

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de un plan de mantenimiento en la empresa San Martín
Manufacturas SAC para reducir utilidades no percibidas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Pierre Edgardo Huacchillo Dominguez

ASESOR

Pedro Martin Vizconde Melendez

<https://orcid.org/0000-0001-5673-2225>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de un plan de mantenimiento en la empresa San Martín
Manufacturas SAC para reducir utilidades no percibidas**

PRESENTADA POR

Pierre Edgardo Huacchillo Dominguez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Annie Mariella Vidarte Llaja

PRESIDENTE

Ana Maria Caballero Garcia

SECRETARIO

Pedro Martin Vizconde Melendez

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, quien ilumina cada instante y guía mi camino. A mi amado hermano en el cielo, Jeisson, por ser fuente de inspiración y amor. A mi madre, Marilú, por ser mi refugio en momentos de dificultad y mi fortaleza en momentos de alegría. A mi padre, Lucho, por su ejemplo de trabajo arduo, por su gracia, y por brindarme la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera. A mis hermanos, Luis y Kevin, por sus increíbles consejos de vida y su pasión contagiosa de siempre progresar y alcanzar nuevos horizontes.

Agradecimientos

A Dios, mi padre celestial. A Jeisson, mi hermano en el cielo. A mis amados padres, Marilú y Lucho; y a mis increíbles hermanos, Luis y Kevin. Asimismo, un agradecimiento especial a mis más grandes amigos de la universidad; Flavio, José, Gonzalo, Fátima, Anne y Kristhie; y a los ingenieros que contribuyeron en mi formación académica e integral. De igual manera, agradezco al Ing. Pepe Requejo, por abrirme las puertas de su empresa y brindarme acceso de recursos; y al Ing. Pedro Vizconde, por su sabiduría y guía magistral.

Artículo 100%

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

20 %

FUENTES DE INTERNET

4 %

PUBLICACIONES

9 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
6	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
7	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Nacional San Agustin Trabajo del estudiante	<1 %

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	15
Conclusiones	35
Recomendaciones.....	35
Referencias	36

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue proponer un plan de mantenimiento en la empresa San Martín Manufacturas SAC para reducir utilidades no percibidas. Como diagnóstico inicial, en el periodo enero 2022 – diciembre 2022, se evidenció que un mantenimiento netamente correctivo ocasionó utilidades no percibidas de S/ 192 480,00 como consecuencia de sacos de arrocillo no procesados por fallas en las máquinas y equipos. Con base en ello, se elaboró un plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), para el cual fue necesario realizar un análisis de criticidad, árboles de falla, análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y hojas de decisión RCM, acto seguido se desarrolló el plan de mantenimiento y se estableció el cronograma correspondiente. Asimismo, con la finalidad de sostener la propuesta en el tiempo, se estableció una política, objetivos y un procedimiento documentado, junto con un formato de orden de trabajo y un formato de solicitud de materiales, herramientas y repuestos. Como resultado, se estimó una reducción de las utilidades no percibidas en un 18,78%, 27,80% y 36,83% para los escenarios pesimista, conservador y optimista, respectivamente. Finalmente, se evidenció que la propuesta sería viable económicamente ya que se obtuvo un valor actual neto (VAN) de S/ 94 609,83, una tasa interna de retorno (TIR) de 64,78%, un periodo de retorno de la inversión (PRI) de 1,74 meses y un beneficio – costo (B/C) de 1,23.

Palabras Clave: Plan, mantenimiento, utilidades, RCM.

