementando diferentes herramientas para incrementar la operatividad de sus equipos con el fin de lograr una producción continua y lograr cumplir con sus clientes (Trout, 2021). Por otra parte, parar las máquinas genera altos costos y una inoperatividad durante el tiempo de producción a la empresa, razón por la cual es indispensable generar políticas que garanticen el funcionamiento óptimo de las máquinas y su control permanente con el único fin de garantizar un desempeño operativo alto que permita el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa (González, 2012).

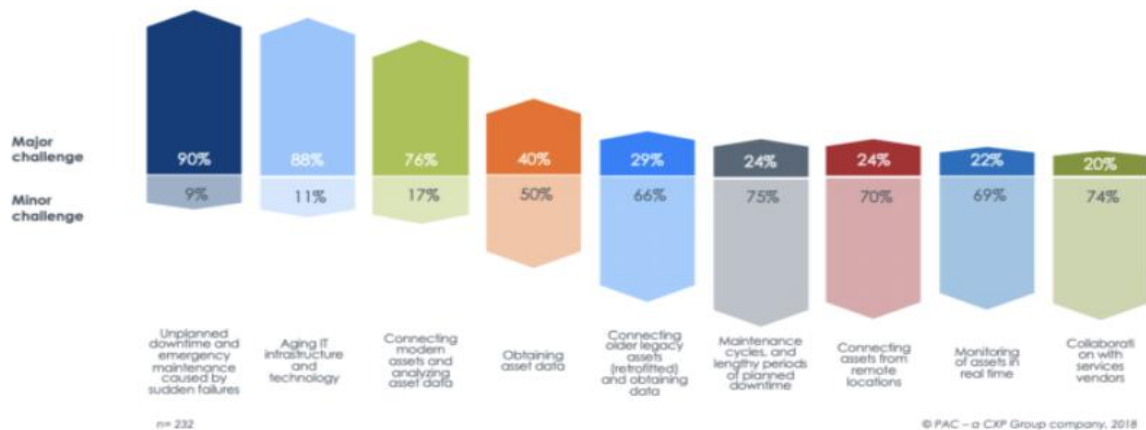


Figura 1. Principales puntos críticos en empresas europeas

Nota. CXP Group Report (2021)

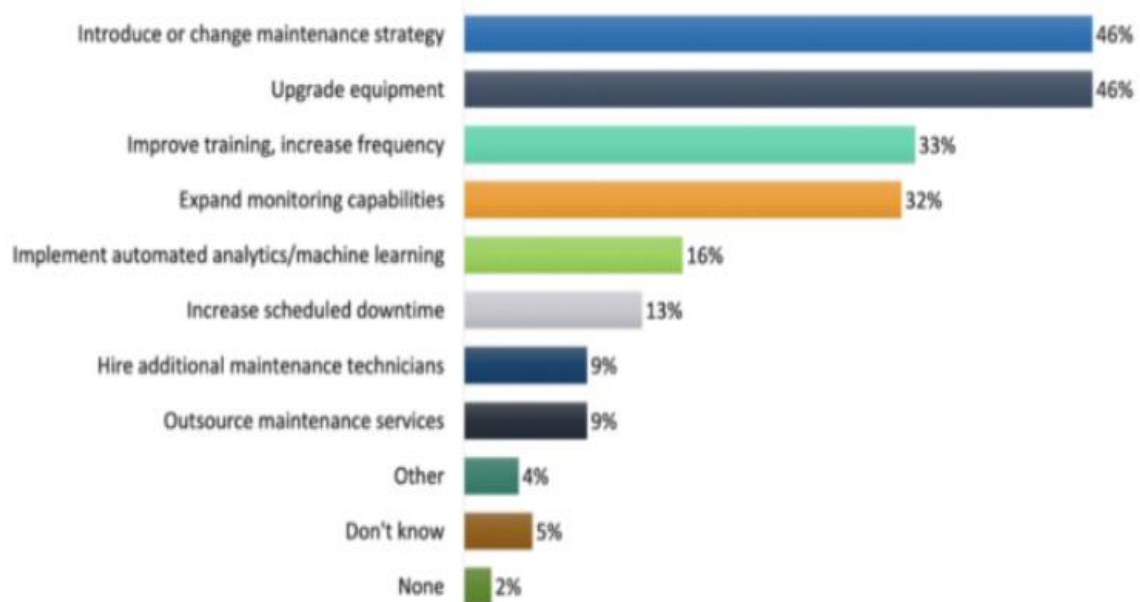
En la figura 1, se muestra que el downtime no planeado, el añejamiento de la infraestructura, el mantenimiento para emergencias (90%), tecnologías IT (88%), conexiones de activos modernos, el análisis de bases de datos (76%), las conexiones de activos antiguos y la obtención de bases de datos (29%), la obtención de bases de datos de los activos (40%), los periodos cíclicos de mantenimiento (24%), la supervisión y monitoreo de los diversos activos en tiempo real (22%), la cooperación con los proveedores (20%) y las conexiones de activos en lugares remotos (24%) son los principales puntos críticos en las empresas europeas.

Es por ello por lo que, hoy en día las empresas destinan cada vez más recursos para medir distintos indicadores de desempeño operativo como la disponibilidad, el rendimiento y en mayor medida, la calidad. Esta preocupación por medir estos indicadores resulta de la gran competitividad existente en los diferentes sectores industriales, llegando a ser la reducción de pérdidas el objetivo primordial o de supervivencia para estas empresas. La precisión y exactitud en la medición de la efectividad de una máquina o línea de producción se vuelve fundamental, especialmente para las empresas que buscan destacar en el sector al que pertenecen (Díaz et al., 2020).

En ese sentido, diversas compañías encargadas de la supervisión, cuidado y control de sus equipamientos, en la mayoría de los casos son empresas industriales cuyo fin es facilitar productos de tipo visibles o tangibles, diseñando e implantando mecanismos de diferentes tipos metodológicos de mejora que permitan mantener niveles óptimos de operatividad de los equipos a fin de mantener los niveles de producción necesarios para lograr cumplir con los clientes. Una elevada operatividad de las máquinas garantiza que la calidad y el rendimiento operativo permitan cumplir con los objetivos organizacionales y operativos (Viveros et al., 2013).

Por otra parte, dentro del contexto internacional de la competitividad de las empresas, surge la necesidad por optimizar procesos para alcanzar un desarrollo sostenible y que brinde

beneficios económicos para la empresa. Es por ello, que las empresas del rubro agroexportador utilizan una gran cantidad de recursos para mantener operativos sus equipos y lograr brindar una calidad de servicio óptima. Esto quiere decir, que es importante mantener operativos las máquinas tanto en el campo como en el área productiva. Más aún que actualmente se está en un entorno dinámico y altamente desafiante, por lo cual los sectores empresariales de naturaleza operativa, en cuanto a maquinaria, equipos y herramientas fiables se consideran el principal contribuyente al rendimiento y la rentabilidad de los sistemas de fabricación y funcionamiento



industrial (De Miguel, 2021).

Figura 2. Principales planes para disminuir el tiempo de inactividad no programado

Nota. Advanced Technology – Status, Trends and Forecast Report (2021)

En la figura 2, se muestra que el downtime logrará disminuir siempre que el 46,00% de todas las compañías americanas intenten implementar o cambiar sus tácticas de mantenimiento, por otra parte un 46,00% tiende a la actualización de sus equipamientos, un 33,00% pretenden optimizar e incrementar el indicador de las capacitaciones, al 32,00% le agrada expandirse para mejorar sus capacidades de supervisión y monitoreo mientras que el 16,00% tiende a la automatización del análisis o downtime de las diversas máquinas y equipos. No obstante, un

13,00% tiende a pretender el aumento del downtime programado, el 9,00% prefiere la opción de la contratación de más profesionales tecnificados en temas en relación al mantenimiento y un 9,00% efectuar subcontrataciones de servicios de mantenimiento.

Esto se reafirma con los estudios realizados a nivel internacional que han confirmado la correlación positiva de la forma de implementar una programación de mantenimiento con el rendimiento general para la fabricación en las empresas. Algunos hallazgos indicaron que una empresa puede reducir la producción perdida en aproximadamente un 20% ejecutando un plan de mantenimiento productivo total. Aun así, surgen importantes inquietudes en cuanto a la implementación de programas de mantenimiento en cualquier empresa operativa y productiva (Gómez, 2016).

Por lo tanto, las organizaciones de los diferentes sistemas de producción han ido mejorando a través de un largo periodo de tiempo hacia una optimización que se basa en la operatividad de los diferentes equipamientos. Esto es un buen motivo para considerar la dedicación a la forma de organizar y gestionar eficientemente los equipos del proceso productivo en una empresa con el fin de operar con el mayor nivel de calidad y eficiencia, para de esta manera lograr la consolidación del sistema de producción y de esta forma se obtenga los llamados 3 ceros: despilfarro cero, averías cero y defectos cero (Cuatrecasas, 2012).

En las grandes empresas del sector agroexportador, la operatividad de los equipos es un factor importante para lograr la eficiencia operativa. En el Perú, muchas de estas empresas no miden los indicadores de operatividad de equipos y solo esperan a que fallen para poder tomar acciones correctivas, perjudicando así su producción y generando incumplimiento en las entregas de productos. Por lo tanto, el mantenimiento es una herramienta indispensable para consolidar la operatividad de las máquinas, con el fin de evitar los mantenimientos reactivos que se dan al fallar las máquinas y que se pase a mantenimiento preventivos para que periódicamente se evalúen las máquinas y se les den mantenimiento (Cevallos, 2017).

La participación conjuntamente con el compromiso de la dirección jerárquica, es decir, el equipo de liderazgo es el factor de éxito más crítico en la implementación exitosa de cualquier tipo de mantenimiento. Además, la formación de los empleados es otro factor vital, pero la alta dirección también debería fomentar la gestión de la calidad a nivel organizacional, una cultura favorable al flujo de información, la propiedad de los equipos y la participación de las personas (Torrel y Cuatrecasas, 2010).

A la luz de estas premisas, esta investigación se enfoca en la empresa Trapani Cultivares del Perú dedicada a la Agroexportación; la que actualmente presenta inconvenientes desde su infraestructura, sus procesos y sus maquinarias; éstas últimas contentivas en un taller o galpón de la finca donde está ubicada la empresa. No contando con la infraestructura adecuada, solamente con equipos mínimos de atención a la maquinaria; actualmente cuenta con los siguientes equipos: 5 tractores agrícolas, 3 implementos (atomizadores), 1 retro excavadora, 1 D8, 2 camionetas. De manera informal se han implementado indicadores de control de tiempo de maquinarias; obteniendo ratios de consumo de combustible (pérdida o desperdicio). No se evidencia la existencia de un planeamiento sobre mantenimientos programados para los diferentes equipamientos; pero se ha identificado los PM1, PM2, PM3 para cada uno; así también existe un desfase de stock de materiales para las reparaciones y tampoco un lugar (almacén) para organizarlos. En la actualidad la empresa no tiene un área o dependencia que gestione el mantenimiento, es así que no cuenta con una planificación que cubra las expectativas correspondientes a esta área; lo que apunta a la necesidad de implementar un completo programa de gestión en general orientado al mantenimiento tanto de equipos como de la infraestructura de la empresa.

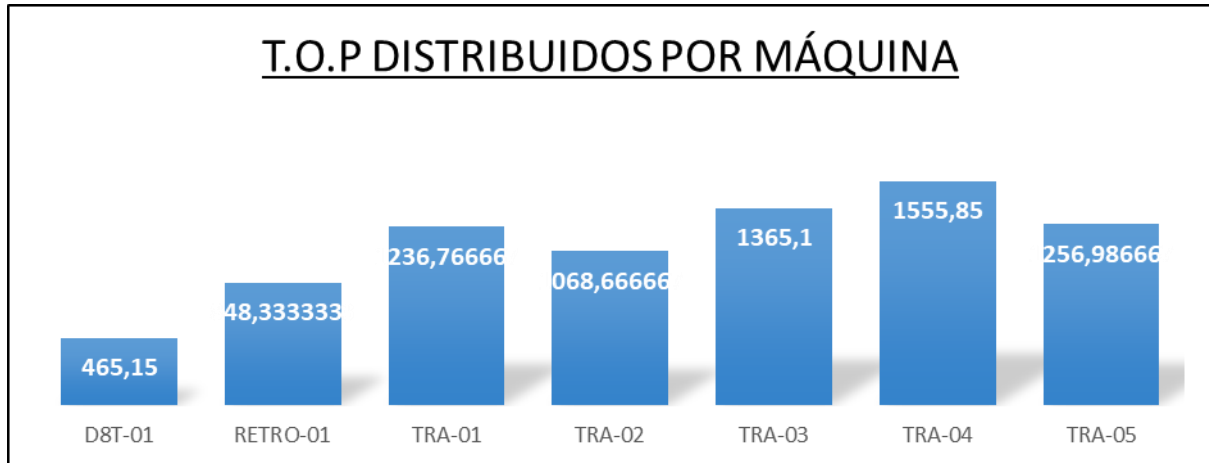


Figura 3. Tiempo de parada de mantenimiento por máquinas registrados entre los meses: julio y noviembre 2021.

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú (2022)

En la figura 3, se muestra los tiempos de parada de mantenimiento por máquina entre los meses: julio y noviembre 2021, con un promedio se necesitó 1 113,84 horas.

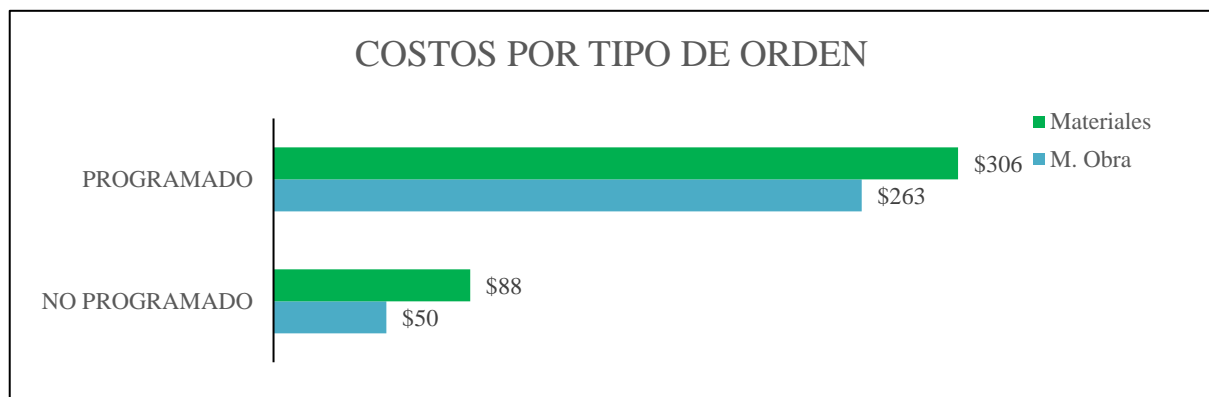


Figura 4. Tiempo de parada de mantenimiento por máquinas registradas entre los meses: julio y noviembre 2021.

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú (2022)

En la figura 4, se muestra los costos por tipo de orden de mantenimiento entre los meses: julio y noviembre 2021. Con ello los costos del mantenimiento programado fueron superiores a los costos del mantenimiento no programado.

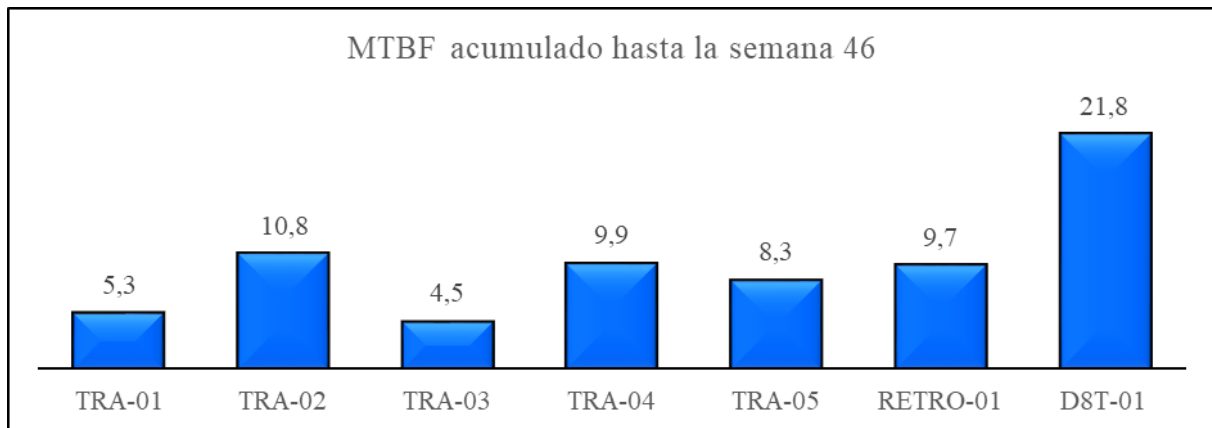


Figura 5. MTBF de las máquinas entre los meses: julio y noviembre 2021

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú (2022)

En la figura 5, se muestra el MTBF de las máquinas entre los meses: julio y noviembre 2021, se aprecia que el promedio fue 10,04 horas.

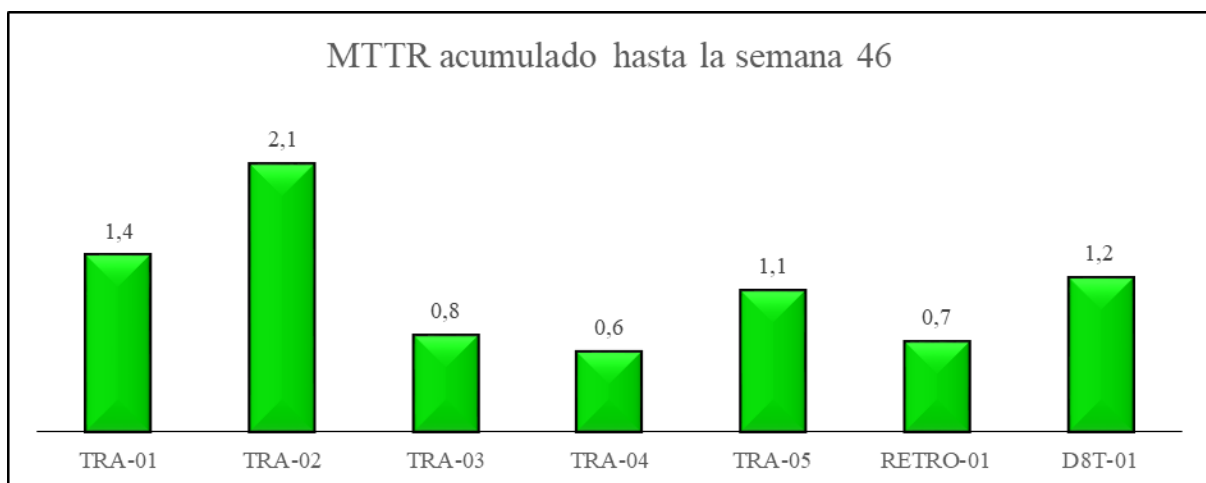


Figura 6. MTTR de las máquinas entre los meses: julio y noviembre 2021

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú (2022)

En la figura 6, se muestra el MTTR de las máquinas entre los meses: julio y noviembre 2021, se aprecia que el promedio fue 1,13 horas.

Dadas estas deficiencias e inconsistencias a nivel general, el presente trabajo considera como fin el diseñar un plan de Mantenimiento Productivo Total para incrementar la operatividad de las máquinas en la compañía Trapani Cultivares del Perú, a fines de optimizar

la producción, evitar desperdicios y despilfarros, mejorar los tiempos y aprovechar al 100% equipos y maquinarias, mejorando la productividad y rentabilidad de la organización.

1.1.1 Antecedentes de investigación

En otro orden de ideas, en cuanto a antecedentes de la investigación se consideran las siguientes investigaciones del sector internacional, nacional y local.

1.1.1.1. Antecedentes internacionales.

Para Jurado (2017) en el estudio “Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total para una máquina empaquetadora de Cereales”, tuvo por objetivo primordial diseñar un PMPT para una máquina empaquetadora de Cereales perteneciente a una empresa guatemalteca. Para ello, se realizó un diagnóstico general a la empresa, equipos, maquinarias y todo lo relacionado a las operaciones que se realizan. Mediante un tipo de investigación analítica y documental, de enfoque cuantitativo, aplicada, el investigador identificó actividades que no agregan valor como: tiempos perdidos, mecánicos y humanos, generados por incidencias mecánicas enfocándose en reparaciones cada vez más frecuentes. Para luego concluir en el diseño de un plan de mantenimiento productivo total, efectuado el cumplimiento de los lineamientos para incrementar los niveles de productividad.

Para Acosta y González (2017), en su trabajo titulado “Propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el proceso de sacrificio de equinos en la empresa Finca Los Cristales LTDA ubicada en Mosquera”, con metodología sistemática, de forma transversal, con método o enfoque cuantitativo, trabajando con una muestra correspondiente al personal de la empresa. Identificaron la problemática en base al diagrama causa-efecto, para detectar las zonas más críticas. También así, se implementaron métodos como las 5S, implementando las 8 bases del TPM, la conducción del formato LUP y el ciclo PHVA son valiosos para solucionar

inconvenientes en la gestión, utilizando éstas en los diversos sectores la organización y de esta forma incentivar la cultura, constancia y conciencia en el manejo correcto de las herramientas planteadas; en otro aspecto la revisión literaria tiene el fin de dar soporte a la parte teórica de las variables y métodos usados. Todo para concluir que con la propuesta de implementar la nueva gestión en los procesos, se reflejaron en el beneficio económico efectuado en el análisis financiero de la compañía.

1.1.1.2. Antecedentes nacionales.

El trabajo de Hernández y Malaver (2020), titulado “Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. – 2019”, cuyo objetivo principal fue proponer un diseño de un modelo en la gestión del mantenimiento para aumentar la disponibilidad de las maquinarias. Dado esto los investigadores efectuaron el diagnóstico usando diferentes técnicas e instrumentos como entrevistas, encuestas y fichas de observación, además efectuaron el análisis de las bases de datos en el área de mantenimiento. Obteniendo como resultado, al efectuar el plan de capacitaciones y mantenimiento preventivo, se esperaba que el rango de disponibilidad se incremente dados los resultados mostrados de los indicadores analizados, no obstante al ejecutar el análisis económico mediante el costo beneficio, se concluyó que la organización será rentable al ejecutar la propuesta.

Por otro lado, Castillo y Marcelo (2020) presentan una producción titulada “Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para incrementar la productividad en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L.”, cuyo objetivo principal fue lograr el incremento de la productividad en la compañía Cerámicos Cajamarca S.R.L. Utilizando técnicas e instrumentos como la entrevista, observación directa, análisis de documentos, Check List y ficha de diagnóstico para la recolección de datos, estos métodos dieron pie para procesar y analizar la información y de esta forma lograr la

determinación de la situación presente en la Gestión del Mantenimiento, dado esto se empleó el diagrama de causa efecto, de barras, de procesos, análisis de equipos con un alta criticidad y la metodología AMFE. Al final, a través del análisis económico, se logró determinar la viabilidad de la propuesta con un COK de 13,55%, VAN S/ 60,823.69, TIR de 38,00% y el IR de 1,64 soles. Con estos resultados se pudo afirmar que al implementar el TPM se lograría optimizar la productividad de la compañía en estudio.