Abstract

The objective of this research was to propose a maintenance plan in the company San Martín Manufacturas SAC to reduce unperceived profits. As an initial diagnosis, in the period January 2022 - December 2022, it was evident that clearly corrective maintenance caused unperceived profits of S/ 192 480,00 as a consequence of bags of rice not processed due to failures in the machines and equipment. Based on this, a reliability-based maintenance plan (RCM) was developed, for which it was necessary to perform a criticality analysis, fault trees, failure modes and effects analysis (FMEA) and RCM decision sheets. , act. The maintenance plan was then developed and the corresponding schedule was developed. Likewise, in order to sustain the proposal over time, a policy, objectives and a documented procedure are initiated, along with a work order format and a request format for materials, tools and spare parts. As a result, a reduction in foregone profits was estimated at 18,78%, 27,80% and 36,83% for the pessimistic, conservative and optimistic scenarios, respectively. Finally, it is evident that the proposal would be economically viable since a net real value (NPV) of S/ 94 609,83 was obtained, an internal rate of return (IRR) of 64,78%, a return period of the investment. (PRI) of 1,74 months and a benefit – cost (B/C) of 1,23.

Keywords: Plan, maintenance, profits, RCM.

Introducción

Durante la campaña 2021/2022, la producción mundial de arroz pilado alcanzó un récord histórico de 514 900 000 toneladas, en gran parte gracias a la destacada participación de China e India, quienes aportaron un 53,80% del total [1]. En este contexto, la gestión adecuada de los subproductos del arroz es un gran desafío, ya que las máquinas empleadas para su reprocesamiento están sujetas al deterioro, desgaste, averías, fallas y reducción de su rendimiento, según las condiciones de trabajo y el mantenimiento industrial que se les brinde [2]. Es así como, las empresas, independientemente de su sector, carecen de un óptimo mantenimiento, implementación de metodologías, análisis de posibles fallas y falta de planificación, de tal manera que se maximice la disponibilidad de las máquinas y equipos [3]. Adicional a ello, según [4], los costos que implica la reparación y el reemplazo de las máquinas pueden reducirse hasta en un 55,90%; y, la cantidad de productos que se dejan de procesar a causa de fallas en las máquinas y equipos generan un problema aún más grave al cual apuntar: las utilidades no percibidas.

A nivel nacional, en la misma campaña 2021/2022, el Perú ocupó el vigésimo puesto dentro del ranking de productores de arroz pilado, con una cifra de 2 400 000 toneladas [1]; conllevando así, al igual que en el panorama internacional, a una mayor generación de subproductos y a su respectivo reprocesamiento. No obstante, las empresas nacionales adquieren principalmente máquinas que ya cuentan con años de operación, y carecen de un correcto mantenimiento industrial que favorezca a la prolongación de su vida útil y a la reducción de tiempos de parada en el proceso productivo; asimismo, las empresas peruanas no se enfocan en diseñar e implementar planes de mantenimiento, lo cual conlleva a una baja disponibilidad y rendimiento de las máquinas, perdiendo así la oportunidad de fabricar la cantidad de producto planificado y generando utilidades no percibidas [5].

A nivel local, San Martín Manufacturas SAC es una empresa ubicada en Predio San Nicolás #11336543, carretera Chiclayo – Lambayeque, dedicada al reprocesamiento y comercialización de arrocillo para su posterior uso como materia prima de alimentos destinados al consumo animal. La empresa cuenta con un total de 18 máquinas y equipos; el horario de producción programado son 7 horas al día (7:30 am – 2:30 pm) y 6 días a la semana, contando cada domingo como día libre. Durante el proceso productivo, las máquinas y equipos presentan roturas, atascamientos, desgaste de componentes, obstrucciones, etc.; ocasionando paradas no programadas en la producción, lo cual conlleva a la presencia de utilidades no percibidas por sacos de arrocillo no procesados. Cabe destacar que la empresa cuenta con un mantenimiento

correctivo, debido a que se encuentran a la espera de que ocurra una falla para después reparar la máquina o equipo.

Según el análisis realizado en el periodo enero 2022 – diciembre 2022, se obtuvo un total de 94 fallas ocurridas, equivalente a 401,00 horas de parada, generando así un monto de S/ 192 480,00 por utilidades no percibidas debido a sacos de arroz no procesados. De igual manera, se evidenció un total de S/ 36 573,17 en costos de reparación y una productividad multifactorial de 4,72 sacos/sol gastado en mantenimiento. Asimismo, la empresa contó con un tiempo medio entre fallas (MTBF) de 18,37 horas, un tiempo medio para reparar (MTTR) de 4,27 horas y una disponibilidad operativa de 81,16%. Dichos indicadores pueden ser mejorados de tal manera que la empresa se vea beneficiada económicamente. Por ende, se plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento en la empresa San Martín Manufacturas SAC permitirá reducir utilidades no percibidas?

En consecuencia, el objetivo general de la investigación es proponer un plan de mantenimiento en la empresa San Martín Manufacturas SAC para reducir utilidades no percibidas. Para lograr ello, se plantean tres objetivos específicos; en primer lugar, diagnosticar el proceso de mantenimiento en la empresa; en segundo lugar, elaborar la propuesta de un plan de mantenimiento para reducir utilidades no percibidas; y, en tercer lugar, evaluar la viabilidad económica de la propuesta.

En lo referente al aspecto económico, la investigación impacta de manera positiva porque la empresa en estudio puede reducir sus utilidades no percibidas. Además, el proceso se puede agilizar por medio del seguimiento y uso de un plan de mantenimiento, órdenes de trabajo e instructivos para las actividades correspondientes. Por otro lado, desde el punto de vista académico, la presente investigación es importante porque servirá de antecedente o referencia bibliográfica para estudiantes que deseen realizar alguna investigación relacionada a la propuesta de un plan de mantenimiento en un molino de arroz y subproductos de este.

Revisión de literatura

En [6] se observó que las constantes fallas de las máquinas en el proceso de pilado de arroz representaron 731,00 horas de parada, ocasionando así un monto de S/ 280 265,40 como utilidades no percibidas en el 2020. Por medio del diagrama de Pareto, se identificaron 11 máquinas críticas con una disponibilidad operativa de 70,60%. Por tal motivo, se planteó como objetivo mejorar el proceso productivo para incrementar la eficiencia. En lo que respecta a la metodología, se elaboró un plan mantenimiento preventivo y autónomo; donde se incluyó un cronograma de actividades, manuales de organización y funciones, instructivos, y planes de capacitación al personal de mantenimiento. Como resultado, la eficiencia aumentó en 9,85% y tanto el tiempo de parada como las utilidades no percibidas disminuyeron en 51,98%. En lo referente a indicadores económicos, la propuesta resultó viable, ya que se obtuvo un VAN de S/ 118 110,06, una TIR de 31% y un B/C de 1,31. Como conclusión, la propuesta arrojó mejoras sustanciales en los indicadores inicialmente evaluados, respaldando su idoneidad para su implementación.

Por otro lado, en [7] se evidenció que una empresa molinera presentó un total de 544,50 horas de parada en el 2018 a causa de 149 fallas en las máquinas, presentando un MTBF de 27,6 horas; un MTTR de 3,65 horas; y una disponibilidad de 86,5%. Ello desencadenó en utilidades no percibidas de S/ 857 587,50, puesto que se dejaron de producir 57 172 sacos de arroz de 50 kg. Entonces, se propuso como objetivo proponer un plan de mantenimiento para reducir pérdidas. La metodología empleada fue el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), donde se elaboró el análisis de criticidad, los árboles lógicos de fallas y los planes de mantenimiento para las máquinas más críticas (elevadores, selectora, zaranda vibratoria y clasificadores). Como resultado, la producción aumentó en 16%, el número de fallas se redujo en 48%, el MTBF se incrementó en 78%, el MTTR disminuyó en 22%, la disponibilidad aumentó en 7% y las utilidades no percibidas decayeron en un 40%. Asimismo, la propuesta fue viable económicamente, debido a que se obtuvo un VAN de S/ 2 257 567,66; una TIR de 811%; y un B/C de 2,8. En conclusión, la propuesta resultó ser una opción viable tanto en términos técnicos como económicos.