Así también, Rojas (2019), con su tesis titulada “Propuesta de mejora aplicando TPM en el área de producción de la empresa Montalván Verástegui SAC” cuyo objetivo fue comprobar si la aplicación del TPM mejoraría la productividad en el sector de producción de la organización, erradicando las fallas que mostraba la compañía con el incremento de la disponibilidad de todas las maquinarias y así conseguir resultados positivos para el incremento del nivel productivo. A través del diseño no experimental transversal de tipo descriptivo, dado que se analizaron las diversas causas sucedidas en el entorno, con un enfoque cuantitativo, a una población que se consideró a la empresa y una muestra determinada por el área de producción. Además, se empleó técnicas e instrumentos como la encuesta, datos documentales y la observación. Logrando la obtención de resultados positivos por medio de la propuesta del TPM, es así que al realizar el mantenimiento preventivo y autónomo, se redujeron los tiempos de paradas de los equipos y máquinas; no obstante, los resultados obtenidos por la propuesta, mejorará de forma significativa la productividad en un 89,00%, la eficacia en 95,00%, eficiencia en 94,00% y con un ingreso aproximado de \$ 744.175,00 al año.

1.1.1.3. Antecedentes locales.

García (2021), realizó un trabajo al que tituló “Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la empresa Frusan Agro S.A.C Lambayeque 2020”, en el que aplicó el TPM con el fin de lograr la mejora de la productividad. En una primera instancia efectuó un análisis en el sector de producción empelando un diagrama de causa efecto además de documentación dados por la organización, aunado se contó con la colaboración de los empleados del área para el cuestionario de productividad. Se empleó la metodología del TPM y la implementación de 5’S, consiguiéndose como resultado el aumento de la productividad. De esta forma concluyó que, se consiguió el cálculo actual de la productividad con un 0,77%, mejorándose a un 0,89%, se determinó el incremento del 12,00% de productividad. El costo de la aplicación fue de S/ 36451.00, considerando a la propuesta viable con un costo beneficio de S/ 2,32.

Finalmente, Carranzas (2020) “Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el proceso productivo de sacos de una empresa de Lambayeque”, cuyo objetivo fue plantear la propuesta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo que permita la mejora de la productividad de una empresa textil, con la aplicación de la metodología MRP y RCM para incorporarlo en el sector de mantenimiento. Obteniéndose como resultados, la productividad total de 45,17 kg por costal de tipo clase A por cada sol empleado en gastos de mantenimiento. Llegando a la conclusión que, se logró evidenciar un incremento del 5,5% en la productividad total, es decir, la propuesta es viable desde el punto de vista económico, ya que el costo/beneficio fue de 1,96.

1.1.2 Bases teóricas

En atención a los antecedentes expuestos y en aras de fundamentar teóricamente las variables intervinientes en el estudio, se realiza un marco teórico en lo adelante.

1.1.2.1. Mantenimiento productivo total.

La implementación exitosa y sostenible del Mantenimiento Productivo Total (también conocido como TPM) debe ser una preocupación clave para cualquier gerente de planta o líder de producción concienzudo (Gómez, 2016). TPM es el acrónimo de Total Productive Maintenance, una metodología japonesa que conduce a un tiempo de inactividad reducido, menos paradas y averías, y una menor probabilidad de que los productos sufran defectos de calidad durante el proceso de fabricación. El TPM se basa en estrategias que actúan acorde con la ideología de que cada uno debe de ser partícipe en el mantenimiento y no dejarlo todo al personal de mantenimiento. Además usa las destrezas de todos los colaboradores de la empresa y pretende incorporar el mantenimiento en el desenvolvimiento de cada día de una instalación (Cuatrecasas, 2012). El objetivo del TPM es que en los sistemas de producción se optimice de forma global la eficiencia del equipo, eliminando defectos, averías y accidentes con la colaboración de cada uno de los miembros de la organización.

Para Torrel y Cuatrecasas (2010) el mantenimiento productivo total es la serie de procesos para empelar equipos, máquinas, empleados y procesos de apoyo para de esta forma mejorar y mantener la calidad de los sistemas y la capacidad de la producción. Con ello se incluyen los objetivos siguientes:

- Involucración de todos los colaboradores, desde los directivos hasta los agentes operarios en planta, todo con el fin de alcanzar la meta con éxito.
- Implantar un sistema de gestión de las áreas productivas que ayude a la eliminación de pérdidas antes de que se manifiesten y se logren los objetivos:

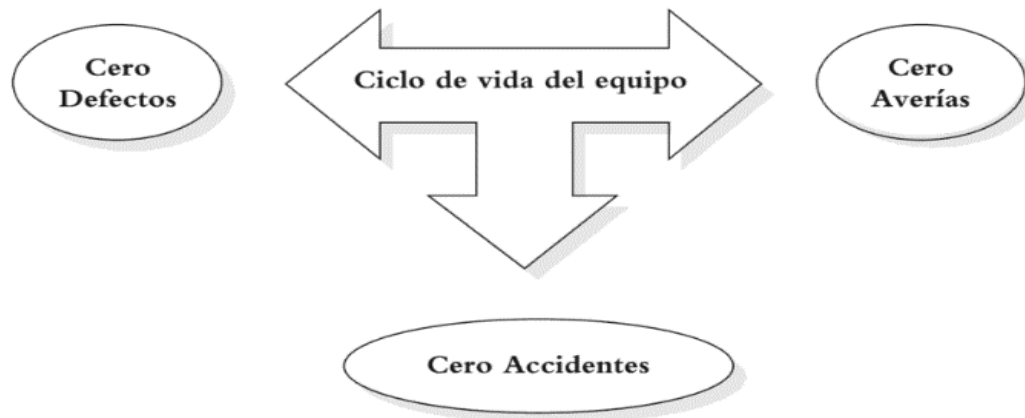


Figura 7. Mejoras del ciclo de vida del equipo

Nota. Cuatrecasas (2012)

- Crear una cultura organizacional que se oriente al logro de la mayor eficiencia en la gestión de equipos y el sistema productivo:
Eficiencia global = Producción + Gestión de equipos.
- Implantar el mantenimiento preventivo para lograr la meta de pérdidas cero a través de actividades que se integren en grupos pequeños de trabajo y que apoyen en el soporte que brinda el mantenimiento autónomo.
- Aplicar los sistemas de gestión en todos los ámbitos de la producción, incluyéndose al desarrollo, diseño, ventas y dirección.

Según Rey (2001), cualquier programa de TPM implica al menos 8 conceptos básicos que tienen un papel preponderante en la determinación para el éxito final de la iniciativa. Estos 8 conceptos son:

Mantenimiento autónomo. Este elemento fundamental de TPM se centra en capacitar y capacitar al personal de mantenimiento, como los operadores de máquinas, para que realicen la gestión del mantenimiento de rutina por su cuenta.

Mejora enfocada. Este pilar de TPM se refiere a las técnicas de mantenimiento proactivo: examinar un proceso actual de manera integral e identificar formas de mejorarlo.

Mantenimiento planificado. Un programa de mantenimiento planificado aprovecha los datos históricos de tiempo de inactividad y el análisis predictivo para programar tareas de mantenimiento clave en torno a las probables tasas de fallas o los tiempos de inactividad anticipados.

Mantenimiento de calidad. Este proceso está diseñado para garantizar que las tareas de mantenimiento reales que se realizan cumplen de manera eficiente los objetivos generales de detección de errores, prevención de defectos y garantía de calidad.

Gestión temprana de equipos. Aprovechando la retroalimentación de los operadores con experiencia práctica, la administración temprana de equipos asegura que el diseño de nuevos equipos optimizará la vida útil, accesibilidad y productividad de la maquinaria.

Capacitación. Cada programa de TPM debe incluir un elemento de capacitación y educación para operadores y gerentes por igual.

Seguridad y salud. Todos los procesos de TPM deben tener en cuenta factores de seguridad y salud para fomentar un entorno de trabajo seguro para los operadores y otros empleados.

Administración orientada a TPM. Además de las consideraciones puramente mecánicas, un programa de TPM bien diseñado también tendrá en cuenta las funciones administrativas como el procesamiento de pedidos y la gestión del cronograma, y buscará formas de mejorarlas en apoyo de la planta de producción.

Ya que el objetivo del TPM es lograr la mejora de la productividad a través de la reducción del tiempo inactivo, al implementar el TPM, podría impactar en la efectividad del equipo (OEE) con el transcurrir de los periodos de trabajo. Esto se lograría siempre que el mantenimiento preventivo se priorice en la mentalidad de toda la organización. Un ejemplo claro es en casos que se efectúan labores con el pensamiento de que "si se rompe lo arreglaremos". El programa TPM ayuda a desvanecer ese tipo de ideología y la transforma con el fin de que la maquinaria y equipos sean el punto importante en las operaciones y a la vez optimizar la disponibilidad en las operaciones. Por otro lado, esta práctica del TPM se divide en cuatro etapas básicas: estabilizar el estado actual y restaurar el equipo; medir las seis grandes pérdidas; eliminar pérdidas; mejorar el diseño.

1.1.2.2. Operatividad.

Para Moreira et al. (2018), la OEE, eficiencia global de los equipos, viene a ser un indicador que permite medir el rendimiento y la eficiencia, además permite saber la eficiencia de la producción a nivel organizacional, máquina o departamento. Mientras que para Park (2008), la efectividad global en OEE, es un reflejo de la operatividad de determinado equipo en el momento de su funcionamiento, considerando la eficiencia de la operación, la razón de Calidad y la disponibilidad.

No obstante, para Cuatrecasas (2012), la efectividad OEE viene a ser la forma de buscar la eficiencia más óptima de un equipo a través de ejecutar actividades para la mejora en todos los factores implicados como son la efectividad, la disponibilidad y la calidad.

Por su lado, para Seminario (2018), la eficiencia OEE es sustentada con la forma de identificar, reducir y eliminar las 6 pérdidas que se identifican tras la implementación del TPM; conllevando a que el factor operacional tenga un mejor rendimiento.

Para Seminario (2018), Los factores para la obtención de la eficiencia global de los equipos son:

- **Coefficiente de disponibilidad:** este factor toma en consideración a las pérdidas por averías y fallas, sean éstas graves o esporádicas, determinando de que disminuya el tiempo de funcionamiento implicando que el equipo no esté disponible. Otro punto que toma en consideración es la pérdida por ajustes y preparación de los equipos, que se reflejan en tiempo o volumen de producción perdido; dado esto, la disminución de estas pérdidas, cercanas a cero, son de carácter importante para de esta forma lograr la eficiencia máxima.
- **Coefficiente de efectividad:** este factor toma en cuenta a las paradas de los equipos ocasionadas por tiempos muertos provocados por preparaciones, verificaciones de los parámetros e inicio de las operaciones; paros de un tiempo corto de duración causados por fallas pequeñas, piezas y partes atascadas, materiales y pérdidas por disminución de velocidad provocadas por desconocimiento de las capacidades operativas de los diversos equipos además de no conservar las guías iniciales debido a que no existe un programa de mantenimiento en buenas condiciones.
- **Coefficiente de calidad:** considera las pérdidas que se ocasionan por los diferentes elementos que están presentes en la calidad del producto, causado por la deficiencia en los equipos que en muchos casos se da por no tomar en cuenta el estado inicial del fabricante, procesos indebidos en la fabricación que ocasiona cambios en el producto además de manipulaciones inadecuadas de los equipos por inexistencia de capacitaciones en la operación de estos.

Finalmente, Torrel y Cuatrecasas (2010) mencionaron que, para lograr un rendimiento operacional eficiente, los tres coeficientes de efectividad, disponibilidad y

calidad deben ser mayores a 95% para asegurar que no ocurran pérdidas. En el anexo 4 se presentan los parámetros del OEE y su respectiva calificación.

1.1.3 Definición de términos

Beneficio / Costo: efectúa la Medición de la relación entre el costo de la unidad que se produce y el beneficio que se logra obtener por su comercialización (Vásquez, 2016).

Diagrama Ishikawa, Causa y Efecto: conocido también como diagrama de espina de pescado, esta herramienta permite determinar las diferentes causas raíz de un problema o problemática, observando a detalle los factores que intervienen en el proceso, en éste se presenta la relación que existe entre el resultado, efecto, y los diferentes factores, causas, que podrían estar causando el resultado obtenido (Peinado, 2018).

Falla: viene a ser el daño o deterioro en una o más piezas de un equipo o máquina, produciendo deficiencias en su funcionamiento (Olarte et al., 2010).

Indicadores de gestión: Expresa de forma cuantitativa y medible el desempeño de los procesos, tomando un marco de referencia para luego determinar si está dentro o fuera de los parámetros conllevando a tomar acciones y decisiones correctivas o de prevención (Da Silva, 2021).

Metodología 5s: Herramienta para efectuar la mejora continua bajo los conceptos de Lean Manufacturing, con el fin de crear ambientes de trabajo ergonómicos, limpios y eficientes (Falkowski y Kitowski (2013), citado en Piñero et al., 2018).

Operatividad de equipos: La duración en el tiempo de un equipo o máquina industrial antes que necesite algún tipo de mantenimiento (Rodríguez, 2019).

Parada de máquina: viene a ser la interrupción provocada por diversas fallas que se presentan en las máquinas y equipos presentes en el proceso productivo (Olarte et al., 2010).

Plan de capacitaciones: son procesos que se dan mayormente en un corto plazo de forma organizada y sistemática, con el fin de que los participantes obtengan nuevas aptitudes, conocimientos y habilidades en base a metas definidas (Chiavenato, 1999).

Reparación de máquina: actividades que se orientan a recomponer las funciones operativas de una máquina o equipo (Olarte et al.,2010).

Tiempo total de línea: viene a ser el tiempo que una pieza demora para transitar por las diversas operaciones hasta transformarse en un producto terminado.

Tiempo improductivo planificado: Tiempo programado para medir el rendimiento de las máquinas, inspecciones y otros tipos de mantenimiento (Tavares, 2020).

Tiempo improductivo no planificado: Cualquier evento imprevisto que genera interrupciones en el tiempo de producción, calidad y costo (Tavares, 2020).

La Tasa interna de retorno (TIR): se denomina como la tasa de rentabilidad o interés que se ofrece en una determinada inversión. En otros términos, es el porcentaje de pérdida o beneficio que se obtendrá en una inversión (Sevilla, 2017).

VAN: mide la viabilidad de una propuesta o proyecto, este análisis económico efectúa el cálculo de la cantidad total que ha aumentado un capital como consecuencia del proyecto o propuesta (Pasqual, 2007).

1.2 Problema

¿En qué medida influye la implementación de un plan de mantenimiento productivo total en el incremento de la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú, Año 2022?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento productivo total para incrementar la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú, Año 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la empresa Trapani Cultivares del Perú y determinar la operatividad actual de las máquinas.
- Diseñar el plan de mantenimiento productivo total para el área de producción.
- Determinar la operatividad de las máquinas después del plan de mantenimiento productivo total.
- Determinar la viabilidad económica financiera del plan de mantenimiento productivo total.

1.4 Hipótesis

El plan de mantenimiento productivo total incrementa en un 10% la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú, Año 2022.

1.5 Variables

1.5.1 Variable independiente

El mantenimiento productivo total (TPM) es el proceso por el cual se utilizan equipos, máquinas, procesos y empleados con el fin de apoyar la mejorar y constancia de la integridad de la calidad y producción de los sistemas (Torrel y Cuatrecasas, 2010). Es decir, es la filosofía enfocada en producir sin efectos, eliminar las fallas, evitar accidentes y no detener la producción.

1.5.2 Variable dependiente

La operatividad de las máquinas es la característica que posee una máquina o equipo para rendir adecuadamente para mantener niveles de producción adecuados y que permite lograr las tasas de producción requeridas por la empresa (González et al. 2018). Es decir, se puede medir como la multiplicación del cociente entre el tiempo medio entre fallas y la suma del tiempo medio entre fallas más el tiempo medio por reparaciones, el cociente entre los

resultados alcanzados y los resultados previstos y el cociente entre la resta de las unidades fabricadas y las unidades defectuosas y las unidades fabricadas.

1.6 Operacionalización de variables

Se muestra la matriz de Operacionalización de las variables para la presente investigación.

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Diseño Plan de Mantenimiento Productivo Total	El mantenimiento productivo total (TPM) es el proceso de utilizar máquinas, equipos, empleados y procesos de apoyo para mantener y mejorar la integridad de la producción y la calidad de los sistemas (Torrel y Cuatrecasas, 2010)	Filosofía enfocada en producir sin efectos, eliminar las fallas, evitar accidentes y no detener la producción	% registros completos	$\frac{\text{N}^\circ \text{ registros de mantenimientos completos}}{\text{Total de registros}} \times 100\%$	Razón
			% implementación de indicadores de gestión	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de indicadores de gestión implementados}}{\text{Total de indicadores de gestión}} \times 100\%$	Razón
			% personal capacitado	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de colaboradores capacitados}}{\text{Total de colaboradores}} \times 100\%$	Razón
			% mantenimientos realizados	$\frac{\text{Cantidad de mantenimientos realizados}}{\text{Total de mantenimientos programados}} \times 100\%$	Razón
			% Productos ordenados	$\frac{\text{Productos ordenados}}{\text{Productos totales}} \times 100\%$	Razón
			% Máquinas revisadas	$\frac{\text{N}^\circ \text{ máquinas revisadas}}{\text{Total de máquinas}} \times 100\%$	Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	VARIABLE
VD: Operatividad después de la propuesta.	Característica que posee una máquina o equipo para rendir adecuadamente para mantener niveles de producción adecuados y que permite lograr las tasas de producción requeridas por la empresa (González et al. 2018)	Operatividad, cociente entre el tiempo medio entre fallas y la suma del tiempo medio entre fallas más el tiempo medio por reparaciones. También el cociente entre los resultados alcanzados y los resultados previstos. Finalmente, cociente entre la resta de las unidades fabricadas y las unidades defectuosas y las unidades fabricadas	Disponibilidad	$MTBF / (MTBF + MTTR)$	x 100%	Razón
			Desempeño	Resultado alcanzado / Resultado previsto	x 100%	Razón
			Calidad	$\frac{\text{Unidades fabricadas} - \text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades fabricadas}}$	x 100%	Razón

1.7 Justificación

El presente se justifica mediante cuatro criterios: teórico, práctico, valorativo y académico.

1.7.1 Justificación teórica

Debido a que se aportará un conocimiento científico mayor, en base al uso de herramientas de ingeniería industrial con el fin de incrementar la operatividad de las máquinas en una compañía agroindustrial.

1.7.2 Justificación práctica

Busca diseñar un plan de mantenimiento productivo total con el fin de incrementar la operatividad de las máquinas de una agroindustria ubicada en el departamento de Lambayeque, identificando las causas raíz y brindando alternativas de solución para cada una de ellas.

1.7.3 Justificación valorativa

El presente trabajo busca determinar el impacto del diseño de un plan de mantenimiento productivo total para incrementar la operatividad de las máquinas de una empresa agroindustrial ubicada en el departamento de Lambayeque y servir como referente de futuras investigaciones relacionadas a las variables de estudio.

1.7.4 Justificación académica

El presente trabajo es una muestra de todos los conocimientos adquiridos de la carrera profesional de Ingeniería Industrial aplicados en el contexto de una empresa de Lambayeque, que busca incrementar la operatividad de sus máquinas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1 *Por su orientación*

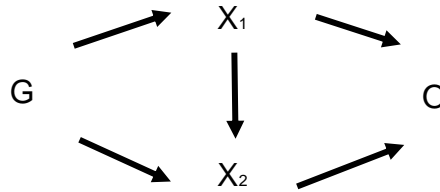
Fue de tipo aplicada, debido a que la fundamentación de las herramientas aplicadas se basa en las leyes de la ciencia formal, ofreciendo resultados exactos, que permitirá solucionar uno o más problemas concretos.

2.1.2 *Por su enfoque*

El estudio es de tipo cuantitativo, debido a que se hizo uso de herramientas de recolección de datos cuyo fin fue reducir las horas de falla de las máquinas, disminuir las fallas de las máquinas e incrementar la operatividad de las máquinas de la empresa agroindustrial. Esto se corrobora con lo mencionado por Hernández y Mendoza (2018, p.45) quienes mencionaron que la investigación cuantitativa efectúa la recolección de información para realizar la prueba estadística de la hipótesis con el fin de corroborarla y llegar a determinar el comportamiento del objeto de estudio.

2.1.3 *Por su diseño*

El diseño es diagnóstico, dado que “se trata de analizar diferentes sucesos con el objetivo de identificar los factores que provocaron la aparición del problema de estudio” (González, 2020, párr.1). No obstante, es propositiva, ya que, para este caso se busca mejorar los procesos de mantenimiento para incrementar la operatividad de las máquinas en una empresa agroexportadora (Estela, 2020, p.10). Por lo que se esquematiza de la siguiente manera:



Donde:

G= Empresa agroindustrial

X₁= Diseño de un plan de mantenimiento productivo total

X₂= Incremento de operatividad de las máquinas

O= Observaciones de las variables en función a las dimensiones

2.2. Población y muestra

2.2.1 Población

La población para el estudio comprenderá a cada una de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

2.2.2 Muestra

Se hará uso de la totalidad de la población, es decir la muestra lo conformarán todas las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú, ya que la empresa no cuenta con muchas máquinas no fue necesario utilizar ninguna fórmula para calcular el tamaño muestral. Por lo tanto, se hizo un muestreo al 100%.

2.2.3 Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia. Dado que se hizo la selección directamente e intencional de los elementos de la muestra.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Se utilizó el método deductivo – inductivo, mediante el empleo de herramientas de ingeniería, con el fin de averiguar sobre la actual situación de la organización Trapani Cultivares del Perú y encontrar las diferentes causas raíz de la baja operatividad de las máquinas y a partir de ello, facilitar una alternativa de solución. A continuación, se muestra las herramientas que se utilizaron para diagnosticar el problema de la empresa.

Tabla 2
Materiales, Instrumentos y métodos para la investigación

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíces del proyecto.
Matriz de Priorización	Después de haber recolectado datos a través de la encuesta, se ordenan las causas raíces de mayor a menor impacto.
Pareto	Se determina las causas raíces que tengan un 80% de impacto en el problema.
Matriz de Indicadores	Se proponen los indicadores para cada raíz, sus valores actual y meta, y la herramienta de solución

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1 Técnicas

En la tabla siguiente se muestran las técnicas que se usaron en el estudio.