Asimismo, en [8] se observó que en una empresa piladora y comercializadora de arroz y subproductos del mismo, se obtuvo un total de 312 fallas, representando 994,90 horas de parada; trayendo como consecuencia utilidades no percibidas de S/ 484 297,42 en el 2019. Por medio del análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, se obtuvo un total de cuatro máquinas críticas (elevador de cangilones, compresor, pulidora y descascaradora). Por ende, se propuso como objetivo proponer un plan de mantenimiento para dichas máquinas, con la finalidad de

reducir las utilidades no percibidas. En lo que respecta a la metodología, se aplicó el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM); donde se aplicaron herramientas como el árbol de fallas, AMEF y hoja de decisión RCM. Como resultado, el tiempo de parada disminuyó en 41,02%; el MTBF aumentó en 113,57%; el MTTR disminuyó en 92,49%; la disponibilidad aumentó en 8,83%; y las utilidades no percibidas se redujeron en 41,02%. De igual manera, la propuesta resultó viable económicamente, puesto que se obtuvo un B/C de 2,87; concluyendo que la propuesta generó mejoras significativas en los indicadores clave que se tomaron en cuenta al inicio del estudio.

Por su parte, en [9] se evidenció un total de 294 fallas en una empresa procesadora y comercializadora de granos secos, representando 495,5 horas de parada y una productividad con respecto al tiempo de 1 250 kg/h. Asimismo, se obtuvo un MTBF de 104 horas, un MTTR de 2,76 horas y una disponibilidad de 80,18%. Con base en ello, se planteó como objetivo general proponer un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar su productividad. La metodología fue el RCM, donde se emplearon las herramientas del árbol de fallas, AMEF y hoja de decisión RCM; es así como todo desencadenó en la elaboración de un manual de mantenimiento y procedimientos de gestión de repuestos; y sumado a ello, un plan de capacitación. Como resultado, el número de fallas disminuyó en 69%, el MTBF aumentó en 41,3%, el MTTR disminuyó en 31,8%, la disponibilidad aumentó en 13% y la productividad aumentó en 18,6%. Finalmente, se obtuvo un VAN de S/ 264 186,25, una TIR de 280%, un PRI de 8 días y un B/C de 1,87; concluyendo que la propuesta se presentó como una alternativa sólida, ya que generó mejoras notables en los indicadores que se evaluaron inicialmente.

Siguiendo en el rubro agroindustrial; en [10] se observó un total de 138 fallas en las máquinas de una empresa procesadora de sal seca en 50 kg, representando 739,08 horas de parada y trayendo como consecuencia utilidades no percibidas de S/ 323 584,67 en el 2019. Por tal motivo, se planteó como objetivo general proponer un plan de mantenimiento para disminuir utilidades no percibidas. La metodología se basó en el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), empleando las herramientas de análisis de criticidad, diagrama de Pareto, Análisis Weibull, árbol de fallas, AMEF y hoja de decisión RCM, para finalmente elaborar el plan de mantenimiento y el cronograma correspondiente. Como resultado, el tiempo de parada disminuyó en 43,31%, el MTBF aumentó en 341,01%, el MTTR disminuyó en 74,63%, la disponibilidad aumentó en 18,21% y las utilidades no percibidas disminuyeron en 59,29%. Por su parte, se obtuvo un VAN S/ 70 521,14; una TIR de 17,4%, un PRI de 8 meses y un B/C de 2,71. Como conclusión, los resultados obtenidos respaldaron la efectividad de la propuesta al producir mejoras sustanciales en los indicadores iniciales.