Tabla 3
Técnicas e instrumentos de recolección de los datos

Objetivo	Técnica	Justificación	Instrumentos	Fuentes
Diagnosticar la situación actual de la empresa Trapani Cultivares del Perú y determinar la operatividad actual de las máquinas	Observación y encuesta	Permitió observar el área de trabajo, desarrollo de actividades, operatividad de las máquinas y el desarrollo de los procesos.	Guía de observación, y cuestionario	Trabajadores de distintas áreas de la empresa (Guía de observación) 10 trabajadores del área de producción (Cuestionario)
Diseñar el plan de mantenimiento productivo total para el área de producción	Análisis documental	Permitió ahondar en información interna, respecto a los datos que maneja la organización respecto al mantenimiento de máquinas	Registro de contenido del documento del mantenimiento de las máquinas	Área de producción de la empresa agroexportadora
Determinar la operatividad de las máquinas después del plan de mantenimiento productivo total	Análisis documental	Permitió ahondar en información interna, respecto a los datos que maneja la organización respecto a la operatividad de las máquinas	Cronómetro	Área de producción de la empresa agroexportadora
Determinar la viabilidad económica financiera del plan de mantenimiento productivo total	Análisis Económico	Permitió analizar la evaluación económica y financiera después de aplicada el plan de mantenimiento productivo total	Hoja de Cálculo Excel	Empresa agroexportadora

2.4.1.1. Observación.

La aplicación fue a través de la guía de observación a las diversas instalaciones de la empresa Trapani Cultivares del Perú mediante la observación directa para determinar la actual situación y la manera como se efectúan las actividades.

2.4.1.2. Encuesta.

Se aplicó el instrumento a través de un cuestionario para realizar la evaluación de la opinión de los trabajadores con respecto a las causas raíz evidenciadas en la empresa Trapani Cultivares del Perú.

2.4.1.3. Análisis documental.

El instrumento empleado fue la documentación que se obtuvo de la empresa Trapani Cultivares del Perú con el fin de indagar y recopilar los datos cuantitativos con información histórica de los archivos de la empresa.

2.4.2 Instrumentos

En la tabla siguiente se describen los instrumentos que se emplearon en el estudio.

Tabla 4
Técnicas de análisis e interpretación de datos

Objetivo	Técnica	Instrumentos	Proceso	Indicador
Diagnosticar la situación actual de la empresa Trapani Cultivares del Perú y determinar la operatividad actual de las máquinas	Observación y encuesta	Guía de observación y Cuestionario	Extracción de información	Causas de la baja operatividad de las máquinas
Diseñar el plan de mantenimiento productivo total para el área de producción	Análisis documental	Registro de contenido del documento del mantenimiento de las máquinas	Análisis de información	Porcentaje de cumplimiento
Determinar la operatividad de las máquinas después del plan de mantenimiento productivo total	Análisis documental	Cronómetro	Análisis de información	Operatividad de máquinas, tiempos muertos, número de fallas, etc.
Determinar la viabilidad económica financiera del plan de mantenimiento productivo total	Análisis documental	Hoja de Cálculo Excel	Análisis de información	VAN, TIR, B/C

Po otra parte, para la interpretación y el análisis de los datos se empleó:

2.4.2.1. Tablas estadísticas.

Mostrarán el porcentaje y la frecuencia de cada uno de los datos recopilados.

2.4.2.2. Gráficos estadísticos.

Se sintetizarán por medio de la hoja de cálculo de Excel para un mejor análisis de los resultados obtenidos. Además, se emplearán el procesador de textos Microsoft Word 2019 para la redacción del informe final de tesis.

2.5 Procedimientos

A continuación, se detalla el procedimiento efectuado en la presente investigación:

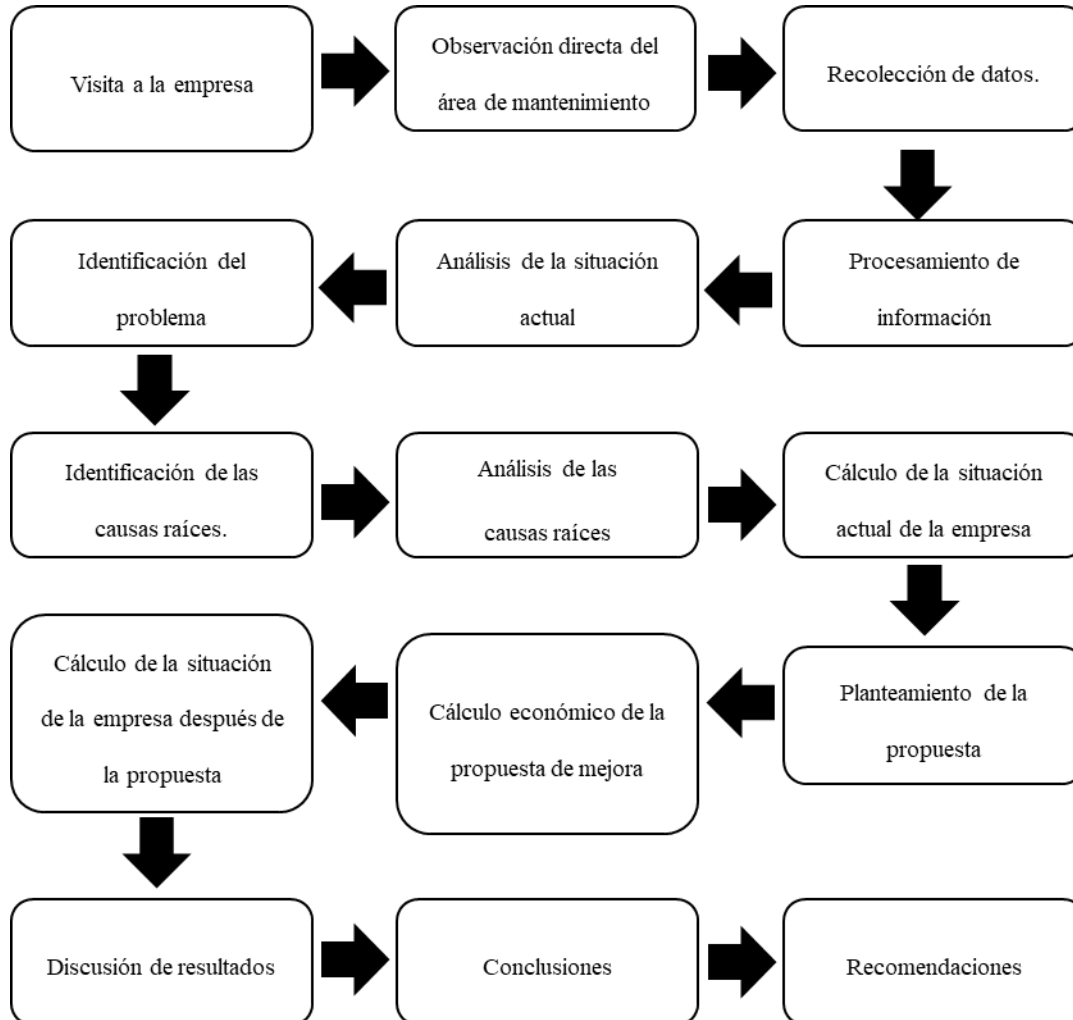


Figura 8. Procedimiento de investigación en la empresa

2.5.1 Misión y visión de la empresa

2.5.1.1. Misión.

Trapani Cultivares Perú S.A.C., especializada en el cultivo de frutas, asegura un producto de calidad a través de su experiencia en rubro teniendo como prioridad la satisfacción total con sus clientes.

2.5.1.2. Visión.

Convertirnos en aliados estratégicos de nuestros clientes y ser reconocidos a nivel nacional como la mejor empresa en el sector de cultivo de fruta, estando comprometidos con nuestros clientes, colaboradores, medio ambiente y seguridad.

2.5.2 Organigrama

e muestra el organigrama de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

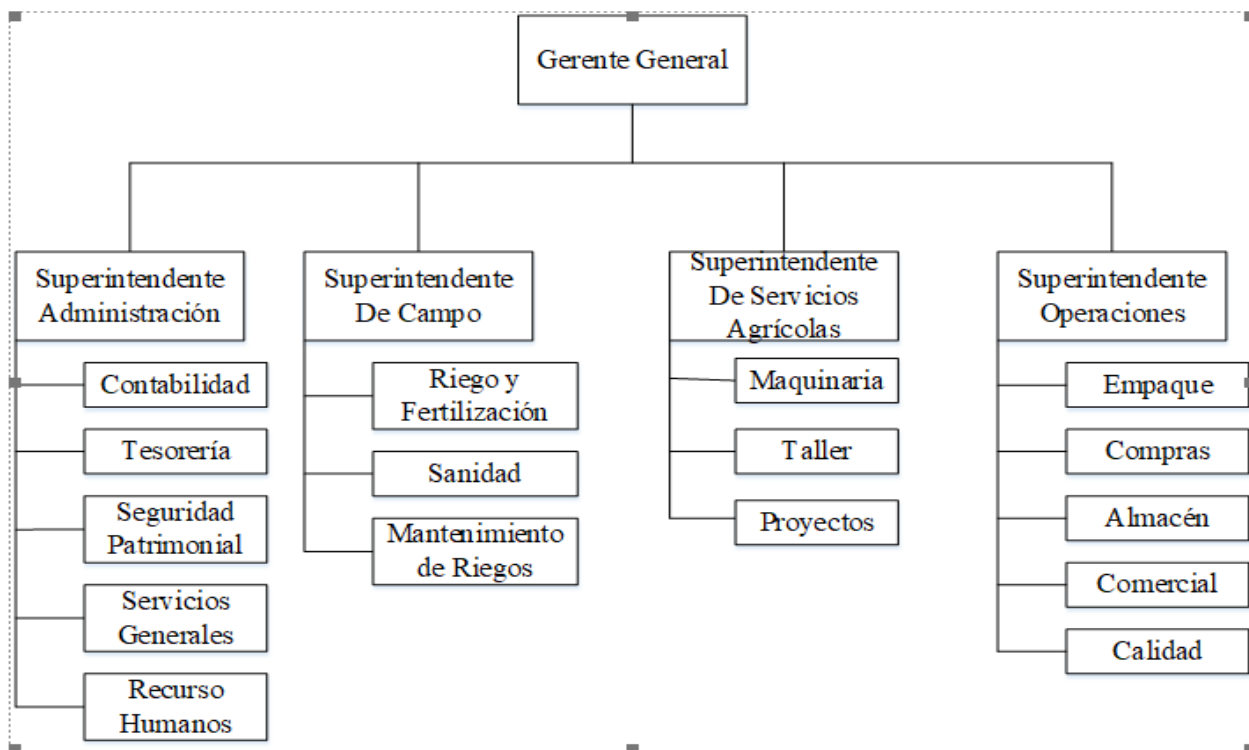


Figura 9. Organigrama de la empresa Trapani Cultivares del Perú

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

2.5.3 Distribución de la empresa

Se muestra el Layout de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

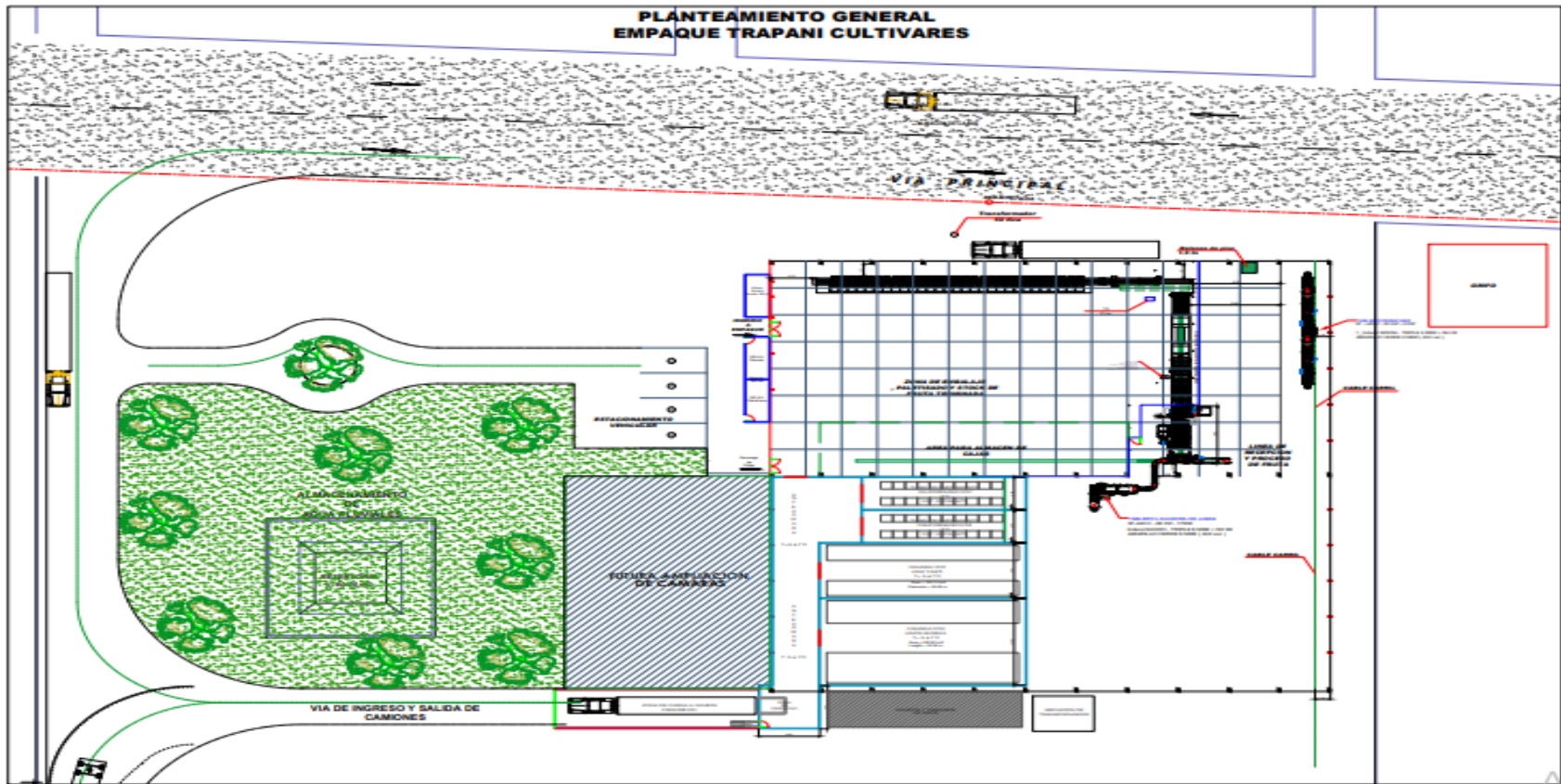


Figura 10. Layout de la empresa Trapani Cultivares del Perú

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

2.5.4 Proveedores de la empresa

Se muestra los proveedores de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Tabla 5

Principales proveedores de Trapani Cultivares del Perú

N°	RUC	RAZON SOCIAL
1	20100257298	ARIS INDUSTRIAL S.A.
2	20131644524	DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL - DINO
3	20507850091	GESTION DE SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C - DISAL
4	20100028698	FERREYROS SA
5	20480725931	COMERCIAL FRIONORTE E.I.R.L
6	20396419093	AUTONORT TRUJILLO S.A.C
7	20482181997	INNOVA - T EIRL
8	20101639275	IPESA S.A.C
9	20601844894	ITEK COMUNICACIONES S.A.C.
10	20479675971	LEONCITO SA
11	20602068383	MECHFLOW SOLUTIONS S.A.C
12	10477523663	SILVA CARRASCO JUAN CARLOS
13	20100025915	ALFREDO PIMENTEL SEVILLA SA
14	20268214527	SIGELEC S.A.C
15	20511914125	SOLTRAK S.A
16	20100049181	TAI LOY
17	20100027021	UNIMAQ S.A.
18	20477582461	CORPORACION ARGONSA S.A.C
19	20513053291	PERU PRINT E & M S.A.C.
20	20100114349	SGS DEL PERU SAC

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

2.5.5 Herramientas estratégicas empleadas por la empresa

2.5.5.1. Cadena de valor.

A continuación, se muestra la cadena de valor de Trapani Cultivares del Perú.

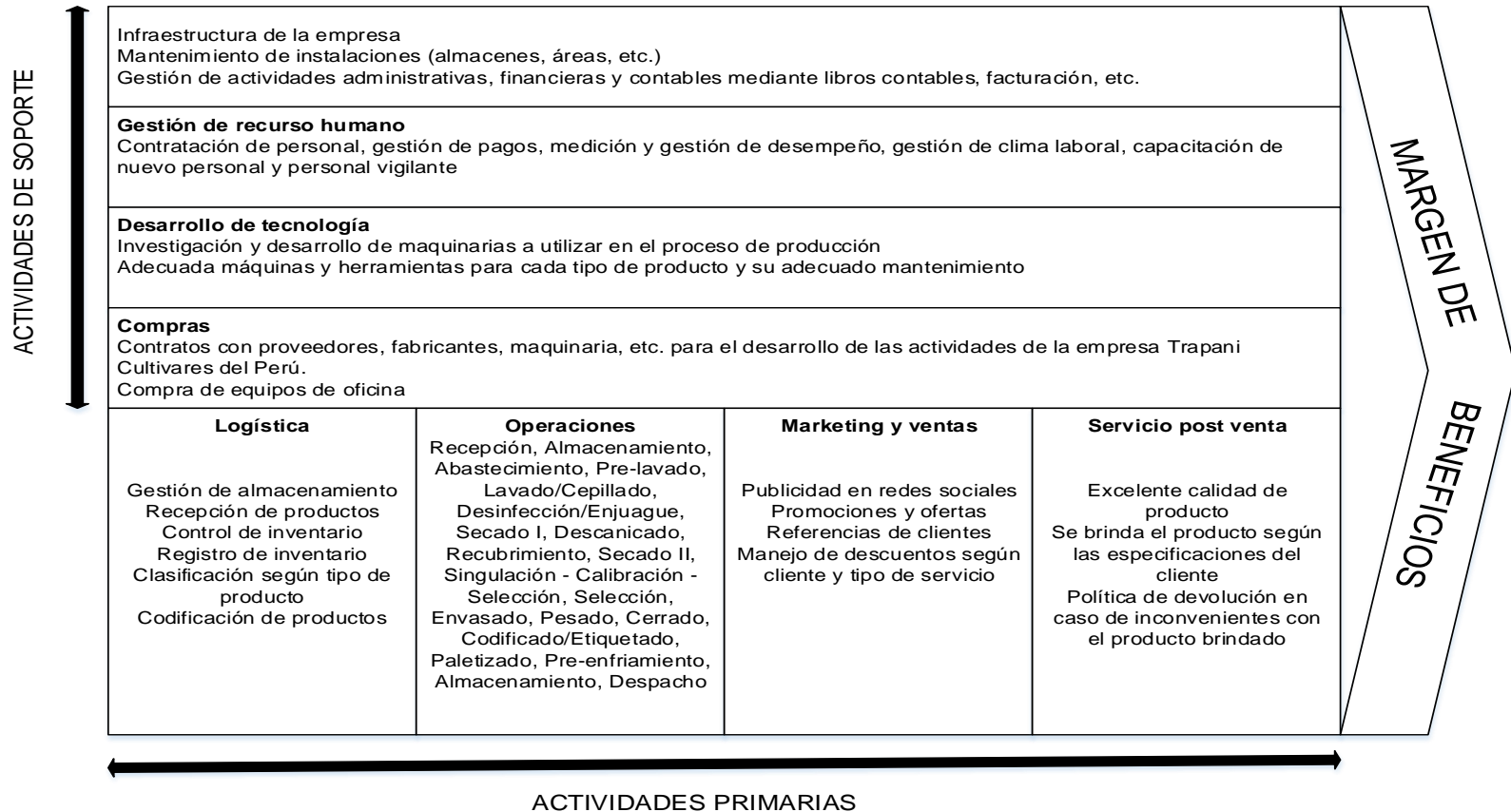


Figura 11. Cadena de valor de la empresa Trapani Cultivares del Perú

2.5.5.2. Mapa de procesos.

Mapa de procesos de la empresa Trapani Cultivares del Perú.



Figura 12. Mapa de procesos de Trapani Cultivares del Perú

2.5.5.3. Matriz FODA.

A continuación, se muestra la matriz FODA de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Tabla 6

Matriz FODA de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

		FORTALEZA		DEBILIDADES	
MATRIZ MAFE		F01	Producto con alto valor nutricional y agradable gusto	D01	Baja rentabilidad al iniciar el negocio
		F02	Formación de alianzas estratégicas con proveedores locales	D02	Empresa y marca relativamente nueva
		F03	Verificación de calidad del producto	D03	Falta de conocimiento en la comercialización y distribución de productos
		F04	Personal calificado en el rubro de industrias alimentarias	D04	Alta inversión en promoción y publicidad
		F05	Empleo de empaques reciclables	D05	Precios superiores al promedio de los productos sustitutos
OPORTUNIDADES		ESTRATEGIAS FO (Explote)		ESTRATEGIAS DO (Busque)	
O01	Mercado potencial no explotado	FO01	Aprovechar la tendencia al consumo saludable diversificando en un futuro las frutas y verduras (O01,O02, O03, F01, F05)	DO01	Alcanzar altos estándares de calidad con la fabricación de todos los productos (O03,O04, O05, D03, D05)

O02	Crecimiento de la tendencia al consumo saludable	FO02	Desarrollar vínculos con los proveedores que brinden materia prima de calidad y a buen precio (O04, O05, F02, F03)	DO02	Invertir en desarrollo de marca y penetración de mercado (O01, O02, O03, D01, D02, D03, D04)
O03	Crecimiento del mercado de frutas y verduras				
O04	Alta producción de la materia prima	FO03	Aprovechar el personal calificado para la elaboración de productos nutritivos y con beneficios para la salud (O02, O03, F04)	DO03	Invertir en empaques eco amigables y masificar la marca de la empresa (O04, O05, D05)
O05	Alto poder adquisitivo del posible cliente				
AMENAZAS		ESTRATEGIAS FA (Confronte)		ESTRATEGIAS DA (Evite)	
A01	Gama de productos sustitutos ya posicionados en el mercado	FA01	Diferenciación resaltando la responsabilidad medio ambiental para aprovechar la tendencia eco amigable y de reciclaje (A01, A02, A03, F01, F05)	DA01	Desarrollar diversas presentaciones de frutas y verduras acorde al gusto del consumidor (A01, A02, A03, D01, D02, D05)
A02	Capacidad de competidores de ofrecer menores precios	FA02	Buscar una diversificación de proveedores para no depende de un solo proveedor (A04, A05, F02)	DA02	Desarrollar estrategia de distribución del producto por ferias saludables y tiendas de conveniencia en primer lugar (A01, A03, D02, D03, D04, D05)
A03	Creación de líneas saludables de marcas ya posicionadas en el mercado				
A04	Posible volatilidad de los precios de la materia prima por causas climatológicas y sociales	FA03	Hacer uso de personal calificado para elaborar productos de calidad (A03, F04, F05)	DA03	Realizar reuniones frecuentes con todo el personal para buscar mejoras en el proceso que reduzcan costos (A04, A05, D01, D04, D05)
A05	Demora en la entrega de materia prima debido a paro de transportistas				

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

2.5.6 Flujo del proceso

A continuación, se muestra el flujo del proceso de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

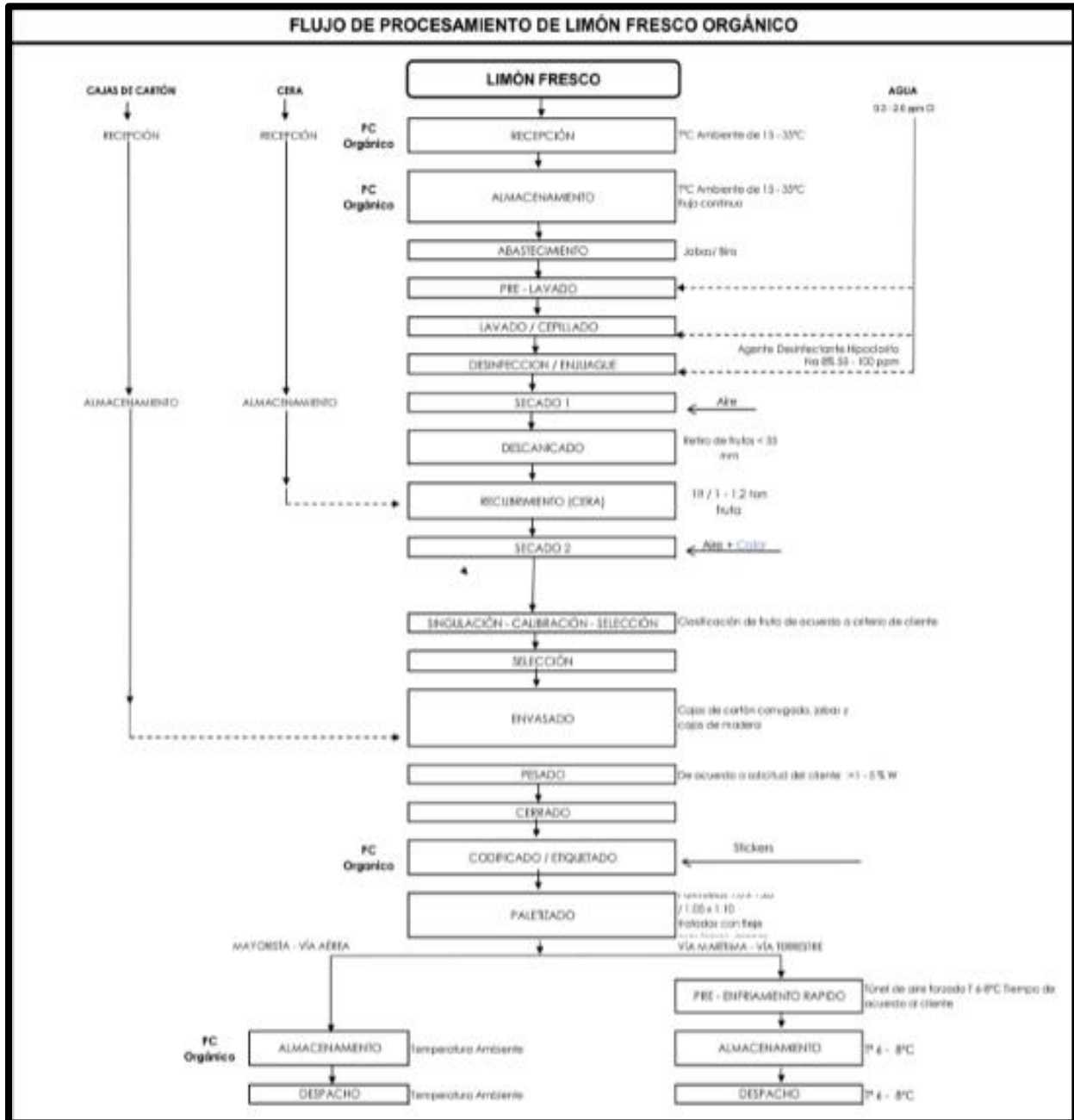


Figura 13. Flujo del proceso de la empresa Trapani Cultivares del Perú

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

2.6 Diagnóstico de problemáticas principales

Con respecto al primer objetivo de la investigación, se efectuó el diagnóstico del área de producción en la agroindustria, con el fin de identificar las causas raíces que conllevaron a tener una baja operatividad en la compañía, para posteriormente, dar prioridad estas causas para luego dar la propuesta de las herramientas como alternativa de solución.

Al observar la figura adjunta, se identificaron nueve causas raíces (Cr), conllevando a tener una baja operatividad en las máquinas:

- Cr1: Falta de manual de organización y funciones
- Cr2: Ausencia de herramientas de control
- Cr3: Falta de indicadores de gestión
- Cr4: Falta de capacitación al personal
- Cr5: Ineficientes métodos de trabajo
- Cr6: Inexistencia de mantenimiento productivo total
- Cr7: Falta de orden y limpieza
- Cr8: Falta de gestión de stock
- Cr9: Falta de mantenimiento autónomo

Todas relacionadas con las 6M: materiales, mano de obra, métodos, maquinaria, medioambiente y medición.

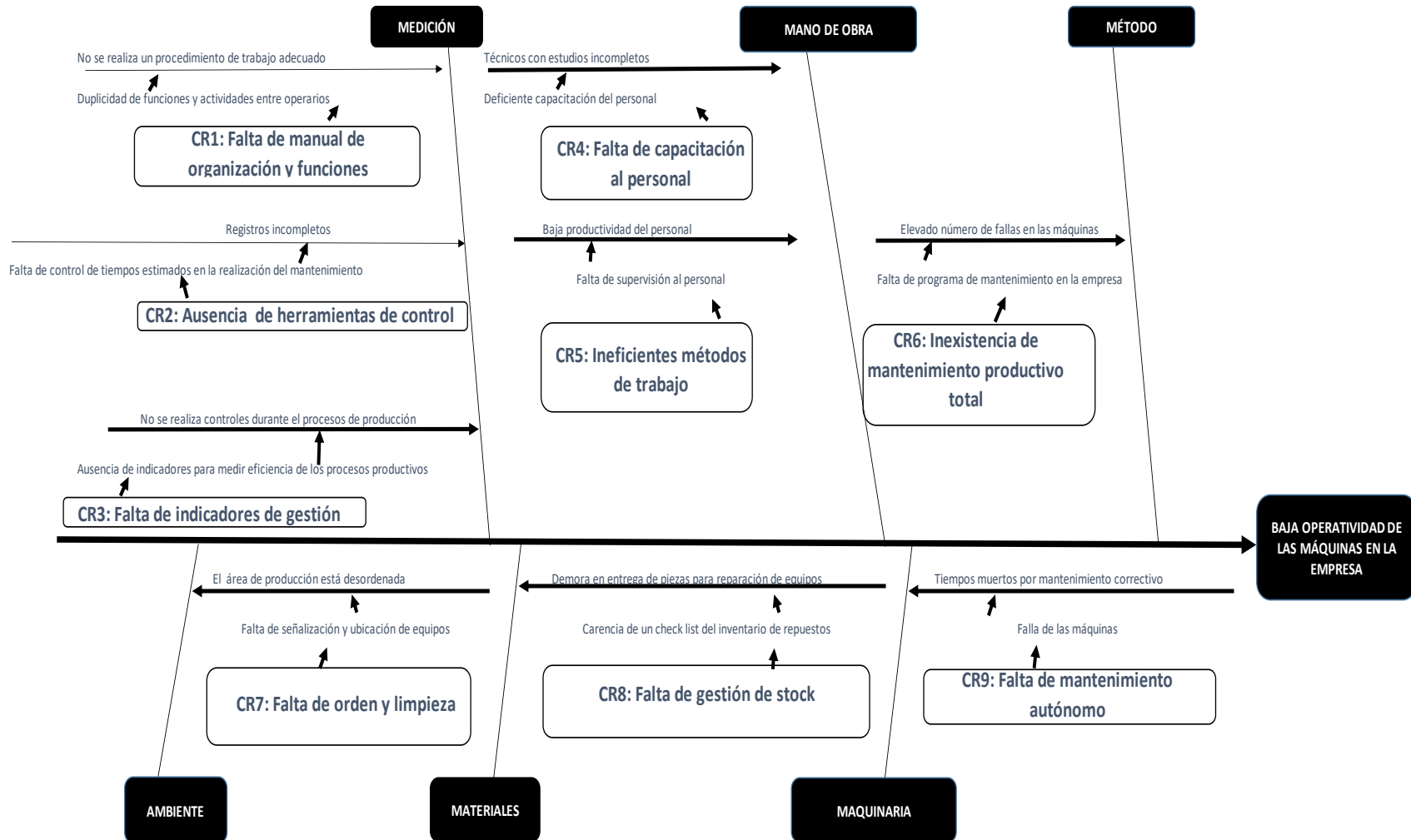


Figura 14. Causas raíces que evidencian la baja operatividad de las máquinas en la empresa agroindustrial

La ausencia de herramientas de control. (CR2) que está asociada a al no control de los procedimientos ni procesos que se desarrollan en la empresa Trapani Cultivares del Perú, estos procesos son la recepción, almacenamiento, abastecimiento, pre lavado, lavado/cepillado, desinfección/enjuague, secado 1, descanicado, recubrimiento, secado 2, singulación/calibración/selección, selección, envasado, pesado, cerrado, codificado/etiquetado, paletizado, pre enfriamiento rápido, almacenamiento y despacho, y al no existir herramientas de control en cada uno de estos procesos no se puede corregir errores en los procesos dentro de la organización.

La falta de indicadores de gestión (CR3) que está asociada a que no se realizan controles durante el proceso de producción y esto se debió a la ausencia de indicadores para realizar la medición de la eficiencia de los procesos productivos, lo que no permite el control permanente en la empresa Trapani Cultivares del Perú de indicadores vitales para el desarrollo correcto de las labores y procedimientos que se llevan a cabo y que retrasan el despacho y la producción de los productos hacia a los usuarios finales.

La falta de capacitación al personal (CR4) que está asociada al retraso de las actividades de los trabajadores por falta de conocimiento de los procedimientos, falta de conocimiento en las herramientas a utilizar en cada proceso, falta de concientización del desarrollo de actividades y el adecuado procedimiento de producción por parte de los trabajadores de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

La inexistencia de mantenimiento productivo total (CR6) que está asociada al elevado número de fallas en las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú y que debido a esto hay elevados tiempos muertos y un bajo rendimiento y operatividad de las máquinas lo que retrasa

la producción y despacho de los productos hacia los clientes por la falta de un programa de mantenimiento.

La falta de orden y limpieza (CR7) que está asociado a la pérdida de tiempo por la búsqueda de elementos y herramientas por no mantener limpio el área de trabajo, además de no estar clasificadas las herramientas ni materiales necesarios para brindar el servicio y no tener un área para guardar las cosas que no son necesarias a fin de liberar espacio dentro del taller mecánico y de esta manera generar un mayor orden.

Por último, la falta de mantenimiento autónomo (CR9) que está asociado a que no los operarios de la empresa no le realizan mantenimiento a las máquinas que operan durante la jornada de trabajo y eso provoca un elevado número de mantenimientos correctivos y que el costo por mantenimiento sea elevado en la empresa Trapani Cultivares del Perú, todas estas causas generaron el 80% del problema relacionado a la baja operatividad de las máquinas en la empresa.

Además, se empeló una encuesta de priorización para las causas raíces y de esta forma priorizarlas conforme a la opinión de 10 colaboradores, entre el personal y los directivos, para ello se consideró opciones de respuesta desde bajo hasta alto, en base a la percepción en relación a la prioridad.

Tabla 7
Matriz de priorización

ÁREAS	CARGO	MEDICIÓN			MANO DE OBRA		MÉTODOS	AMBIENTE	MATERIALES	MAQUINARIA
		CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9
		Falta de manual de organización y funciones	Ausencia de herramientas de control	Falta de indicadores de gestión	Falta de capacitación al personal	Ineficientes métodos de trabajo	Inexistencia de mantenimiento productivo total	Falta de orden y limpieza	Falta de gestión de stock	Falta de mantenimiento autónomo
Gerencia	Gerente General	1	3	3	3	2	3	3	1	3
Logística	Jefe de Logística	1	2	2	3	2	3	3	2	3
Contabilidad	Superintendente de Administración	1	3	3	3	1	3	3	1	3
Mantenimiento	Jefe de Taller	2	3	3	2	1	3	3	1	2
	Superintendente de Operaciones	1	3	3	3	2	2	2	1	3
Producción	Operario 1	1	2	3	2	1	3	2	1	3
	Operario 2	1	3	2	3	1	3	3	1	2
	Operario 3	1	3	3	3	2	3	3	1	3
	Operario 4	1	3	3	3	3	3	3	2	3
	Operario 5	2	3	3	3	1	2	2	1	2
Calificación Total		12	28	28	28	16	27	27	12	27

Posterior a la estructuración de la opinión de todos los participantes, se desarrolló la tabla y el diagrama de Pareto, encontrando que son 6 las causas raíces que están generando el 80% de problemas de la baja operatividad de las máquinas.

Tabla 8

Impacto de las causas raíces

Causas Raíces	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA RAÍZ	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FREC. RELATIVA ACUMULADA	80-20
CR2	Ausencia de herramientas de control	28	13.6%	14%	80%
CR3	Falta de indicadores de gestión	28	13.6%	27%	80%
CR4	Falta de capacitación al personal	28	13.6%	41%	80%
CR6	Inexistencia de mantenimiento productivo total	28	13.6%	54%	80%
CR7	Falta de orden y limpieza	27	13.1%	67%	80%
CR9	Falta de mantenimiento autónomo	27	13.1%	81%	80%
CR5	Ineficientes métodos de trabajo	16	7.8%	88%	20%
CR1	Falta de manual de organización y funciones	12	5.8%	94%	20%
CR8	Falta de gestión de stock	12	5.8%	100%	20%
TOTAL		206	100%	100%	100%

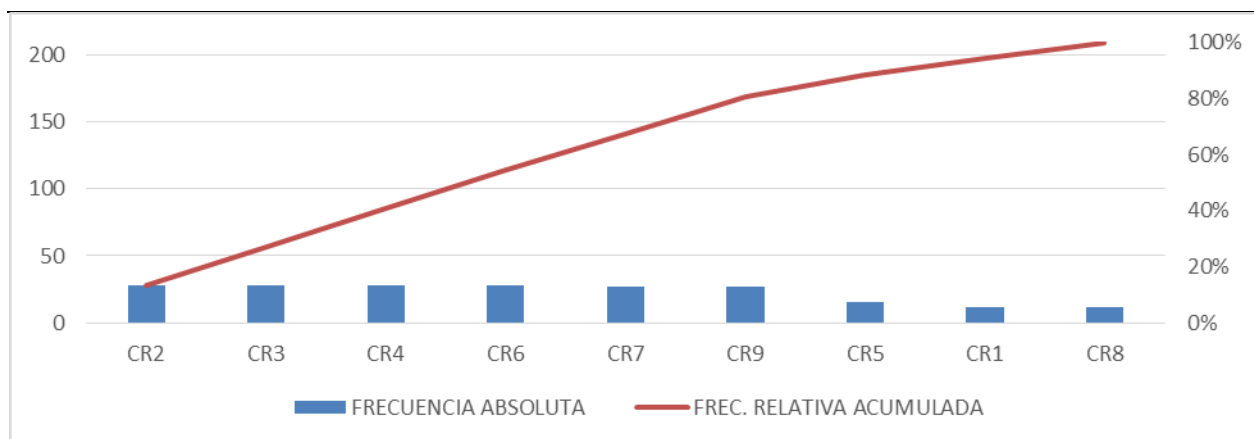


Figura 15. Diagrama del análisis de Pareto en el área de producción

Una vez que se determinaron las principales causas raíces que generaron la baja operatividad de las máquinas, se formularon los indicadores, herramientas de ingeniería para mejorarlos, y la meta establecida para un mejor control.

Tabla 9

Matriz de indicadores

CR	DESCRIPCION DE LA CAUSA RAIZ	INDICADOR	FÓRMULA	VALOR ACTUAL	META	HERRAMIENTA DE MEJORA
CR2	Ausencia de herramientas de control	% registros completos	$\frac{N.^\circ \text{ de registros de mantenimientos completo}}{\text{Total de registros}} \times 100\%$	15%	85%	Sistema de indicadores de gestión
CR3	Falta de indicadores de gestión	% implementación de indicadores de gestión	$\frac{N.^\circ \text{ de indicadores de gestión implementados}}{\text{Total de indicadores de gestión}} \times 100\%$	30%	90%	Sistema de indicadores de gestión
CR4	Falta de capacitación al personal	% personal capacitado	$\frac{N.^\circ \text{ de colaboradores capacitados}}{\text{Total de colaboradores}} \times 100\%$	20%	85%	Programa de capacitación
CR6	Inexistencia de mantenimiento productivo total	% mantenimientos realizados	$\frac{\text{Cantidad de mantenimientos realizados}}{\text{Total de mantenimientos programadas}} \times 100\%$	0%	100%	Mantenimiento productivo total
CR7	Falta de orden y limpieza	% productos ordenados	$\frac{\text{Productos ordenados}}{\text{Productos totales}} \times 100\%$	10%	90%	Metodología 5s
CR9	Falta de mantenimiento autónomo	% máquinas revisadas	$\frac{N.^\circ \text{ de máquinas revisados}}{\text{Total de máquinas}} \times 100\%$	10%	90%	Mantenimiento autónomo

2.7 Aspectos éticos

Se respetó la confidencialidad de los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio, reservando la información de los participantes, por otro lado, se realizó una declaración de la veracidad de los datos. Finalmente, se citó a los autores y se referencio en base a las normas APA 7ma edición a fin de respetar la autoría de los investigadores.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico actual de la operatividad de las máquinas

Luego de haber identificado cada una de las causas raíz que generaron la baja operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú, se recopiló información histórica entre los meses de julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre, para ello se construyó una tabla con la información respecto al número de fallas, promedio de horas operativas, horas inoperativas, horas de corrección y su respectivo costo. En la empresa se trabajan nueve horas efectivas diarias y se trabaja los siete días de la semana, por lo tanto, a la semana se trabaja un total de 252 horas al mes y se procesan al mes un total de 2000 toneladas de producto de los cuales 300 toneladas no cumplen con las especificaciones debido a las fallas ocurridas durante el proceso productivo y por la falla de las máquinas. Se muestra a continuación el resumen de máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Tabla 10

Resumen de la información histórica del mantenimiento de las máquinas de Trapani Cultivares del Perú entre los meses de Julio a noviembre del año 2021.

Máquina	Horas operativas	N° Fallas	Horas inoperativas	Horas de mantenimiento	Costo del mantenimiento
TRA-01	12,320.40	1,938.00	1,867.50	3,735.00	31,490.52
TRA-02	24,096.00	1,530.00	4,973.80	12,434.50	74,423.40
TRA-03	12,230.40	2,143.00	1,820.20	5,460.60	34,997.71
TRA-04	24,460.80	2,143.00	1,369.70	4,793.95	27,707.10
TRA-05	24,460.80	2,160.00	3,388.80	5,083.20	29,788.49
RETRO-01	12,230.40	1,053.00	1,145.60	2,291.20	13,082.75
D8T-01	12,048.00	622.00	787.80	1,378.65	7,872.09
Total	121,846.80	11,589.00	15,353.40	35,177.10	219,362.07

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

Como se pudo observar en la tabla 10, entre los meses de junio a noviembre del año 2021, se registraron cerca de 12 000 fallas en las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú, lo cual es un número significativo y que repercutió en el proceso de cosecha de la empresa.

Luego de determinar el número total de fallas de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú, se procedió a evaluar el porcentaje de frecuencia de las fallas.

Tabla 11

Distribución del número de fallas por máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú entre los meses de julio a noviembre del año 2021.

Máquina	N° Fallas	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
TRA-05	2,160.00	18.64%	18.64%
TRA-03	2,143.00	18.49%	37.13%
TRA-04	2,143.00	18.49%	55.62%
TRA-01	1,938.00	16.72%	72.34%
TRA-02	1,530.00	13.20%	85.55%
RETRO-01	1,053.00	9.09%	94.63%
D8T-01	622.00	5.37%	100.00%
Total	11,589.00	100.00%	100.00%

Nota. Empresa Trapani Cultivares del Perú

Como se observó en la tabla 11, las máquinas con más fallas entre los meses de julio a noviembre del año 2021 fueron los tractores 5, 3 y 4, ya que tuvieron 2160, 2143 y 2143 fallas siendo el 18,64%, 18,49% y 18,49% del total de fallas respectivamente. Indicando que la frecuencia acumulada de estos equipos fue el 55,62% del total de las fallas.

Posterior al análisis de las fallas de las máquinas se analizó la criticidad de cada una de ella de acuerdo a los factores estipulados por Parra y Crespo (2012).

Tabla 12

Valoración del índice de criticidad de máquinas

Valoración	Puntaje
Frecuencia de fallas	
No más de una falla semestral	1
No más de dos fallas semestrales	2
Entre 2 y 6 fallas semestrales	3
Más de 8 fallas semestrales	4
Tiempo promedio para reparación (horas)	
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 Horas	3
Más de 24 horas	4
Costo de reparación	
Menos de S/ 500	1
Entre S/ 500 y S/ 1000	2
Entre S/ 1000 y S/ 1500	3
Más de S/ 1500	4
Impacto operacional	
Menos del 25%	1
25% de impacto	2
Entre 50% y 75% de impacto	3
Impacta Totalmente	4
Impacto de seguridad y medio ambiente	
Sin consecuencias	1
Efecto temporal sobre personas, no afecta al medio ambiente	2
Efecto temporal sobre personas y ambiente	3
Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	4

Nota. Parra y Crespo (2012)

Tabla 13

Resultado del análisis de criticidad de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú

Ítem	Máquina	FF		Consecuencia de la falla (CF)			FF * CF		Clasificación de criticidad
		Frecuencia de Falla	Tiempo promedio para reparación	Costo de reparación	Impacto operacional	Impacto de seguridad y medio ambiente	Índice de criticidad		
7	D8T-01	4	4	4	2	2	48	A	
6	RETRO-01	4	4	4	1	2	44	A	
3	TRA-03	4	2	4	2	2	40	A	
1	TRA-01	4	2	4	2	1	36	B	
4	TRA-04	4	3	4	1	1	36	B	
5	TRA-05	4	2	4	2	1	36	B	
2	TRA-02	4	2	4	1	1	32	B	

Como se observó en la tabla 13, a cada máquina de la empresa Trapani Cultivares del Perú se le asignó un valor de acuerdo a los factores de frecuencia de falla, tiempo promedio para reparación, costo de reparación, impacto operacional e impacto de seguridad y medio ambiente. Finalmente, estos valores fueron sumados para obtener el índice de criticidad, mientras que para determinar la clasificación de criticidad de cada máquina se consideró el rango de criticidad establecido por Parra y Crespo (2012), el cual se muestra a continuación.

- Criticidad Alta: 40 a 60, se representa con la letra A.
- Criticidad Media: 20 a 39, se representa con la letra B.
- Criticidad Baja: 05 a 19, se representa con la letra C.

Luego de clasificar la criticidad de cada máquina, se evidenció que las máquinas D8T-01, RETRO-01 y TRA-03 tienen una criticidad alta, esto se debió a su frecuencia de falla, tiempo promedio de reparación y costo de reparación.