Seguidamente, en [11] se evidenció un total de 131 fallas durante el 2019 en una planta chancadora de piedra, generando 679,00 horas de parada y una utilidad no percibida de S/ 846 073,04. Si bien es un rubro diferente, en el proceso productivo se hace uso de máquinas similares a la de la reprocesadora de arrocillo en estudio; pues se emplean zarandas vibratorias, fajas transportadoras y tolvas de recepción/almacenamiento. Es así como se obtuvo un MTBF de 22 horas, un MTTR de 5 horas y una disponibilidad de 81%. Entonces, se planteó como objetivo proponer un plan de mantenimiento para reducir utilidades no percibidas. En lo que respecta a la metodología, se realizó un análisis de criticidad para identificar los equipos más críticos. Después, se codificaron los componentes, se elaboraron árboles de fallas, se realizaron los AMEF, y se propuso el plan de mantenimiento haciendo énfasis en el cronograma de actividades y en las capacitaciones. Luego de la propuesta, el número de fallas se redujo en 60,31%, el MTBF aumentó en 168,18%, el MTTR decayó en un 14%, la disponibilidad aumentó en 7,41% y la utilidad no percibida disminuyó en 27,88%. En lo que concierne a indicadores económicos, se obtuvo un VAN de S/ 237 069,23, una TIR de 54% y un B/C de 1,75; concluyendo que la propuesta fue viable tanto técnicamente como económicamente.

Del mismo modo, en [12] se observó que en una empresa de semillas de arroz ubicada en Indonesia el costo de mantenimiento de las máquinas representó un monto de IDR 3 567 556 en un ciclo de tres años. Por consiguiente, se planteó como objetivo general reducir los costos de mantenimiento mediante la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo. Por medio del análisis de criticidad de doce máquinas, se obtuvo un total de 4 críticas (elevador de cangilones, faja transportadora, secador y sellador). Con base en ello y como punto clave, se elaboró e implementó un plan de mantenimiento tomando en cuenta el registro o historial de fallas de los últimos veinticuatro años, con la finalidad de estimar la frecuencia de las fallas. Como resultado, se obtuvo que el costo de mantenimiento se redujo en 40,44%; sin embargo, el autor expuso que dicho valor puede llegar hasta 59,60%. En conclusión, la propuesta del plan de mantenimiento condujo significativamente a la disminución de costos generados en dicha actividad.

Complementando, en [13] se desarrolló un diagnóstico en las máquinas de una empresa reprocesadora de subproductos del arroz, donde se presentaron 42 averías, representando 304 horas de parada. Asimismo, se obtuvo un MTBF de 60,26 horas; un MTTR de 7,24 horas; una disponibilidad de 89,28%; una eficiencia de 83,24%; y un costo de mantenimiento por unidad de producción de 0,52 soles/unidad; equivalente a una productividad de 1,92 unidad/sol gastado en mantenimiento. Por lo cual, se definió como objetivo proponer un plan de mantenimiento para disminuir el número de averías. En lo referente a la metodología, se propuso un plan de

mantenimiento basado en confiabilidad, utilizando el análisis de criticidad, árbol de fallas y AMEF. Como resultado, la producción aumentó en 12%, el MTBF incrementó en 242,08%, el MTTR disminuyó en 6,22%, la disponibilidad ascendió en 8,43%, la eficiencia aumentó en 13,99%, la productividad de costo de mantenimiento aumentó en 71,15% y el número de averías disminuyó en 66,67%. En conclusión, los resultados obtenidos respaldaron la efectividad de la propuesta al producir mejoras notables en los indicadores clave.