Finalmente, las máquinas TRA-01, TRA-04, TRA-05 y TRA-02 tienen una criticidad media, siendo la frecuencia de falla y el costo de reparación los valores más altos.

3.1.1. Efectividad global de los equipos antes de la propuesta

Para el cálculo de la efectividad global de los equipos se procedió a calcular los indicadores de disponibilidad, desempeño y calidad según las fórmulas descritas en la matriz de Operacionalización de variables (Tabla 1). A continuación, se muestra el cálculo de los cuatro indicadores.

3.1.1.1. Disponibilidad.

Para calcular la disponibilidad de las máquinas se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

$$Disponibilidad = \frac{10.03}{10.03 + 1.12} \times 100$$

$$Disponibilidad = 88.55\%$$

La disponibilidad de las máquinas que se evaluaron antes de la aplicación del diseño del plan de mantenimiento productivo total fue de 88.55%.

3.1.1.2. Desempeño.

Para calcular el desempeño de las máquinas se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{Resultados alcanzados}}{\text{Resultado previsto}} \times 100$$

$$\text{Desempeño} = \frac{1700 \text{ Tn}}{2000 \text{ Tn}} \times 100$$

$$\text{Desempeño} = 85,00\%$$

El resultado obtenido de 85,00% fue para el desempeño, con ello se tomó en cuenta el resultado que se alcanzó de 1700 toneladas de fruta procesada y el resultado previsto que fue 2000 toneladas, al analizar la producción se observó que 300 toneladas de fruta se descartan por estar fuera de las especificaciones del cliente o por estar malogradas.

3.1.1.3. Calidad.

Para calcular la calidad de las máquinas se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades fabricadas} - \text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades fabricadas}} \times 100$$

$$\text{Calidad} = \frac{1700 \text{ Tn} - 65 \text{ tn}}{1700 \text{ Tn}} \times 100$$

$$\text{Calidad} = 96.18\%$$

Como se puede observar, la calidad del producto es de 96.18%, esto debido a que de las 2000 Toneladas estimadas, el 3,25% (65 toneladas) no se cumple debido a que el producto se aplasta, esto se debe al exceso de peso de las torres armadas o a deficiencias en la manipulación de estos.

3.2. Solución de la propuesta

A continuación, se muestran el desarrollo del diseño del plan de mantenimiento productivo total para darle solución a la problemática de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

3.2.1 Fase 1 - Preparación

3.2.1.1. Decisión de la aplicación el TPM en la empresa.

Para tomar la decisión de implementar el TPM en la empresa, se debe comenzar con el compromiso de las diferentes áreas con el fin de lograr ejecutar de manera correcta el plan propuesto y lograr los resultados esperados y por ende lograr incrementar la operatividad de las máquinas.

3.2.1.2. Desarrollar un plan de información introductoria sobre TPM.

Para lograr ejecutar el plan introductorio sobre TPM, la gerencia y las áreas involucradas deben tener conocimiento del plan propuesto y la finalidad del mismo. Posterior a ello, el área administrativa y de mantenimiento llevarán a cabo las charlas a todos los colaboradores de la empresa acerca del TPM y estas charlas se realizarán 10 minutos antes de comenzar las actividades productivas. El cronograma propuesto se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 14

Cronograma de capacitaciones informativas sobre el TPM

Reunión	Día	Tema
Reunión 1	Día 1	TPM, objetivos y beneficios del TPM
Reunión 2	Día 2	Situación actual de la gestión de mantenimiento y la operatividad de los equipos
Reunión 3	Día 3	Seguridad de los trabajadores y calidad de servicio

3.2.1.3. Crear una estructura para el diseño del TPM.

Para desarrollar correctamente el TPM, se propuso la creación del área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú y que esta área tenga alguien a cargo, para luego designar los otros cargos respecto a las responsabilidades que tendrán dentro de la empresa, para ello se considerará los estudios previos, años de labor en la empresa, conocimiento de cada trabajador, cargo dentro de la empresa y sus capacidades. Toda lo mencionado se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 15

Encargados del área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú

Nombre	Años de labor	Conocimientos	Cargo	Habilidad de liderazgo (1-5)
Jefe de Taller	10	Ingeniero Mecánico	Supervisión	5
Operario 1	6	Estudios técnicos	Operario de recepción	3
Operario 2	3	Estudios técnicos	Operario de secado	2
Operario 3	1	Estudios técnicos	Operario de selección	1
Operario 4	2	Estudios técnicos	Operario de envasado	2
Operario 5	2.5	Estudios técnicos	Operario de pesado	2
Operario 6	1.5	Estudios técnicos	Operario de pesado	1
Operario 7	4	Estudios técnicos	Operario de etiquetado	3
Operario 8	2	Estudios técnicos	Operario de pre enfriamiento	2

Considerando la tabla mostrada, se darán las funciones siguientes:

1. Generar un clima laboral óptimo.
2. Capacidad de trabajar en equipo y versatilidad.
3. Mantener las máquinas operativas y con un funcionamiento eficaz durante el proceso productivo.
4. Realizar un correcto seguimiento de los indicadores propuestos.
5. Identificar los problemas de mantenimiento en el periodo dado.
6. Corregir los factores que causan interferencia con la productividad.

No obstante, se asignarán funciones al encargado de mantenimiento, el cual estará encargado de supervisar el diseño del TPM, a continuación se detallan estas funciones:

1. Asignar y planificar actividades a todos los operarios a cargo.
2. Realizar la coordinación y supervisión de las labores del diseño del TPM.
3. Detallar en la redacción de un informe todos los problemas que hayan ocurrido en el proceso productivo.
4. Realizar rutinas diarias de inspección de las instalaciones y equipos.
5. Mantener informado al personal de todo cambio o propuesta para la mejora continua del TPM.
6. Cumplir con las estrategias y políticas establecidas por la organización.

3.2.1.4. Establecer las políticas y objetivos para el diseño del TPM.

Para que clientes y trabajadores puedan ver el compromiso por parte de la empresa en el diseño del plan de TPM, se considerará implementar un documento en el cual se valide la aprobación de la gerencia, las políticas y objetivos.

3.2.1.5. Diseño del plan de desarrollo del TPM.

Para el desarrollo del TPM se contemplaron 4 fases que se detallan a continuación.

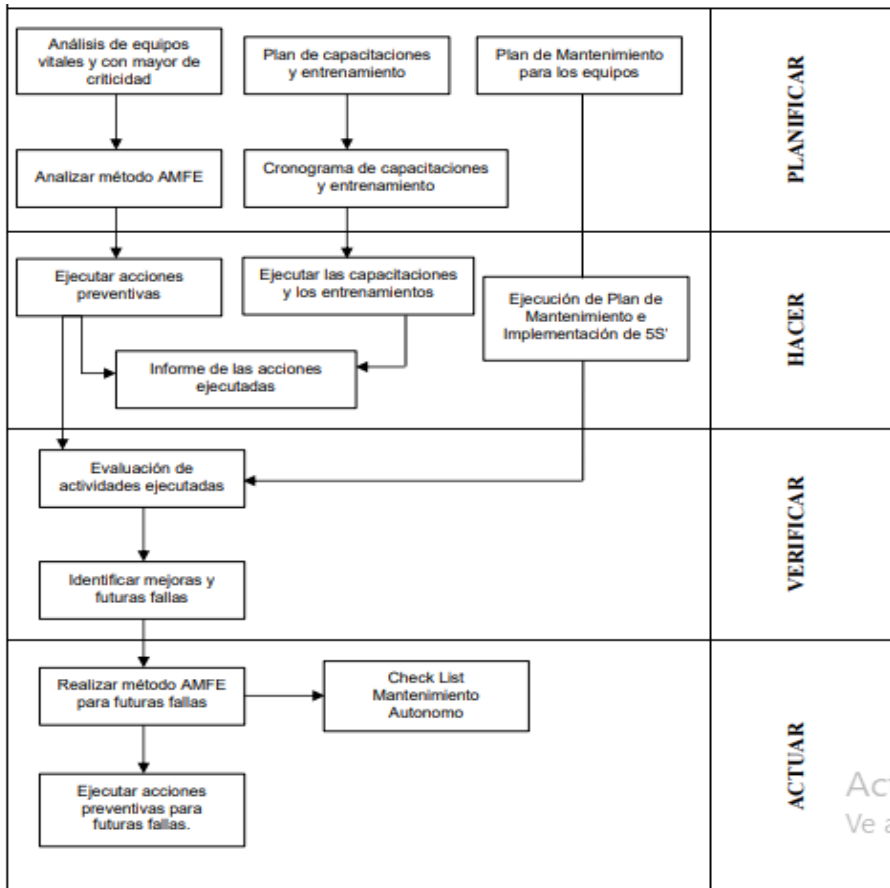


Figura 16. Plan de desarrollo del TPM en la empresa Trapani Cultivares del Perú

En la primera fase se hará el análisis de las máquinas con mayor criticidad, el plan de capacitaciones y entrenamiento, y finalmente el plan de mantenimiento para la maquinaria de la empresa, este análisis tendrá por fin ayudar a los trabajadores a tener de una forma clara las metas de la empresa. En la segunda fase, se desarrollarán las actividades y se hará la redacción de un informe detallando todo lo efectuado. Para la tercera fase, se hará la evaluación de las actividades realizadas y se buscarán posibles mejoras para evitar

futuras fallas. Finalmente, se utilizará el método AMFE para las futuras fallas y con sus respectivas acciones preventivas.

3.2.1.6. Plan de charlas acerca del TPM.

Se considerará un plan de charlas dirigidas a los trabajadores y que se llevarán a cabo de 10 a 15 minutos antes de iniciar actividades y cuyo objetivo es lograr cumplir con los objetivos propuestos por la gerencia. En la tabla adjunta, se detallan los temas y el cronograma propuesto para ejecutar cada una de las charlas.

Tabla 16

Plan de charlas sobre TPM en la empresa Trapani Cultivares del Perú

Temas	Año 2022															
	Enero				Marzo				Mayo				Junio			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Gestión de Mtto.	X				X				X				X			
Políticas y objetivos del TPM	X				X				X				X			
Análisis de las máquinas		X				X				X				X		
Fallas frecuentes en las máquinas		X				X				X	X			X		
Análisis AMFE			X				X				X				X	
SST			X				X					X			X	
Análisis de futuras fallas				X				X				X				X
Manipulación correcta del producto				X				X								X

3.2.2 Fase 2 - Introducción

3.2.2.1. Lanzamiento del TPM en la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Para el lanzamiento del TPM se debe incluir a todos los stakeholders, por ello es trascendente que la gerencia de Trapani Cultivares del Perú emita un comunicado haciendo ver que la empresa está diseñando un TPM para ser implementado posteriormente a fin de mejorar la operatividad de las máquinas. En este comunicado se dará detalle del tipo de diseño del plan de mantenimiento, de capacitaciones, objetivos y las políticas además del análisis de las máquinas vitales y con mayor grado de criticidad.

3.2.3 Fase 3 - Implantación

3.2.3.1. Mejorar la efectividad global de los equipos en la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Para esta mejora, se debe en primer lugar identificar las máquinas que tienen un mayor grado de criticidad (retroexcavadora -01, tractor de oruga D8T-01 y tractor -03), luego se debe analizar las fallas más frecuentes de estas maquinarias utilizando para ello la metodología AMFE.

Las habilidades y capacidades de los trabajadores de la empresa es vital para la ejecución correcta del plan de TPM, por tal motivo se les debe capacitar y entrar a fin de lograr obtener los mejores resultados.

3.2.3.2. Análisis de modo y efectos de fallas (AMFE).

Tras identificar las fallas con más frecuencia de la retroexcavadora – 01, tractor de oruga D8T - 01 y tractor - 03, se realizó un análisis de modo y efectos de fallas (AMFE), para esto se analizará el fallo con sus causas y efectos, después de ello se hará la asignación de valores a los indicadores de Probabilidad (P), Gravedad (G) y Grado de control (D)

según las tablas de ponderación de Gallara y Pontelli (2014) y finalmente, se hará el cálculo del indicador IPR para tomar acciones de prevención a fin de minimizar los fallos de las máquinas. Se muestran a continuación las tablas de ponderación.

Tabla 17

Ponderación de gravedad

Gravedad del efecto	G	Descripción
Muy crítico	4	La falla afecta a la producción bloqueando el flujo productivo y parando la planta.
Crítico	3	La falla afecta a la producción reduciendo el flujo productivo.
Importante	2	La falla afecta a la producción, pero se mantiene el flujo productivo.
Secundario	1	La falla afecta a la producción ocasionando demoras en el flujo productivo.

Nota. Gallara y Pontelli (2014)

Tabla 18

Ponderación de probabilidad

Probabilidad de ocurrencia	P	Descripción
Muy crítico	5	Una falla o más fallas por turno de 8hs.
Alta	4	Una falla entre un turno de 8 hrs y 40 días de 24 hrs.
Moderada	3	Aproximadamente 1 falla entre 40 días y 6 meses.
Baja	2	Aproximadamente 1 falla entre 6 meses y 1 año.
Muy baja	1	1 falla después de 1 año.

Nota. Gallara y Pontelli (2014)

Tabla 19

Ponderación de la capacidad de detección

Gravedad del efecto	D	Descripción
Remota	5	Es casi imposible la detección de la falla con los métodos actuales.
Escasa	4	La falla se detecta mediante el desarme del equipo o puede ocurrir en lugares de difícil acceso o el método de control no es confiable.
Probable	3	El método de control requiere de permanente inspección y no es lo suficientemente confiable.
Moderada	2	El método de inspección puede detectar la falla cuando se produce y es confiable.
Segura	1	El método de control es muy confiable, detecta seguramente la falla con anticipación a su aparición.

Nota. Gallara y Pontelli (2014)

Después de haber detallado cada una de las tablas de ponderación, se procedió a realizar el análisis de las fallas en las máquinas por medio del método AMFE para las máquinas con un grado mayor de criticidad.

Tabla 20

Análisis del modo de fallos y efectos – retroexcavadora - 01

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS														
Responsables / Revisión: Tesistas		Máquina analizada: Retroexcavadora - 01				Número de máquinas: 1			Fecha de revisión: 28/02/2022					
FUNCIÓN O PROCESO	Modo	FALLO		CONTROLES ACTUALES	Valores analizados				ACCIONES PREVENTIVAS	FRECUENCIA	Nuevos valores			
		Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
	Problemas con la bomba de alimentación	Fallas en el motor que impedirán el encendido del tractor	Combustible contaminado	No existen	3	3	4	36			2	2	2	8
Nivelación y acabado de campos de cultivo	Falla de los inyectores	No arranque el tractor y un consumo excesivo de combustible	Desgaste de la culata y sellos de asiento de los cilindros del motor	No existen	3	2	4	24	Revisar el correcto funcionamiento del tractor previo al inicio de cada jornada laboral	Diaria	1	1	2	2
	Falla en los depósitos de combustible	Pérdida de combustible por agujero en el depósito	Constante vibración del tractor por el mal estado del terreno	No existen	3	2	4	24			2	1	2	4

Se efectuó el AMFE de la retroexcavadora - 01, obteniendo el resultado de que la nivelación y acabado de campos de cultivo genera un IPR de 36, debido a actualmente no se lleva un control de ese fallo y por ello se propone como acción preventiva revisar con una frecuencia diaria el tractor, con lo cual se espera que se disminuya el IPR 8.

Tabla 21

Análisis de modo de fallos y efectos – tractor oruga D8T - 01

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS														
Responsables / Revisión: Tesistas		Máquina analizada: Tractor Oruga D8T - 01				Número de máquinas: 1			Fecha de revisión: 28/02/2022					
FUNCIÓN O PROCESO	FALLO		CAUSAS	CONTROLES ACTUALES	Valores analizados				ACCIONES PREVENTIVAS	FRECUENCIA	Nuevos valores			
	Modo	Efecto			G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Carga y desplazamiento de material	Problemas con la bomba de inyección	Brinco del motor o titubeo al acelerar el tractor	Utilización de combustible de baja calidad	No existen	3	3	4	36			2	2	2	8
	Falla de los filtros de combustible	Parada de motor por absorción de impurezas hacia la bomba de inyección e inyectores	Utilización de filtro de baja calidad	No existen	3	2	4	24	Revisar el correcto funcionamiento del tractor previo al inicio de cada jornada laboral	Diaria	1	2	2	4
	Falla en los frenos del tractor	Tractor no frena adecuadamente	Defectuosa presión del líquido de freno	No existen	3	3	4	36			2	2	2	8

Se desarrolló el AMFE del tractor oruga D8T - 01, obteniendo como resultado que la carga y desplazamiento de material genera un IPR de 36, debido a actualmente no se lleva un control de ese fallo y por ello se propone como acción preventiva revisar con una frecuencia diaria el tractor, con lo cual se espera que se disminuya el IPR 8.

Tabla 22

Análisis del modo de fallos y efectos – Tractor - 03

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS														
Responsables / Revisión: Tesisistas		Máquina analizada: Tractor - 03				Número de máquinas: 1			Fecha de revisión: 28/02/2022					
FUNCIÓN O PROCESO	FALLO			CONTROLES ACTUALES	Valores analizados				ACCIONES PREVENTIVAS	FRECUENCIA	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Remoción de escombros	Motor trabaja frío	El tractor emana mucho humo	Punto de la bomba inyectora desajustado	No existen	3	4	4	48	Revisar el correcto funcionamiento del cargador frontal previo al inicio de cada jornada laboral	Diaria	1	2	2	4
	Falla en el motor	El tractor no enciende	Resorte de las válvulas rotos	No existen	3	4	4	48			1	2	2	4
	Presión excesiva del carter	Fricción entre los anillos del pistón y las paredes de los cilindros	Camisas y anillos, guías y válvulas gastados	No existen	3	3	4	36			2	2	2	8

Se desarrolló el AMFE del tractor - 03, obteniendo como resultado que la remoción de escombros genera un IPR de 48, debido a actualmente no se lleva un control de ese fallo y por ello se propone como acción preventiva revisar con una frecuencia diaria el cargador frontal, con lo cual se espera que se disminuya el IPR 8.

3.2.3.3. Entrenamiento.

Con el entrenamiento se busca que el operario maneja adecuadamente las máquinas, además se busca que pueda ser capaz de identificar fallas en las mismas con la finalidad de poder eliminarlas de manera preventiva y de esta manera reducir las horas de parada de máquinas lo que a su vez incrementará su operatividad. Por tal motivo, es necesario que los operarios sean capaces de reconocer las máquinas vitales para el proceso, con un grado mayor de criticidad, las fallas con más frecuencia de esta y hacer el análisis AMFE para tomar acciones preventivas para dichas máquinas.

Para el logro del objetivo se sugiere evaluar las competencias de cada operario por medio de la siguiente ficha.

Tabla 23

Ficha de competencias para el desarrollo del trabajo

Empresa Trapani Cultivares del Perú		
N° Competencias	Competencias para el desarrollo del trabajo	Observaciones
1	Manejo adecuado de la maquinaria durante el proceso productivo	
2	Identificación de fallas en las máquinas	
3	Cumple con sus responsabilidades dentro del área	
4	Busca aumentar sus conocimientos	
5	Verificar progresivamente el estado de las máquinas	
6	Participa en el análisis de los problemas ante algún fallo de las máquinas	
7	Conocimiento y aplicación de mantenimiento preventivo	
8	Informar a los superiores acerca de cualquier falla en las máquinas	
9	Asegurar la correcta ejecución de las operaciones manual	
10	Tener conocimiento del TPM implementado en la empresa	
11	Mantener adecuadamente las máquinas según los procedimientos del TPM	
Valoración: Responsable de unidad		

Después de haber realizado la ficha de evaluación de cada uno de los operarios, se procederá a confirmar las fechas para las capacitaciones, charlas y entrenamiento conforme a los requerimientos de cada operario.

3.2.3.4. Establecer formatos de capacitación en TPM.

Para efectuar la capacitación a los colaboradores con respecto a las actividades del TPM, en primer lugar, se debe transmitir la información a la gerencia acerca de las ventajas y beneficios que trae la implementación del TPM, luego el área de mantenimiento coordina con la gerencia y finalmente el área administrativa de la empresa informa acerca de las actividades y el análisis económico del TPM. Esto logrará que todas las partes involucradas tengan un mismo objetivo. Luego de ello, la gerencia se encargará de informar a los colaboradores acerca del plan de TPM que se implementará en la empresa e indicará que el área de mantenimiento será la encargada de llevar a cabo la capacitación. Se muestra a continuación la lista de puntos a tener en cuenta para la capacitación:

- El cronograma y guía para la capacitación de los colaboradores.
- Efectuar el análisis del formato de capacitación.
- Analizar los equipos que cuenta la empresa.
- Actividades que implican al mantenimiento productivo total.

En la figura 17 se muestra el flujo del procedimiento de capacitación propuesto, este procedimiento de capacitación se realizará en base a un calendario anual y enfocado a los trabajadores de la empresa. Además, al finalizar dicho programa de capacitación se le brindará una constancia al trabajador y en el caso supuesto de no llegar a obtener los resultados que se esperan, se programarán nuevas capacitaciones al personal de la empresa.

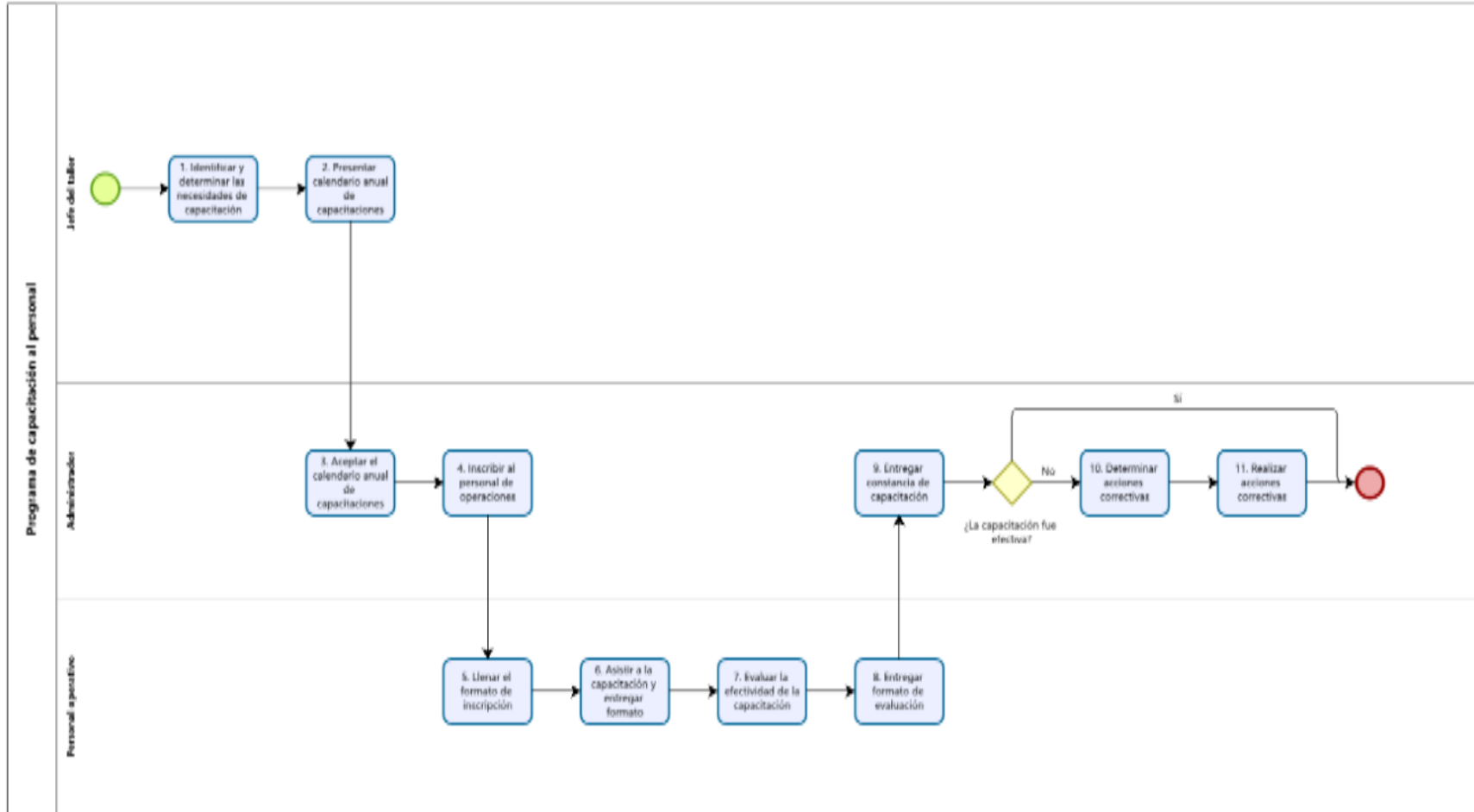


Figura 17. Flujograma de capacitación para los trabajadores de la empresa Trapani Cultivares del Perú

La finalidad del flujograma del procedimiento de capacitación es poder detallar todos los pasos involucrados en este procedimiento y saber la manera óptima de realizar las capacitaciones para lograr el mayor beneficio por la aplicación de esta herramienta.

En la figura 18 se muestra un formato de registro para el desarrollo de la capacitación elaborado para el programa de capacitación, en el cual se detalló el tema de capacitación, el tipo de capacitación, las horas de duración de la capacitación y los trabajadores partícipes de la misma.

N° REGISTRO:	REGISTRO DE CAPACITACIÓN				
MARCAR X					
INDUCCIÓN	CAPACITACIÓN	ENTRENAMIENTO	SIMULACRO DE EMERGENCIA		
TEMA					
FECHA					
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR					
N° HORAS					
APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS CAPACITADOS		N° DNI	ÁREA	FIRMA	OBS.
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
RESPONSABLES DEL REGISTRO					
NOMBRE		CARGO	FECHA	FIRMA	

Figura 18. Formato de registro de capacitaciones en la empresa Trapani Cultivares del Perú

La finalidad de contar con un formato de registro de capacitaciones es poder tener información acerca del número de trabajadores capacitados, los temas que se llevaron en la capacitación y las horas que demandó cada capacitación.

La tabla 24 muestra un formato para la evaluación de capacitaciones propuestas, en el cual se detallará el nombre, la evaluación, fecha y nombre del docente que dictó la capacitación.

Tabla 24

Formato para la evaluación de las capacitaciones en Trapani Cultivares del Perú

FORMATO EVALUACIÓN DE LA CAPACITACIÓN						
CONFERENCIA <input type="checkbox"/> SEMINARIO <input type="checkbox"/> DIPLOMADO <input type="checkbox"/> CURSO <input type="checkbox"/>						
NOMBRE DEL EVENTO:						
FECHA DEL EVENTO:						
NOMBRE DEL DOCENTE:						
Esta evaluación tiene como objetivo medir las fortalezas y oportunidades de mejoramiento del servicio de capacitación, de tal forma que basados en sus apreciaciones podamos optimizarlo. Agradecemos su contribución, diligenciando el siguiente cuestionario:						
SOBRE EL DOCENTE						
ÍTEMA EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Conocimiento y dominio del tema						
2. Habilidad para comunicarse y transmitir ideas						
3. Habilidad para responder preguntas individuales, sin afectar las grupales						

4.Habilidad para orientar la realización de los talleres						
5.Habilidad para identificar las expectativas de los participantes y acordar los objetivos del seminario						
6.Habilidad para orientar al grupo hacia los objetivos del seminario						
7.Utilización de las ayudas educativas						
8.Puntualidad						
9.Presentación personal						
10.Da a conocer el programa que se va a desarrollar en el seminario						
11.Respeto las ideas y aportes de los participantes						
12.Favorece el trabajo en equipo						
SOBRE EL CURSO						
ÍTEMA EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1.Cumplimiento del programa propuesto						
2.Contenido temático teniendo en cuenta su utilidad práctica						
3.Utilidad material para el logro de los objetivos planteados						
4.Utilidad de los talleres						
5.Logro de los objetivos propuestos						
6.La metodología utilizada dentro del curso le permite identificar mejoras a realizar en el diseño de este servicio						
SOBRE LA LOGÍSTICA DEL CURSO						
ÍTEMA EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Horario del curso						
2.Salón donde se realizó el curso						
3.Atención general recibida						
4.Entrega oportuna del material necesario						
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES						

La finalidad de contar con un formato de evaluación de capacitación es conocer que tan satisfechos quedaron los trabajadores con la capacitación brindada por el capacitador y pagada por la organización.

La tabla 25 muestra el formato de las capacitaciones propuestas para los trabajadores de la empresa, en el cual se detallará el objetivo, el programa, los casos prácticos y la metodología que se empleará en la capacitación.

Tabla 25

Formato de capacitaciones para los trabajadores en Trapani Cultivares del Perú

Ficha de Capacitación: Procedimientos para la adecuada reparación de maquinas	
Objetivo	
Los trabajadores aprenderán sobre la reparación de maquinaria, la importancia del TPM, los beneficios del TPM y los procedimientos para el diagnóstico de fallos en las maquinarias, lo cual permitirá incrementar la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú	
De interés para	Duración
Trabajadores que realizan actividades operativas en la empresa	8 horas
Preparación Necesaria	Composición del grupo
Estudios técnicos	Cinco trabajadores con conocimientos homogéneos
Programa	
Tema 1: Diagnóstico de falla en las máquinas	
Tema 2: Trabajos correctivos a las máquinas	
Tema 3: Importancia y beneficios del TPM	
Tema 4: Trabajos preventivos a las máquinas	
Tema 5: Operatividad de las máquinas	
Tema 6: Casos específicos	
Prácticas	
-Ejercicios para reconocer la adecuada técnica de solución para la reparación de máquinas	
-Videos de reparación de máquinas y de los beneficios de mantener operativas las máquinas	
-Dinámica de grupo: resolución de un caso propuesto con tiempo límite	
Metodología	
Las metodologías a utilizar son Receptivas y Participativas.	
Respecto a la metodología Receptiva se utilizará la técnica Conferencia.	
Respecto a la metodología Participativa se utilizará la técnica estudio de casos.	
La conferencia será exposición teórica por parte de los ponentes, con ayuda de ecran y proyector.	

La finalidad de contar con un formato de capacitación para los trabajadores de la empresa es conocer los temas tratados en la capacitación, la metodología que se empleó y el objetivo que se buscó con la realización de esa capacitación.

La tabla 26 muestra el cronograma para la capacitación elaborado para la empresa Trapani Cultivares del Perú., el cual fue construido en base a los temas que permitan aumentar la operatividad de las máquinas en la empresa.

Tabla 26

Formato de capacitaciones para los trabajadores en la empresa Trapani Cultivares del Perú

TEMA	CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES																								
	TOTAL	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Identificación y análisis de los equipos		X	X											X	X										
Capacitación de las actividades de inspección				X	X									X	X										
Capacitación de las actividades de lubricación						X	X										X	X							
Capacitación de las actividades de calibración								X	X										X	X					
Capacitación de las actividades de limpieza										X	X										X	X			
Capacitación de las actividades de mantenimiento eléctrico												X	X										X	X	

La finalidad de contar con un cronograma de capacitación es planificar futuras capacitaciones y tener mapeado cuando se darán las capacitaciones para informar con anticipación a los trabajadores para que puedan asistir.

Culminadas las capacitaciones, se realizarán actividades de campo con la finalidad de tener un conocimiento mayor acerca de lo que trata el tema de mantenimiento productivo total.

3.2.3.5. Mantenimiento autónomo.

Luego de haber analizados las máquinas más críticas por medio del método AMFE e identificar las fallas y posibles acciones preventivas, se procedió a realizar un check list como parte del mantenimiento autónomo que permita a los trabajadores realizar acciones preventivas para evitar fallas en las máquinas y además la intervención por parte del área de mantenimiento. A continuación, se muestra el check list propuesto.

Tabla 27

Formato de check list de mantenimiento autónomo en Trapani Cultivares del Perú

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				
OPERARIO:			Fecha:	
MÁQUINA:				
Mantenimiento programado				
Actividades de mantenimiento	Descripción general del trabajo	Hora		Observaciones
		Inicio	Fin	
Inspección				
Lubricación				
Calibración				
Limpieza				
Mantenimiento eléctrico				
Mantenimiento no programado				
Actividades de mantenimiento	Descripción general del trabajo	Hora		Observaciones
		Inicio	Fin	
Inspección				
Lubricación				
Calibración				
Limpieza				
Mantenimiento eléctrico				

El check list de mantenimiento, permitirá que los trabajadores antes de iniciar su jornada de trabajo puedan identificar si la máquina requiere acciones preventivas y además de facilitar la información si la acción a tomar se programa o no.

Con lo analizado anteriormente, se evidenció la necesidad de tener un cronograma de actividades para efectuar el mantenimiento de las máquinas con un grado mayor de criticidad en la empresa y de esta manera incrementar la operatividad de las mismas. Se detallará a continuación cada una de las actividades de mantenimiento propuestas.

- Inspección: para verificar el correcto funcionamiento de la máquina por medio de verificaciones de inspección, para ello es necesario tener en cuenta las partes y piezas del motor principal, la caja de engranajes, cilindros hidráulicos, tren de rodamiento y rriper.
- Lubricación: las partes de las máquinas que necesitan ser lubricadas son los filtros de entrada a la bomba de combustible, de aceite, la válvula de descarga, el filtro de aceite y el control de presión.
- Calibración: al calibrar es necesario considerar a las piezas que contiene el motor principal, la caja de engranajes, los cilindros hidráulicos, tren de rodamiento y rriper.
- Limpieza: la limpieza de la máquina es muy importante ya que esto permitirá un mejor funcionamiento, para ello se debe de considerar la limpieza externa e interna de las máquinas.
- Mantenimiento Eléctrico: se debe efectuar en las partes que existan resistencias eléctricas, cables y circuitos.

Se muestra a continuación el cronograma para las actividades de inspección, de lubricación, limpieza, calibración y mantenimiento eléctrico para la máquina retroexcavadora – 01.

Tabla 28

Cronograma de actividades de inspección para la máquina retroexcavadora – 01

INSPECCIÓN					
Elementos de la retroexcavadora - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Inspección del motor				X
	Inspección del sistema de bandas de polea			X	
Caja de engranajes	Inspección de rodamientos, retenedores y piñones		X		
	Inspección del filtro			X	
Cilindros hidráulicos	Inspección del pistón		X		
	Inspección del vástago		X		
Tren de rodamiento	Inspección de rodillos	X			
	Inspección de rueda tensora	X			
Rriper	Inspección de la caña del vástago		X		
	Inspección del diente del rriper	X			

Tabla 29

Cronograma de actividades de lubricación para la máquina retroexcavadora – 01

LUBRICACIÓN					
Elementos de la retroexcavadora	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Caja de engranajes	Cambio de aceite para la bomba de lubricación		X		
Cilindros hidráulicos	Lubricación de partes móviles		X		
Tren de rodamiento	Lubricación de rodillos		X		
	Lubricación de rueda tensora		X		
Rriper	Lubricación de partes móviles		X		

Tabla 30

Cronograma de actividades para la calibración para la máquina retroexcavadora – 01

CALIBRACIÓN					
Elementos de la retroexcavadora - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Calibración del sistema de bandas de polea			X	
Caja de engranajes	Calibración rodamientos, retenedores y piñones		X		
Cilindros hidráulicos	Calibración del pistón		X		
Tren de rodamiento	Calibración de rodillos		X		
	Calibración de rueda tensora		X		
Rriper	Calibración de vástago de rriper		X		

Tabla 31

Cronograma de actividades de limpieza para la máquina retroexcavadora – 01

LIMPIEZA					
Elementos de la retroexcavadora - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Limpieza de ventiladores				X
	Limpieza general del motor			X	
Caja de engranajes	Limpieza general de caja de cambio y aceite		X		
	Limpieza general del túnel y husillo			X	
Cilindros hidráulicos	Limpieza del pistón		X		
	Limpieza del vástago		X		
Tren de rodamiento	Limpieza de rodillos	X			
	Limpieza de rueda tensora	X			
Rriper	Limpieza de la caña del vástago		X		
	Limpieza del diente del rriper	X			

Tabla 32

Cronograma de actividades para el mantenimiento eléctrico para la máquina

retroexcavadora – 01

		MANTENIMIENTO ELÉCTRICO			
Elementos de la retroexcavadora - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Control del motor				X
Panel de control	Control y calibración electrónica de velocidad		X		
	Control de terminales de conexión		X		
Cilindros hidráulicos	Control de terminales de conexión		X		
	Control de resistencias eléctricas		X		
Tren de rodamiento	Control de terminales de conexión		X		
	Control de motor de rodillo				X
Rriper	Control del motor del vástago		X		

Luego de realizar el cronograma de actividades de la máquina retroexcavadora – 01, se procedió a realizar el cronograma de actividades de inspección, lubricación, calibración, limpieza y mantenimiento eléctrico para la máquina tractor oruga D8T – 01.

Tabla 33

Cronograma de actividades de inspección para la máquina tractor oruga D8T – 01

INSPECCIÓN					
Elementos del tractor oruga D8T - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Inspección del motor				X
	Inspección del sistema de bandas de polea			X	
Caja de engranajes	Inspección de rodamientos, retenedores y piñones		X		
	Inspección del filtro			X	
Cilindros hidráulicos	Inspección del pistón		X		
	Inspección del vástago		X		
Tren de rodamiento	Inspección de rodillos	X			
	Inspección de rueda tensora	X			
Hoja topadora	Inspección de la dureza de la hoja		X		
	Inspección del funcionamiento correcto de la hoja	X			

Tabla 34

Cronograma de actividades de lubricación para la máquina tractor oruga D8T – 01

LUBRICACIÓN					
Elementos del tractor oruga D8T - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Caja de engranajes	Cambio de aceite para la bomba de lubricación		X		
Cilindros hidráulicos	Lubricación de partes móviles		X		
Tren de rodamiento	Lubricación de rodillos		X		
	Lubricación de rueda tensora		X		
Hoja topadora	Lubricación de partes móviles		X		

Tabla 35

Cronograma de actividades de calibración para la máquina tractor oruga D8T – 01

CALIBRACIÓN					
Elementos del tractor oruga D8T - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Calibración del sistema de bandas de polea			X	
Caja de engranajes	Calibración rodamientos, retenedores y piñones		X		
Cilindros hidráulicos	Calibración del pistón		X		
Tren de rodamiento	Calibración de rodillos		X		
	Calibración de rueda tensora		X		
Hoja topadora	Calibración de la dirección de la hoja		X		

Tabla 36

Cronograma de actividades de limpieza para la máquina tractor oruga D8T – 01

		LIMPIEZA			
Elementos del tractor oruga D8T - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Limpieza de ventiladores				X
	Limpieza general del motor			X	
Caja de engranajes	Limpieza general de caja de cambio y aceite		X		
	Limpieza general del túnel y husillo			X	
Cilindros hidráulicos	Limpieza del pistón		X		
	Limpieza del vástago		X		
Tren de rodamiento	Limpieza de rodillos	X			
	Limpieza de rueda tensora	X			
Hoja topadora	Limpieza de la hoja		X		

Tabla 37

Cronograma de actividades de mantenimiento eléctrico para la máquina tractor oruga

D8T – 01

		MANTENIMIENTO ELÉCTRICO			
Elementos del tractor oruga D8T - 01	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Control del motor				X
Panel de control	Control y calibración electrónica de velocidad		X		
	Control de terminales de conexión		X		
Cilindros hidráulicos	Control de terminales de conexión		X		
	Control de resistencias eléctricas		X		
Tren de rodamiento	Control de terminales de conexión		X		
	Control de motor de rodillo				X
Hoja topadora	Control de la transmisión para el direccionamiento de la hoja		X		

Finalmente, se procedió a realizar el cronograma de actividades de inspección, lubricación, calibración, limpieza y mantenimiento eléctrico para la máquina tractor – 03.

Tabla 38

Cronograma de actividades de inspección para la máquina tractor – 03

INSPECCIÓN					
Elementos de tractor - 03	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Inspección del motor				X
	Inspección del sistema de bandas de polea			X	
Caja de engranajes	Inspección de rodamientos, retenedores y piñones		X		
	Inspección del filtro			X	
Cilindros hidráulicos	Inspección del pistón		X		
	Inspección del vástago		X		
Tren de rodamiento	Inspección de rodillos	X			
	Inspección de rueda tensora	X			
Rriper	Inspección de la caña del vástago		X		
	Inspección del diente del rriper	X			

Tabla 39

Cronograma de actividades de lubricación para la máquina tractor – 03

LUBRICACIÓN					
Elementos de tractor - 03	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Caja de engranajes	Cambio de aceite para la bomba de lubricación		X		
Cilindros hidráulicos	Lubricación de partes móviles		X		
Tren de rodamiento	Lubricación de rodillos		X		
	Lubricación de rueda tensora		X		
Rriper	Lubricación de partes móviles		X		

Tabla 40
Cronograma de actividades de calibración para la máquina tractor – 03

CALIBRACIÓN					
Elementos de tractor - 03	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Calibración del sistema de bandas de polea			X	
Caja de engranajes	Calibración rodamientos, retenedores y piñones		X		
Cilindros hidráulicos	Calibración del pistón		X		
Tren de rodamiento	Calibración de rodillos		X		
	Calibración de rueda tensora		X		
Rriper	Calibración de vástago de rriper		X		

Tabla 41
Cronograma de actividades de limpieza para la máquina tractor – 03

LIMPIEZA					
Elementos de tractor - 03	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Limpieza de ventiladores				X
	Limpieza general del motor			X	
Caja de engranajes	Limpieza general de caja de cambio y aceite		X		
	Limpieza general del túnel y husillo			X	
Cilindros hidráulicos	Limpieza del pistón		X		
	Limpieza del vástago		X		
Tren de rodamiento	Limpieza de rodillos	X			
	Limpieza de rueda tensora	X			
Rriper	Limpieza de la caña del vástago		X		
	Limpieza del diente del rriper	X			

Tabla 42

Cronograma de actividades para el mantenimiento eléctrico de la máquina tractor – 03

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO					
Elementos de tractor - 03	Descripción de la inspección	Periodo de la actividad			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Control del motor				X
Panel de control	Control y calibración electrónica de velocidad		X		
	Control de terminales de conexión		X		
Cilindros hidráulicos	Control de terminales de conexión		X		
	Control de resistencias eléctricas		X		
Tren de rodamiento	Control de terminales de conexión		X		
	Control de motor de rodillo				X
Rriper	Control del motor del vástago		X		

3.2.3.6. Metodología 5s.

En logro de la detección de anomalías dentro de la organización, se planteó el desarrollo de la metodología 5s para lograr estabilizar, mejorar y mantener la limpieza y el orden dentro de la compañía Trapani Cultivares del Perú. Además, se incluyó un cronograma de actividades a desarrollar para cada una de las etapas y formatos para la auditoría interna.

Seiri – Clasificación

En esta etapa se distinguirá los elementos necesarios e innecesarios, por lo cual se siguió los pasos siguientes:

- Separación de los elementos innecesarios.
- Enlistar los elementos que sean innecesarios.
- Determinar reuniones para efectuar la toma de acuerdos y decisiones.
- Identificar y retirar los elementos que sean innecesarios

Seiton – Orden

En esta etapa se comenzará a demarcar cada uno de los elementos dentro del puesto de trabajo, así como también los elementos de limpieza. Es así que se deberá seguir con los pasos siguientes:

- Definir los lugares de almacenamiento
- Determinar el lugar de cada cosa
- Identificar cada zona de almacenamiento, herramientas y documentos con la misma denominación.
- Mantener limpio y ordenado las zonas de almacenamiento

Seiso – Limpieza

Para realizar la limpieza se deberá considerar lo siguiente:

- Realizar la limpieza de cada área de trabajo antes de comenzar la hora de trabajo
- Planificar el mantenimiento constante de la limpieza en cada área de trabajo de la empresa
- Preparar los elementos necesarios para realizar la limpieza
- Implementar la limpieza en cada zona de la empresa
- Establecer procedimientos de prevención que eviten que el área se ensucie durante la jornada de trabajo

Seiketsu – Estandarización

Esto se da a consecuencia de la aplicación de las 3 primeras “S”, estas son:

- Clasificar, ordenar y limpiar
- Cambiar la mentalidad de los trabajadores respecto a su estación de trabajo

- Establecer controles visuales mediante imágenes y gráficas que den a conocer y recordar las normas establecidas en cada estación de trabajo

Shitsuke – Disciplina

Cumpliendo con las normas y reglas de la aplicación de la metodología 5's, se evidenciará el estado del orden y limpieza en la empresa Trapani Cultivares del Perú por medio de las auditorías internas que se realizarán semanalmente hasta lograr la estandarización de la herramienta. A partir de ese momento, las auditorías se harán mensualmente.

Aparte de la aplicación de las etapas de las 5's, todo personal de la empresa Trapani Cultivares del Perú deberá utilizar los elementos de protección personal (EPP) adecuados para efectuar las tareas de mantenimiento. Dentro de los EPP que se necesiten para efectuar el mantenimiento a las máquinas de la empresa se encuentran los siguientes:

- Casco: EPP para proteger la cabeza de caídas y golpes de algún objeto.
- Guantes de cuero: EPP para proteger las manos durante el mantenimiento de máquinas para evitar riesgos mecánicos.
- Protector auditivo: EPP para proteger la cavidad auditiva de los trabajadores.
- Zapato de seguridad: EPP para proteger los dedos de los pies ante la caída de algún objeto.
- Lentes: EPP para proteger la vista del trabajador y evitar el ingreso de polvo, productos químicos o agua en los ojos.

Para controlar la seguridad y salud, se desarrollaron diferentes formatos para el almacenamiento correcto de las herramientas y piezas para el mantenimiento de las

máquinas, para la identificación de las máquinas en desuso y el cronograma de actividades para cada etapa de la metodología 5s.