Adicional a lo expuesto, en [14] se evidenció que en una planta chancadora se contaba con un total de 21 máquinas y equipos que presentaron constantes fallas durante el 2018, ocasionando un MTBF de 42,00 horas, un MTTR de 21,10 horas y una disponibilidad operativa de 84,27%. Con base en ello, se planteó como objetivo proponer un plan de mantenimiento en la empresa en estudio para aumentar la disponibilidad. Para lograrlo, se empleó un diagrama causa – efecto, donde se identificó que las principales causas eran la falta de capacitación e instructivos, la carencia de orden y limpieza, la ausencia de formatos de solicitud de repuestos y la inadecuada programación de mantenimiento. Entonces, se realizó un matriz de criticidad y finalmente se elaboraron planes de mantenimiento para las máquinas críticas. Como resultado, el MTBF aumentó en 375,11%, el MTTR disminuyó en 80,19% y la disponibilidad se incrementó en un 13,54%. Asimismo, se observó que la propuesta sí fue viable económicamente, puesto que se obtuvo un VAN de S/ 404 615,14 y una TIR de 36,1%; concluyendo que los resultados obtenidos confirmaron la eficacia de la propuesta al producir mejoras sustanciales en los indicadores que se consideraron inicialmente.

De igual manera, en [15] se identificó un total de 161 fallas en las máquinas de un molino de arroz, equivalentes a 459,08 horas de parada, obteniendo un monto de S/ 593 136,00 como utilidades no percibidas por dejar de producir sacos de arroz. Por ello, se planteó como objetivo proponer un plan de mantenimiento; donde se aplicó herramientas tales como el análisis de criticidad, árbol de fallas y AMEF. Adicionalmente, se calcularon indicadores de mantenimiento como la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para finalmente diseñar el plan de mantenimiento caracterizado por una jerarquización organizacional, capacitaciones constantes y un nuevo procedimiento de mantenimiento. Todo ello permitió aumentar la productividad en 56%; además, se obtuvo un B/C de 8,57; demostrando así que la propuesta fue viable económicamente. En conclusión, la propuesta se mostró como una opción con sólidos fundamentos tanto en términos técnicos como económicos.

Ahora bien; en lo referente a bases teóricas, la utilidad es un concepto fundamental en el ámbito de la economía y los negocios, ya que se refiere al resultado o beneficio que se obtiene de una actividad económica, ya sea a nivel individual, empresarial o a escala de toda una

economía [16]. Sin embargo, existe el término “utilidad no percibida”, conocida también como utilidad latente o utilidad no realizada, la cual hace referencia a las ganancias potenciales que una empresa o individuo podría haber obtenido pero que aún no ha materializado; siendo una forma de valor económico que existe en teoría pero que aún no se ha convertido en efectivo o beneficio realizable [17].

De esta manera, el mantenimiento industrial es una de las áreas que permite reducir utilidades no percibidas, ya que posibilita conservar y restaurar las máquinas o equipos de modo que permanezcan en una condición óptima especificada, cumpliendo con la producción planificada [18]. Los indicadores de mantenimiento más comunes son el MTTR (Mean Time To Repair o Tiempo Medio de Reparación), el cual mide el tiempo promedio que se tarda en reparar un equipo o sistema después de que se ha detectado un fallo; el MTBF (Mean Time Between Failures o Tiempo Medio Entre Fallos), el cual mide el tiempo promedio que transcurre entre fallos de un equipo o sistema; y, por último, el Índice de Disponibilidad, el cual mide el porcentaje de tiempo que un equipo o sistema está disponible para su uso durante un período de tiempo determinado [19]. Por su parte, existen tres tipos de mantenimiento; en primer lugar, el mantenimiento preventivo, el cual se centra en revisar periódicamente el equipo para detectar y corregir fallos tempranamente; en segundo lugar, el mantenimiento correctivo, el cual sustituye o repara componentes de los equipos una vez ocurrida la falla; y, en tercer lugar, el mantenimiento predictivo, el cual realiza análisis de variables para predecir el momento en que se presentará una falla [2]. Independientemente del tipo de mantenimiento empleado, el objetivo principal es garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de las máquinas y equipos [20]. En este sentido, el plan de mantenimiento industrial se convierte en una herramienta fundamental para lograr dicho objetivo [21], ya que consiste en un conjunto de actividades preventivas, correctivas o predictivas planificadas y programadas que se realizan con el fin de preservar y mejorar el estado de los equipos e instalaciones de una empresa [22]. En cuanto a la metodología, existen diferentes enfoques para llevar a cabo un plan de mantenimiento; uno de los más comunes es el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), que se enfoca en identificar los componentes críticos de los equipos y en desarrollar estrategias de mantenimiento adecuadas para cada uno de ellos; su principal herramienta es el análisis de los modos de fallo y efectos (AMEF) y la hoja de decisión RCM [23].