Tabla 43

Plan de implementación de la metodología 5s en el proceso de averías de las máquinas de Trapani Cultivares del Perú

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE 5 S																											
PROCESO DE AVERÍAS				Área:				Mantenimiento				Encargado:				Jefe de Mantenimiento											
Programa 5S en el área de mantenimiento para el almacenamiento de pieza y herramientas				Fecha:				01/01/2022																			
				Meses – 2022																							
N°	Operación	Encargado	Estatus	Enero				Febrero				Marzo				Abril											
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Establecer áreas de almacenaje de piezas	Jefe de Mantto	Programado																								
	Establecer áreas de almacenaje de herramientas	Jefe de Mantto	Ejecutado																								
3	Verificar lo establecido el cumplimiento del instructivo de 5S.	Supervisor de Mantto	Programado																								
			Ejecutado																								

La finalidad de elaborar este plan de implementación de las 5s es poder controlar el estatus de cada operación de la implementación durante el periodo de tiempo determinado para su ejecución.

Tabla 44

Implementación de tarjeta roja para el área de mantenimiento de máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú

EMPRESA TRAPANI CULTIVARES DEL PERÚ		Folio: N°
TARJETA ROJA		
	Número de etiqueta	
Nombre del artículo	Fecha de la etiqueta	Etiquetado por:
Clasificación		
Materiales	Insumos	
Herramientas	Inventario	
Equipos	Otros	
Cantidad:	Área:	
Razón		
Innecesario	Desconocido	
Defectuoso	Material que sobra	
Otros		
Disposición		
1) Desechar		
2) Vender		
3) Otros		
Acción tomada		
Describir acción tomada	Firma de autorización:	
	Fecha:	

Tabla 45

Implementación de tarjeta amarilla para el área de mantenimiento de máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú

EMPRESA TRAPANI CULTIVARES DEL PERÚ		Folio:	N°
TARJETA ROJA			
		Número de etiqueta	
Nombre del artículo		Fecha de la etiqueta	Etiquetado por:
Clasificación			
	Materiales	Insumos	
	Herramientas	Inventario	
	Equipos	Otros	
Cantidad:		Área:	
Razón			
	Innecesario	Desconocido	
	Defectuoso	Material que sobra	
	Otros		
Disposición			
	1) Desechar		
	2) Vender		
	3) Otros		
Acción tomada			
Describir acción tomada		Firma de autorización:	
		Fecha:	

La propuesta de utilizar un cronograma de inspección en el área de mantenimiento con la metodología 5s radicó en poder inspeccionar cada una de las etapas a fin de lograr que el personal encargado del mantenimiento tenga claro la utilización de esta herramienta de ingeniería y poder estandarizar el trabajo para lograr una mejor gestión.

3.2.3.7. Sistema de indicadores de gestión.

Para lograr medir y controlar la gestión del área de mantenimiento de la organización Trapani Cultivares del Perú, se planteó crear un dashboard de indicadores semaforizados.

Tabla 47

Dashboard de indicadores para el área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú




Indicadores de Mantenimiento						
Descripción	Responsable	Plazo	Valor actual	Peso	Meta	Cumplimiento
● IO1. Costo de mantenimiento en la facturación (CMF)	MANTTO	30-dic	8 %	30%	5 %	62,50%
● IO2. Costo de mantenimiento en la producida (CMUP)	MANTTO	30-dic	S/ 25.81 / ton	30%	S/ 15.00 / ton	58.12%
● IO3. Costo de mantenimiento sobre el valor de reemplazo (CPMV)	MANTTO	30-dic	10%	20%	6%	60%
● IO4. Backlog	MANTTO	30-dic	8 semanas	20%	2 semanas	25%
				100%		53,19%

Para la elaboración del dashboard de indicadores del área de mantenimiento de Trapani Cultivares del Perú se utilizó la información del área y se aplicó los indicadores de

semaforización para determinar la criticidad de los indicadores de costo de mantenimiento en la facturación, costo del mantenimiento en la unidad producida, costo del mantenimiento sobre el valor de reemplazo y el Backlog con el fin de que la empresa controle adecuadamente los indicadores de mantenimiento. Por otra parte, se utilizaron los criterios del estado de cada indicador descrito en la tabla 48.

Tabla 48

Leyenda del dashboard de indicadores del área de mantenimiento en la empresa Trapani Cultivares del Perú

Estado	Descripción
	Favorable .- Cumple la meta
	Alerta - zona de riesgo
	Desfavorable - no cumple meta
Resp.	Responsable
Plazo	Es el período en el que tiene contemplado mantener la meta.
Valor	Es el valor obtenido en la fecha de evaluación.
Meta	Es el valor al que se quiere llegar en el período
Cumplimiento	Es el porcentaje de avance en función al valor actual obtenido.

3.2.4 Fase 4 - Estabilización

3.2.4.1. Análisis y comparación de los nuevos valores de los indicadores.

Para analizar y efectuar la comparación de los nuevos valores de los indicadores después de implementar la propuesta del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú, se tomó como referencia el estudio realizado por Castillo y Marcelo (2020), en cuya investigación se incrementó las horas operativas en un 1,63%, se redujo el número de fallas en un 40,30%, se redujo el número de horas inoperativas en un 30,95% y se redujo el número de las horas de mantenimiento en un 34,85%. Tomando como base la mejora obtenida por estos autores, se estimó la mejora de las horas operativas de cada máquina, el número de fallas de cada máquina, las horas inoperativas de cada máquina y las horas de mantenimiento de cada máquina. Además, se estimó que la producción de la empresa se incrementaría de 1700 toneladas / mes a 1913 toneladas / mes puesto que el número de fallas y horas de mantenimiento se reducirían y por ende la producción aumentaría. La información de cada una de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú se detalló en la siguiente tabla.

Tabla 49

Resumen de la información del mantenimiento de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú después de implementado el plan de mantenimiento productivo total

Máquina	Horas operativas	Nº Fallas	Horas inoperativas	Horas de mantenimiento
TRA-01	12,521.41	1,157.01	1,289.46	2,433.41
TRA-02	24,489.13	913.43	3,434.29	8,101.27
TRA-03	12,429.94	1,279.40	1,256.80	3,557.66
TRA-04	24,859.88	1,279.40	945.75	3,123.33
TRA-05	24,859.88	1,289.55	2,339.89	3,311.78

RETRO-01	12,429.94	628.66	791.01	1,492.75
D8T-01	12,244.57	371.34	543.96	898.21
Total	123,834.75	6,918.81	10,601.16	22,918.41

Después de estimar el incremento de las horas operativas de las máquinas y la disminución de la cantidad de fallas, horas inoperativas y horas de mantenimiento de las máquinas de la empresa Trapani Cultivares del Perú, se procedió a proyectar el incremento de los indicadores de desempeño, disponibilidad y calidad.

3.3. Operatividad de las máquinas después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total

Para estimar la mejora de la efectividad global de los equipos se tomó de referencia los estudios realizados por Canahua (2021) en cuya investigación se determinó que la disponibilidad se incrementó en un 8,74%, el desempeño se incrementó en un 11,73% y la calidad se incrementó en un 9,33%. Mientras que en la investigación realizada por Seminario (2018) se determinó que la disponibilidad se incrementó en un 9,22%, el desempeño se incrementó en un 13,38% y la calidad se incrementó en un 7,12%. Tomando como referencias las mejoras evidenciadas en estas dos investigaciones, se estimó la mejorar para los indicadores de disponibilidad, desempeño y calidad en la empresa Trapani Cultivares del Perú. A continuación, se muestra el cálculo de los tres indicadores.

3.3.1 Disponibilidad después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total

Para calcular esta disponibilidad, se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 96.45\%$$

Como se observa, el nuevo valor del indicador de disponibilidad sería de 96,45%.

3.3.2 Desempeño posterior a la propuesta del plan de mantenimiento productivo total

Para calcular el desempeño de las máquinas se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{Resultados alcanzados}}{\text{Resultado previsto}} \times 100$$

$$\text{Desempeño} = 95.65\%$$

Como se observa, el nuevo valor del indicador de desempeño sería de 95,65%.

3.3.3 Calidad después de la propuesta del plan de mantenimiento productivo total

En el cálculo de la calidad de las máquinas se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades fabricadas} - \text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades fabricadas}} \times 100$$

$$\text{Calidad} = 96.88\%$$

Como se observa, el nuevo indicador de calidad del producto sería de 96.88%.

3.3.4 Diferencia de indicadores de la variable operatividad

La tabla 50 muestra el resumen de la diferencia de los valores de los indicadores dependientes de la investigación.

Tabla 50

Diferencia de resultados de los indicadores de disponibilidad, desempeño y calidad en la empresa Trapani Cultivares del Perú

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR ACTUAL	VALOR MEJORADO	DIFERENCIA	INTERPRETACIÓN
		Disponibilidad	88.55%	96.45%	8.92%	La disponibilidad se incrementaría en un 8.92%, reduciendo las horas de parada u horas muertas
Variable dependiente:	Efectividad global de los equipos	Desempeño	85%	95.65%	12.53%	El desempeño se incrementaría en un 12.53%, reduciendo los productos fuera de especificación
Operatividad		Calidad	96.18%	96.88%	0.73%	La calidad se incrementaría en un 0.73%, reduciendo las unidades defectuosas

3.4. Evaluación económica financiera del plan de mantenimiento productivo total

3.4.1 Inversión

Para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la compañía Trapani Cultivares del Perú, se efectuó una inversión con un presupuesto considerando los activos tangibles e intangibles y el personal necesario para ello, a continuación, en la tabla 51, 52, 53, 54, 55, 56 y 57 se muestran estas inversiones.

Tabla 51

Inversión en la contratación de personal para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

CONTRATACIÓN		Remuneración (S./MES)
1	Operario de mantenimiento calificado	S/. 1,200.00
1	Técnico de mantenimiento	S/. 1,500.00
1	Personal de limpieza	S/. 930.00
1	Asistente de Ing. Industrial	S/. 2,000.00
1	Operario para codificación	S/. 1,000.00
1	Operario para aplicación de 5's	S/. 1,000.00
TOTAL (S./MES)		S/. 7,630.00
TOTAL (S./AÑO)		S/. 91,560.00

Se observa en la tabla 51, la inversión para contratar personal requerido para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 91 560.

Tabla 52

Inversión en útiles de escritorio para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

ÚTILES DE ESCRITORIO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
2	Papel Bond A4 De 50gr Atlas (Millar)	S/. 26.00	S/. 52.00
2	Plumones (cajas)	S/. 10.00	S/. 20.00
2	Lapiceros (caja)	S/. 5.00	S/. 10.00
3	Archivadores (unidad)	S/. 5.00	S/. 15.00
2	Motas (unidad)	S/. 4.50	S/. 9.00
2	Pizarras acrílicas (unidad)	S/. 35.00	S/. 70.00
4	Tinta de impresora (unidad)	S/. 20.00	S/. 80.00
1	Engrapador (unidad)	S/. 12.00	S/. 12.00
2	Grapas (caja)	S/. 6.00	S/. 12.00
TOTAL (S/.)			S/. 280.00

Se observa en la tabla 52, la inversión en los útiles de escritorio requerido para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 280

Tabla 53

Inversión en equipos de oficina para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

EQUIPOS DE OFICINA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Laptop HP 15,6" Intel Core i5 HD 4 GB 1 TB (unidad)	S/. 2,499.00	S/. 2,499.00
1	Escritorio (unidad)	S/. 800.00	S/. 800.00
1	Mouse (unidad)	S/. 75.00	S/. 75.00
1	Impresora Epson - Multifuncional Wi-Fi Direct EcoTank L575 (unidad)	S/. 850.00	S/. 850.00
1	Cámara fotográfica (unidad)	S/. 250.00	S/. 250.00
2	Memoria USB de 32 Gb (unidad)	S/. 30.00	S/. 60.00
TOTAL (S/.)			S/. 4,534.00

Se observa en la tabla 53, la inversión en equipos de oficina requerido para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 4 534.

Tabla 54

Inversión en materiales de implementación para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
25	Etiquetas de señalización (unidad)	S/. 10.00	S/. 250.00
20	Aceite sin detergente (Litros)	S/. 200.00	S/. 4,000.00
20	Grasa (Kilos)	S/. 25.00	S/. 500.00
10	Escobillón (unidad)	S/. 5.00	S/. 50.00
5	Escobas (unidad)	S/. 10.00	S/. 50.00
5	Recogedor (unidad)	S/. 5.00	S/. 25.00
10	Cascos (unidad)	S/. 50.00	S/. 500.00
20	Guantes de cuero (unidad)	S/. 15.00	S/. 300.00
10	Protectores de oído (unidad)	S/. 40.00	S/. 400.00
20	Zapatos de seguridad (unidad)	S/. 100.00	S/. 2,000.00
10	Lentes de seguridad (unidad)	S/. 10.00	S/. 100.00
5	Tachos de basura señalizadas (unidad)	S/. 75.00	S/. 375.00
TOTAL (S/.)			S/. 8,550.00

Se observa en la tabla 54, la inversión en materiales de implementación requerido para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 8 550.

Tabla 55

Inversión en equipos de implementación para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Equipo móvil de engrase (unidad)	S/. 600.00	S/. 600.00
1	Estante de madera (unidad)	S/. 400.00	S/. 400.00
TOTAL (S/.)			S/. 1,000.00

Se observa en la tabla 55, la inversión en equipos de implementación requerido para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 1 000.

Tabla 56

Inversión en capacitación al personal para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

GASTOS DE CAPACITACIÓN			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
2	Capacitación en metodología 5s	S/. 650.00	S/. 1,300.00
2	Capacitación en sistema de indicadores de gestión	S/. 450.00	S/. 900.00
2	Capacitación en TPM	S/. 650.00	S/. 1,300.00
TOTAL (S/.)			S/. 3,500.00

Se observa en la tabla 56, la inversión en capacitación al personal requerido para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 3 500.

Tabla 57

Inversión total para la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

TOTAL INVERSIONES ACTIVOS TANGIBLES E INTANGIBLES	TOTAL (S//AÑO)
INVERSIÓN EN ÚTILES DE ESCRITORIO	S/280.00
INVERSIÓN EN EQUIPOS DE OFICINA	S/4,534.00
INVERSIÓN EN MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN	S/8,550.00
INVERSIÓN EN EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN	S/1,000.00
INVERSIÓN EN CAPACITACIONES	S/3,500.00
TOTAL INVERSIÓN ACTIVOS TANGIBLES E INTANGIBLES (S/.)	S/17,864.00
INVERSIÓN EN CONTRATACIÓN DE PERSONAL	S/91,560.00
TOTAL INVERSIÓN (S/)	S/109,424.00

Se observa en la tabla 57, la inversión total requerida para implementar el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 109 424.

3.4.2 Ingresos proyectados

Para proyectar los ingresos tras la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú, se analizó los costos del mantenimiento antes y después, la tabla 58 muestra los ingresos proyectados en relación al beneficio que se obtendría por la reducción del costo de mantenimiento.

Tabla 58

Ingresos proyectados para los siguientes cinco años en la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Máquina	Costo del mantenimiento		Ingresos proyectado
	Antes	Costo del mantenimiento Después	
TRA-01	75,577.25	57,740.25	17,837.00
TRA-02	178,616.15	119,233.50	59,382.65
TRA-03	83,994.51	57,916.67	26,077.84
TRA-04	66,497.04	43,602.88	22,894.16
TRA-05	71,492.38	47,216.86	24,275.51
RETRO-01	31,398.60	20,456.67	10,941.94
D8T-01	18,893.02	12,309.09	6,583.93
Total	526,468.96	358,475.92	167,993.04

Como se observa en la tabla 58, los ingresos proyectados para los siguientes cinco años posterior a la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 167 993,04.

3.4.3 Costos proyectados

Para proyectar los costos tras la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú, se consideraron los materiales para la implementación, los gastos en capacitación y los gastos en contratación de personal, la tabla 59 muestra los costos proyectados.

Tabla 59

Costos proyectados para los siguientes cinco años en la empresa Trapani Cultivares del Perú.

Rubro	Costos proyectados
Materiales de implementación	8,550.00
Gasto de contratación	91,560.00
Gasto de capacitación	3,500.00
Total	103,610.00

Como se observa en la tabla 59, los costos proyectados para los siguientes cinco años posterior a la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería de S/ 103 610.

3.4.4 Flujo de caja proyectado

Para esta etapa se detalló la inversión para todas las causas raíces determinadas en la matriz de indicadores en la tabla 60 y como se observa en la tabla 61, la implementación del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú sería factible, ya que se obtendría un TIR del 52,76%, lo que indica que los costos de implementación generarían flujos de caja positivos para la organización, por otro lado el actual valor actual de estos flujos ascendería a S/ 161 862,14, considerándose el ahorro y los egresos que incurre la empresa, además el periodo de recupero de la inversión será de 2,02 años y se generaría un B/C de S/ 2,48. Esto indica que por cada sol que se invierte en la implementación del plan de mantenimiento productivo total se lograría un beneficio económico de S/ 2,48. Por otra parte, se usó una tasa anual de 6,69%, cuyo cálculo fue a través del CAPM, empleando los datos de la tasa libre de riesgo de 2,17%, riesgo país de 1,66%, un beta apalancado de 0,89 y una rentabilidad de mercado de 5,37%.

Tabla 60

Inversión por cada causa raíz en la empresa Trapani Cultivares del Perú

CR2 y CR3: SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
2	Capacitaciones en sistema de indicadores de gestión	S/. 450.00	S/. 900.00
1	Papel Bond A4 De 50gr Atlas (Millar)	S/. 26.00	S/. 26.00
1	Engrapador (unidad)	S/. 12.00	S/. 12.00
2	Lapiceros (caja)	S/. 5.00	S/. 10.00
2	Grapas (caja)	S/. 6.00	S/. 12.00
TOTAL (S/.)			S/. 960.00
CR4: PROGRAMA DE CAPACITACIÓN			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
2	Capacitación en planificación de materiales	S/. 800.00	S/. 1,600.00
1	Papel Bond A4 De 50gr Atlas (Millar)	S/. 26.00	S/. 26.00
2	Pizarras acrílicas (unidad)	S/. 35.00	S/. 70.00
1	Plumones (cajas)	S/. 10.00	S/. 10.00
1	Motas (unidad)	S/. 4.50	S/. 4.50
1	Archivadores (unidad)	S/. 5.00	S/. 5.00
TOTAL (S/.)			S/. 1,715.50
CR6: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Técnico de mantenimiento	S/. 18,000.00	S/. 18,000.00
1	Asistente de Ing Industrial	S/. 24,000.00	S/. 24,000.00
2	Capacitaciones en TPM	S/. 650.00	S/. 1,300.00
1	Laptop HP 15,6" Intel Core i5 HD 4 GB 1 TB (unidad)	S/. 2,499.00	S/. 2,499.00
1	Escritorio (unidad)	S/. 800.00	S/. 800.00
1	Mouse (unidad)	S/. 75.00	S/. 75.00
1	Impresora Epson - Multifuncional Wi-Fi Direct EcoTank L575 (unidad)	S/. 850.00	S/. 850.00
4	Tinta de impresora (unidad)	S/. 20.00	S/. 20.00
1	Plumones (cajas)	S/. 10.00	S/. 10.00
1	Motas (unidad)	S/. 4.50	S/. 4.50
1	Pizarras acrílicas (unidad)	S/. 35.00	S/. 35.00
TOTAL (S/.)			S/. 47,593.50
CR7: METODOLOGÍA 5S			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Personal de limpieza	S/. 11,160.00	S/. 11,160.00
1	Operario de codificación	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00
1	Operario para aplicación de 5´s	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00
2	Capacitaciones en metodología 5´s	S/. 650.00	S/. 1,300.00
1	Cámara fotográfica (unidad)	S/. 250.00	S/. 250.00
2	Memoria USB de 32 Gb (unidad)	S/. 30.00	S/. 60.00
5	Tachos de basura señalizadas (unidad)	S/. 75.00	S/. 75.00
12	Etiquetas de señalización (unidad)	S/. 10.00	S/. 120.00
10	Escobillón (unidad)	S/. 5.00	S/. 50.00
5	Escobas (unidad)	S/. 10.00	S/. 50.00
5	Recogedor (unidad)	S/. 5.00	S/. 25.00

5	Cascos (unidad)	S/. 50.00	S/. 250.00
10	Guantes de cuero (unidad)	S/. 15.00	S/. 150.00
5	Protectores de oído (unidad)	S/. 40.00	S/. 200.00
10	Zapatos de seguridad (unidad)	S/. 100.00	S/. 1,000.00
1	Archivadores (unidad)	S/. 5.00	S/. 5.00
5	Lentes de seguridad (unidad)	S/. 10.00	S/. 50.00
TOTAL (S/.)			S/. 38,745.00
CR9: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Costo Unit (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Operario de mantenimiento calificado	S/. 14,400.00	S/. 14,400.00
1	Estante de madera	S/. 400.00	S/. 400.00
1	Equipo móvil de engrase	S/. 600.00	S/. 600.00
20	Aceite sin detergente (Litros)	S/. 200.00	S/. 4,000.00
20	Grasa (Kilos)	S/. 25.00	S/. 500.00
13	Tachos de basura señalizadas (unidad)	S/. 75.00	S/. 975.00
5	Cascos (unidad)	S/. 50.00	S/. 250.00
10	Guantes de cuero (unidad)	S/. 15.00	S/. 150.00
5	Protectores de oído (unidad)	S/. 40.00	S/. 200.00
10	Zapatos de seguridad (unidad)	S/. 100.00	S/. 1,000.00
5	Lentes de seguridad (unidad)	S/. 10.00	S/. 50.00
1	Archivadores (unidad)	S/. 5.00	S/. 5.00
TOTAL (S/.)			S/. 22,530.00

Tabla 61

Flujo de caja proyectado para los siguientes 5 años en la empresa Trapani Cultivares del Perú

AÑO	0	1	2	3	4	5
Inversión	-S/109,424					
Ingreso proyectado		167,993.04	167,993.04	167,993.04	167,993.04	167,993.04
Depreciación		1,238.80	1,238.80	1,238.80	1,238.80	1,238.80
Costo proyectado		103,610.00	103,610.00	103,610.00	103,610.00	103,610.00
Flujo Neto de Efectivo	S/. -109,424	S/. 65,621	S/. 65,621	S/. 65,621	S/. 65,621	S/. 65,621
VAN	S/. 161,862.14					
TIR	52.76%					
PRI	2.02	años				
B/C	2.48					

Por otra parte, se determinó que luego de la implementar el plan de mantenimiento productivo total, se incrementaría la operatividad de los equipos y máquinas de Trapani Cultivares del Perú de 72,39% a 89,38%. La figura 19 refleja la operatividad actual de las máquinas en la empresa, mientras que en la figura 20, se muestra la operatividad de las máquinas de la organización después de implementar el plan de mantenimiento productivo total.

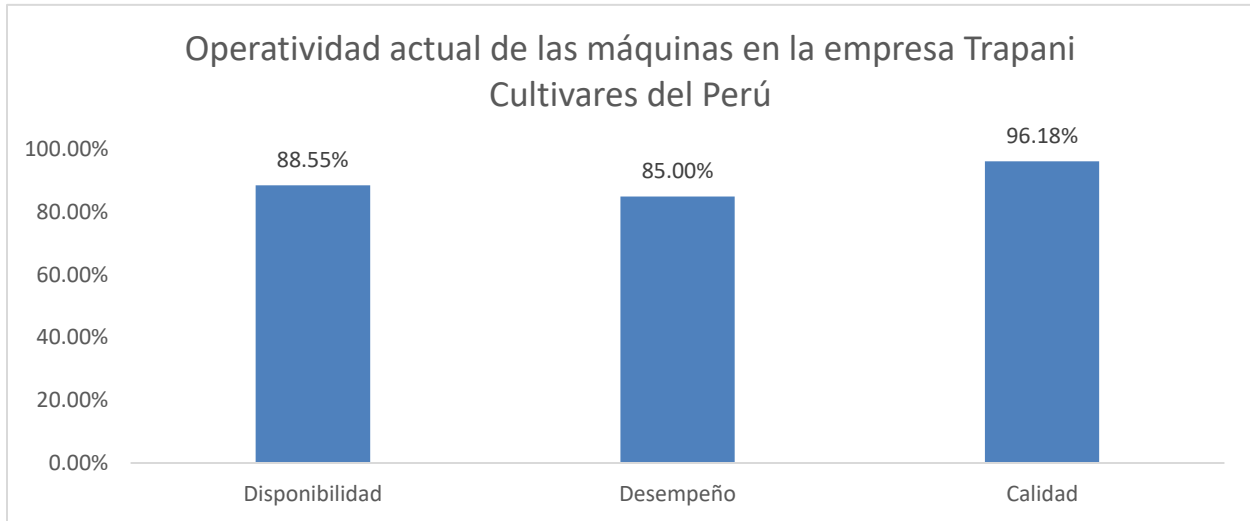


Figura 19. Operatividad actual de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú

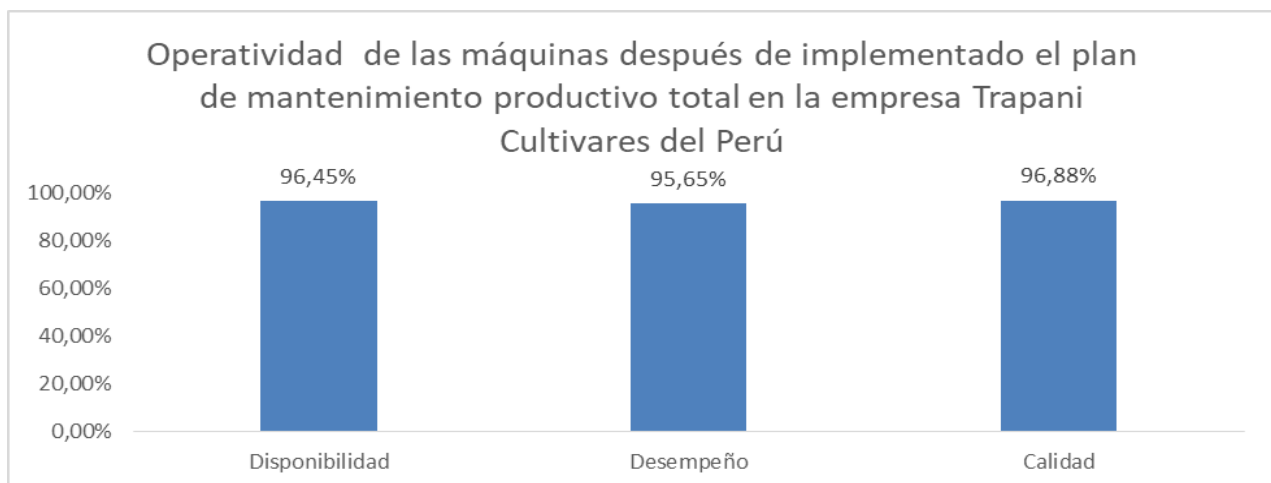


Figura 20. Operatividad de las máquinas después de implementado el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú

La figura 20 muestra el incremento de la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú. El incremento de la operatividad fue de 23,46%.

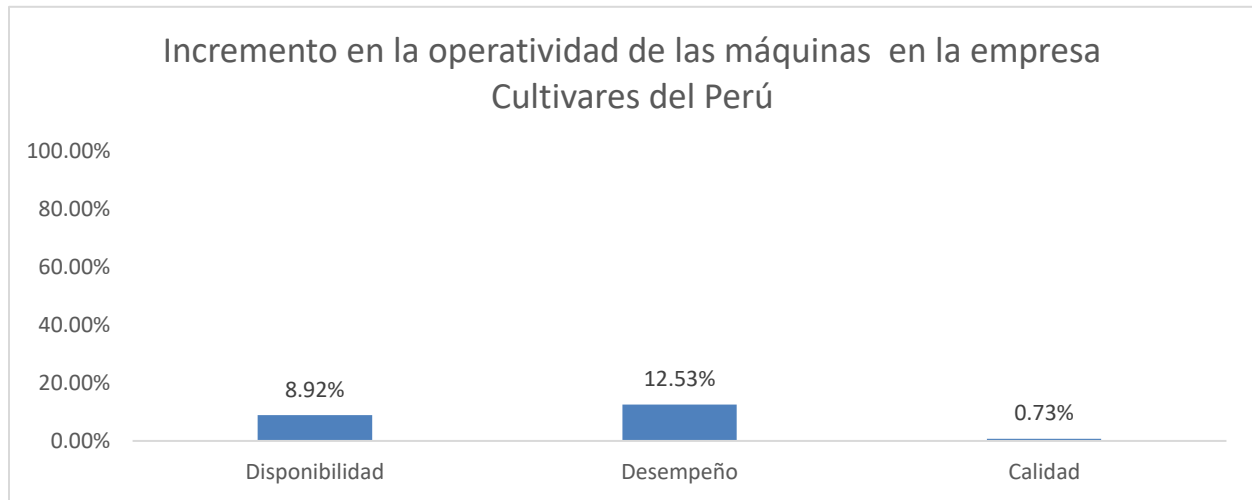


Figura 21. Incremento en la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú

En la figura 21, se muestra que la disponibilidad se incrementó en 8,92%, el desempeño se incrementó en 12,53% y la calidad se incrementó en 0,73%, por lo tanto, las máquinas de Trapani Cultivares del Perú, incrementaron su operatividad.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Con respecto al objetivo principal, diseñar un plan de mantenimiento productivo total para incrementar la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú, en la investigación se determinó que el diseño de un plan de mantenimiento productivo total si lograría incrementar la operatividad de las máquinas en 23,46% y además económicamente le generaría un beneficio a la empresa de S/ 161 862,14. Estos resultados se comparan con los obtenidos por Jurado (2017) en su investigación acerca del diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una máquina empaquetadora de cereales, en la cual la empresa analizada lograría la mejora de la operatividad de las máquinas en 17,63%, y obtendría un beneficio económico de S/ 74 586.40. Comparando los resultados obtenidos por Acosta y González (2017) en su tesis acerca de la propuesta de mantenimiento productivo total (TPM) en el proceso de sacrificio de equinos en una empresa ganadera, en la cual la empresa lograría incrementar la operatividad de las máquinas en un 13,65% y obtendría un beneficio económico de S/ 62 769.76. Esta diferencia se debió a la diferencia en el diseño de la investigación, diferencia tras aplicar las herramientas de ingeniería y a la diferencia en los problemas que aquejan a la empresa. Pero, a pesar de las diferencias en ambas investigaciones, se logró incrementar la operatividad de las máquinas.

En relación al 1er objetivo específico se tuvo diagnosticar la situación actual de la empresa Trapani Cultivares del Perú y determinar la operatividad actual de las máquinas. En la investigación se determinó que los problemas en la empresa están relacionados a que no existen herramientas de control, falta de indicadores de gestión, de capacitación al personal, inexistencia de mantenimiento productivo total, falta de orden y limpieza y falta de mantenimiento autónomo. Además se determinó que la disponibilidad, desempeño y calidad inicial de las máquinas fueron

88,55%, 85% y 96,18% respectivamente. Los resultados obtenidos se comparan con los obtenidos por Hernández y Malaver (2020) en su tesis sobre el diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas en una empresa de cerámicos, en la cual la empresa analizada presentó problemas relacionados a la inexistencia de capacitación al personal, falta de mantenimiento productivo total, de orden y limpieza y la falta de indicadores de gestión y se determinó que la disponibilidad inicial fue 85,76%. Estas diferencias se debieron a que el diagnóstico se dio en diferentes áreas y con problemas diferentes. Pero, a pesar de las diferencias en ambas investigaciones se estimó que con el diseño del plan de mantenimiento productivo total se lograría mejorar la problemática en la empresa y también la disponibilidad de las máquinas.

Como segundo objetivo específico se tuvo diseñar el plan de mantenimiento productivo total para el área de producción de Trapani Cultivares del Perú. En la investigación se diseñó el plan de mantenimiento productivo total en base a la utilización de seis herramientas de ingeniería como: programa de capacitación, sistema de indicadores de gestión, mantenimiento productivo total, metodología 5s y mantenimiento autónomo. Los resultados obtenidos se compararon con los obtenidos por Rojas (2019) en su tesis acerca de la propuesta de mejora aplicando TPM en el área de producción de una empresa metal mecánica, en la cual se planteó la aplicación de diferentes herramientas para lograr mejorar la problemática, las cuales fueron: mantenimiento productivo total, programa de capacitación y metodología 5s. Las diferencias se debieron a la utilización de distintas herramientas para darle solución a la problemática de la empresa y el criterio y análisis de cada investigador, los cuales plantearon utilizar diversas herramientas para incrementar la operatividad de las máquinas y productividad respectivamente. Pero, a pesar de las diferencias de las herramientas utilizadas, en ambas investigaciones se lograría incrementar la operatividad de las

máquinas y se obtendría un beneficio económico para la empresa, lo cual evidenciaría que ambas propuestas serían factibles de ser implementadas.

Como tercer objetivo específico se estimó la operatividad de las máquinas después de aplicado el plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú. En la investigación se lograría incrementar la operatividad de las máquinas en 23,46%. Los resultados se compararon con los obtenidos por García (2021) en su tesis acerca de la aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en una empresa agroexportadora, en cuya investigación se lograría aumentar la eficiencia operativa de la maquinaria en un 8,90%. Las diferencias en el incremento de la operatividad de las máquinas entre ambas investigaciones radicaron en la aplicación de diferentes herramientas propuestas y la capacidad de inversión para darle solución al problema. Pero, a pesar de las diferencias, en ambos casos se lograría incrementar la operatividad de las máquinas.

Como cuarto objetivo específico se determinó la viabilidad económica financiera del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú. En la investigación se evaluó económica y financieramente el presente diseño del plan de mantenimiento productivo total, proyectándose un VAN de S/ 161 862,14, un TIR de 52,76%, un B/C de S/ 2,48 y un PRI de 2,02 años. Los resultados se comparan con los obtenidos por Castillo y Marcelo (2020) en su tesis acerca del diseño de un plan de mantenimiento productivo total para incrementar la productividad en una empresa de cerámicos, proyectándose un VAN de S/ 60 823,69, un TIR de 38%, un B/C de S/ 1.64 y un PRI de 3,22 años. La diferencia en los resultados económicos entre ambas investigaciones radicó en la aplicación de diferentes herramientas, la capacidad de inversión para darle solución al problema y la proyección de vida útil del proyecto de inversión. Pero, a pesar de las diferencias económicas y financieras de ambas propuestas, se lograría un beneficio económico

para ambos casos y además el proyecto sería rentable lo cual facilitaría la decisión de la gerencia para poder implementar este plan de mantenimiento productivo total con la finalidad de aumentar la operatividad de las máquinas.

En tal sentido, las limitaciones encontradas en el presente trabajo de investigación se relacionaron a la falta de conciencia por parte de los colaboradores de la empresa y de la gerencia para realizar un cambio en la actividad de mantenimiento dentro de la organización, para superar estas limitaciones se debe concientizar y garantizar el beneficio de la implementación del mantenimiento productivo total para que la ejecución se mantenga en el tiempo y permita una eficiencia operativa de las máquinas de la empresa con la finalidad de minimizar sus costos de mantenimiento de la empresa Trapani Cultivares del Perú.

No obstante, en relación a las implicancias del presente trabajo se tuvo que el diseño del plan de mantenimiento productivo total ayudaría a optimizar la operatividad de las máquinas y que este incremento de la operatividad a su vez lograría disminuir los costos de mantenimiento, mejorar la competitividad de la organización y generar mayor productividad en el desarrollo del proceso productivo de Trapani Cultivares del Perú. Además, la empresa ya no tendría problemas respecto a las horas inoperativas de las máquinas, falla de máquinas e incumplimiento de la programación de producción. Por otra parte, es importante tener en cuenta la mejora continua a fin de poder identificar nuevas problemáticas que aquejan a la empresa, lo que generaría una mayor competitividad en el sector agroexportador por parte de la empresa gracias al aumento de la operatividad de las máquinas durante el proceso productivo en la empresa.

4.2 Conclusiones

Como primera conclusión, se determinó que con el diseño de un plan de mantenimiento productivo total en la compañía Trapani Cultivares del Perú se lograría mejorar la operatividad de las máquinas de 72,39% a 89,38%.

Como segunda conclusión, se diagnosticó la situación de la operatividad de las máquinas en la empresa Trapani Cultivares del Perú para determinar los problemas que generaron la baja operatividad, encontrando que los principales problemas fueron la ausencia de herramientas de control, la falta de indicadores de gestión, la falta de capacitación al personal, la inexistencia de mantenimiento productivo total, la falta de orden y limpieza y la falta de mantenimiento autónomo.

Como tercera conclusión, se diseñó el plan de mantenimiento productivo total para el área de producción en la empresa Trapani Cultivares del Perú, aplicando herramientas de ingeniería industrial como el análisis modal de fallos y efectos, el mantenimiento autónomo, la metodología 5s, programa de capacitación y los sistemas de indicadores de gestión.

Como cuarta conclusión, se estimó la operatividad de las máquinas después del plan de mantenimiento productivo total en la empresa Trapani Cultivares del Perú y se lograría incrementar la operatividad en 23,46%.

Finalmente, como quinta conclusión se determinó la viabilidad económica financiera del plan de mantenimiento productivo total, concluyendo que la propuesta sería rentable ya que se obtendría un VAN positivo de S/ 161 862,14, una TIR de 52,76% mayor al costo de oportunidad anual de la empresa de 6,69%, un B/C de S/ 2,48 y un PRI de 2,02 años.

REFERENCIAS

- Acosta, S., & Avendaño, L. (2017). *Propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el proceso de sacrificio de equinos en la empresa Finca Los Cristales LTDA ubicada en Mosquera*. Bogotá. (Tesis de Pregrado). Universidad Angustianina, Bogotá, Colombia.
- Álvarez, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%20%a9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Carranzas, E. (2020). *Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el proceso productivo de sacos de una empresa de Lambayeque*. (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Lambayeque, Perú
- Castillo, a., & Marcelo, J. (2020). *Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para incrementar la productividad en la empresa Ceramicos Cajamarca S.R.L.* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Cevallos, J. (2017). *Diseño de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) para la maquinaria de la mina Blanca V*. (Tesis de Pregrado). Universidad UTE, Quito, Ecuador.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Gestión de Mantenimiento de los Equipos Productivos*. Madrid: Díaz de Santos.
https://books.google.co.ve/books?id=dz_nuBxcHjQC&printsec=frontcover&dq=que+es+mantenimiento+productivo+total&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20mantenimiento%20productivo%20total&f=false
- Estela, R. (2020). *Investigación propositiva*. Trujillo: Capus virtual.
- García, J. (2021). *Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la empresa Frusan Agro S.A.C Lambayeque 2020*. (Tesis de Pregrado). Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Perú.
- Gómez, C. (2016). *Mantenimiento Productivo Total*. Bogotá: ULPGC.
https://books.google.co.ve/books?id=IPtzAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=que+es+mantenimiento+productivo+total&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20mantenimiento%20productivo%20total&f=false
- González, G. (2020). *Investigación diagnóstica: características, técnicas, tipos, ejemplos*. <https://www.lifeder.com/investigacion-diagnostica/>

- Hernández, L., & Malaver, J. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas en la empresa Ceramicos Cajamarca S.R.L. - 2019*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill.
- Jurado, O. (2017). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total para una máquina empaquetadora de Cereales*. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciaAmérica*, 9(3), 1-5.
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción. TPM. Proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: FC Editorial.
<https://books.google.co.ve/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&dq=que+es+mantenimiento+productivo+total&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwin69G6t5v0AhXQlGoFHQqgAfs4FBDoAXoECAgQA#v=onepage&q=que%20es%20mantenimiento%20productivo%20total&f=false>
- Rojas, V. (2019). *Propuesta de mejora aplicando TPM en el área de producción de la empresa Montalván Verástegui SAC*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnología del Perú, Lima, Perú.
- Torrel, F., & Cuatrecasas, L. (2010). *TPM en un entorno Lean Management. Estrategia competitiva*. Barcelona: Profit Editorial.
<https://books.google.co.ve/books?id=n5qUDVbPA6wC&printsec=frontcover&dq=que+es+mantenimiento+productivo+total&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwin69G6t5v0AhXQlGoFHQqgAfs4FBDoAXoECAoQA#v=onepage&q=que%20es%20mantenimiento%20productivo%20total&f=false>

Anexo 1. Taller agrícola



Anexo 2. Retroexcavadora



Anexo 3. D8



Anexo 4. Atomizadores



Anexo 5. Tractores



Anexo 6. Check list de aplicación de 5s en la empresa

5S HOJA DE AUDITORIA TALLER AGRICOLA				
Area	TALLER AGRICOLA	Inspector:	Cecybell Bereche M.	Puntuación: 31/63
Fecha	28/09/2021	Proxima Inspección:		49 %

PUNTAJE:				
0 NO CUMPLE		1 MÍNIMO	2 CUMPLE	3 SOBRESALIENTE
N°	PASO 1: CLASIFICACIÓN (SEIRI)	PUNTOS	COMENTARIOS	TOTAL
1	Eliminación de los artículos innecesarios.	2	En la carreta para su deshecho	2
2	Los artículos restantes deben estar correctamente arreglados en condiciones sanitarias y seguras.	2		4
3	Los corredores y áreas de trabajo deben estar lo suficientemente limpias y sin obstáculos.	2		6
4	Los artículos que ya no sirven deben tener un plan de deshecho y tener un lugar donde almacenarlos.	2	Falta el plan establecido	8
N°	PASO 2: ORGANIZACIÓN	PUNTOS	COMENTARIOS	TOTAL
1	Debe existir un lugar específico para todo, marcado visualmente y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura.	2		2
2	Todo debe tener un lugar específico y permanecer ahí correctamente.	2		4
3	Se devuelve todo a su lugar después de usar.	2	Falta mejorar	6
4	El lugar para cada objeto está en base a su cantidad de uso	2	Falta mejorar	8
N°	PASO 3: LIMPIEZA	PUNTOS	COMENTARIOS	TOTAL
1	Las áreas de trabajo están limpias, y se usan los desinfectantes correspondientes.	2		2
2	Los equipos se mantienen limpios y en buenas condiciones.	2		4
3	Los materiales de limpieza son fáciles de localizar.	2		6
4	Se cuentan con tachos de basuras necesarios y señalizados	1	Faltan señalizar y colocar uno	7
5	Las medidas de limpieza cuentan con horarios y están visibles.	1	No cuentan con un programa de limpieza	8
N°	PASO 4: ESTANDARIZACIÓN	PUNTOS	COMENTARIOS	TOTAL
1	Esta toda la información necesaria a la mano.	1		1
2	El personal de área usa adecuadamente los elementos de protección personal.	1	Faltan EPPS Presgo de arrojantes	2
3	Presenta un tablero de SSOMA actualizado y a la vista de todos.	1	Solo prevención COVID	3
4	Empleados son adecuadamente capacitados para operar equipos, establecer a su vez un programa de mantenimiento preventivo e implementarlo.	2		5
N°	PASO 5: DISCIPLINA	PUNTOS	COMENTARIOS	TOTAL
1	Se desarrollan proyectos y acciones de mejora e innovación dentro del área.	0		0
2	Se entrega y recibe el puesto de trabajo completamente limpio y ordenado	2		2
3	Se reporta la contaminación irresponsable del área.	0		2
4	Establecer controles de disciplina para mantener el sistema adecuadamente.	0		2

8/12

8/12

8/15

5/12

2/12

Anexo 7. Aplicación de las 5s en el taller Agrícola

TALLER AGRICOLA



Anexo 8. Aplicación de la primera S en el taller agrícola

APLICACIÓN 5S



CLASIFICACIÓN



Anexo 9. Aplicación de la segunda y tercera S en el taller agrícola

APLICACIÓN 5S



Activar Windows
Ve a Configuración para activar l

Anexo 10. Costos perdidos por CR2

PÉRDIDAS POR CR2		
Mes	Monto en Soles	Promedio de Pérdida mensual
Julio	S/. 8,266.11	S/. 8,323.78
Agosto	S/. 8,345.00	
Setiembre	S/. 9,440.00	
Octubre	S/. 7,244.00	
Noviembre	S/. 8,540.00	
TOTAL	S/. 41,835.11	

Anexo 11. Costos perdidos por CR3

PÉRDIDAS POR CR3		
Mes	Monto en Soles	Promedio de Pérdida mensual
Julio	S/. 8,266.11	S/. 8,073.78
Agosto	S/. 8,345.00	
Setiembre	S/. 8,440.00	
Octubre	S/. 7,244.00	
Noviembre	S/. 8,540.00	
TOTAL	S/. 40,835.11	

Anexo 12. Costos perdidos por CR4

PÉRDIDAS POR CR4		
Mes	Monto en Soles	Promedio de Pérdida mensual
Julio	S/. 7,268.11	S/. 7,074.28
Agosto	S/. 7,345.00	
Setiembre	S/. 7,440.00	
Octubre	S/. 6,244.00	
Noviembre	S/. 5,740.00	
TOTAL	S/. 34,037.11	

Anexo 13. Costos perdidos por CR6

PÉRDIDAS POR CR6		
Mes	Monto en Soles	Promedio de Pérdida mensual
Julio	S/. 7,266.11	S/. 6,827.28
Agosto	S/. 7,345.00	
Setiembre	S/. 6,450.00	
Octubre	S/. 6,248.00	
Noviembre	S/. 7,540.00	
TOTAL	S/. 34,849.11	

Anexo 14. Costos perdidos por CR7

PÉRDIDAS POR CR7		
Mes	Monto en Soles	Promedio de Pérdida mensual
Julio	S/. 6,396.11	S/. 6,606.28
Agosto	S/. 6,345.00	
Setiembre	S/. 7,440.00	
Octubre	S/. 6,244.00	
Noviembre	S/. 8,540.00	
TOTAL	S/. 34,965.11	

Anexo 15. Costos perdidos por CR9

PÉRDIDAS POR CR9		
Mes	Monto en Soles	Promedio de Pérdida mensual
Julio	S/. 6,266.11	S/. 6,575.13
Agosto	S/. 6,349.00	
Setiembre	S/. 7,442.00	
Octubre	S/. 6,243.40	
Noviembre	S/. 6,540.00	
TOTAL	S/. 32,840.51	