Materiales y métodos

Según su objeto de estudio, la presente investigación es aplicada, pues plantea la propuesta de un plan de mantenimiento, a fin de reducir las utilidades no percibidas de la empresa en estudio. Asimismo, la investigación tiene un enfoque cuantitativo, al utilizar la recolección de datos y cuantificarlos, a fin de determinar en qué medida se logran los objetivos planteados. El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipula deliberadamente ninguna variable establecida. Por su nivel, la investigación es descriptiva, porque solo se detalla aquellas características y aspectos relacionados a la situación de las máquinas y equipos de la empresa, tales como el número de fallas, las horas de parada, el tiempo que ocurre entre fallas, el tiempo que toma reparar las fallas, la disponibilidad operativa y las utilidades no percibidas generadas [24]. En relación con el tiempo, la investigación es longitudinal, pues toma datos de la misma población en distintos momentos durante un período determinado, con la finalidad de examinar sus variaciones [25]. La población de estudio estuvo conformada por las 18 máquinas de la empresa; y el tipo de muestreo fue no probabilístico de subtipo intencional [26], puesto que la selección se realizó mediante el análisis de criticidad, estableciendo previamente criterios de evaluación.

Para el cumplimiento del primer objetivo, el cual consistió en diagnosticar el proceso de mantenimiento, se obtuvo previamente la carta de aceptación de la empresa en estudio (anexo 1), garantizando información fidedigna para el diagnóstico inicial. Teniendo ello, se empleó la técnica de observación directa [27], para la posterior elaboración tanto del diagrama de bloques [28] como del diagrama de flujo [29]. Además, se realizó un análisis documental [30] teniendo como instrumento una hoja de datos [31], con información pertinente y detallada sobre las fallas de las máquinas y equipos en el 2022 (anexo 2). Posteriormente, se realizó el cálculo de indicadores de mantenimiento (MTBF, MTTR y Disponibilidad) [19]; y, se calculó el monto de utilidades no percibidas por horas de parada. Finalmente, se realizó el análisis de criticidad [32], donde se obtuvo un total de siete máquinas y equipos críticos.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, el cual consistió en la propuesta del plan de mantenimiento, se empleó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) [33] para la selección de la metodología más adecuada, siendo esta el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) [34]. Entonces, se realizó el análisis de las causas raíz por medio del árbol de fallas [35]. Seguidamente, se realizó el AMEF teniendo como instrumento la hoja del AMEF [36]. Después, se empleó el formato de la hoja de decisión del diagrama RCM [37] para asignar las tareas de mantenimiento. Luego, se elaboró el plan de mantenimiento [38] y su cronograma [39]. Finalmente, se presentó la propuesta y se calcularon los indicadores de mantenimiento

nuevamente, junto a las utilidades no percibidas para evidenciar si efectivamente hubiese una mejora.

Por último, para el tercer objetivo específico correspondiente a la evaluación de la viabilidad económica de la propuesta, se realizó un flujo de caja con la finalidad de hallar los principales indicadores económicos (VAN, TIR, PRI y B/C) [40].

Para un mejor entendimiento, se recomienda visualizar el anexo 3, correspondiente a la operacionalización de variables.

Resultados y discusión

Objetivo 1. Diagnóstico del proceso de mantenimiento de la empresa

La empresa

La empresa en estudio se dedica al reprocesamiento de subproductos del arroz, resaltando que se tiene como producto arrocillo reprocesado en sacos de 50 kg. La planta abre a las 7:00 am; sin embargo, la producción se realiza de 7:30 am a 2:30 pm., teniendo en cuenta que el área administrativa cuenta con siete trabajadores, mientras que el área de producción cuenta con un maquinista, y diez operarios auxiliares (no registrados en planilla) dedicados a la carga y estiba del producto. En el anexo 4 se encuentran las generalidades de la empresa, tales como el RUC, razón social, nombre comercial, tipo de empresa, condición, actividad comercial y dirección legal.

Descripción del proceso productivo

A continuación, se presenta el diagrama de bloques del proceso productivo de la empresa.

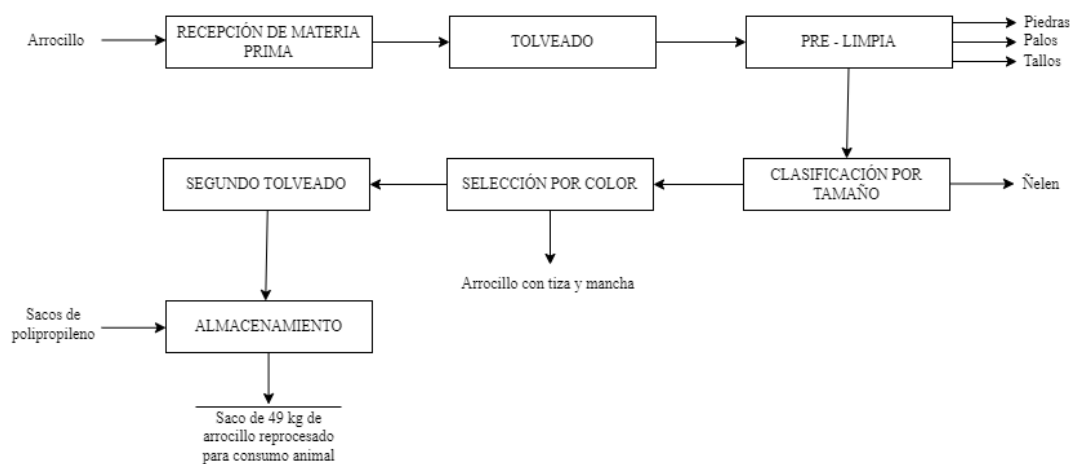


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso productivo

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

El proceso comienza con la recepción de materia prima, donde se almacena el arrocillo de diferentes proveedores en un área destinada para ello. A continuación, la materia prima es depositada en la tolva principal y es transportada por un primer elevador de cangilones a una

primera cámara de succión y posteriormente a la zaranda prelimpia para eliminar residuos presentes en el arrozillo. Luego, el producto es transportado por un segundo elevador de cangilones hacia una segunda cámara de succión y posteriormente a la zaranda rotovaivén para eliminar residuos que no fueron removidos con la zaranda prelimpia. Posteriormente, el producto es depositado en un tercer elevador de cangilones y trasladado a los clasificadores para realizar la separación por tamaños y obtener como subproducto el ñelen. A continuación, el producto es depositado en un cuarto elevador de cangilones y trasladado a la selectora para seleccionar el grano por color. Una vez seleccionado el grano, este es trasladado a un transportador sinfín, el cual deposita el producto en un quinto elevador de cangilones y finalmente se coloca en la tolva de almacenamiento. Luego, se procede a ensacar y pesar el arrozillo en sacos de 50 kg. Finalmente, los sacos de arrozillo se almacenan en un área especialmente acondicionada para su conservación hasta su distribución.

Maquinaria

Para el reprocesamiento del arrozillo, la empresa cuenta con un total de 18 máquinas y equipos, los cuales se presentan en el anexo 5 con su respectiva codificación. Asimismo, desde el anexo 6 hasta el anexo 16 se presenta los datos técnicos de cada máquina y equipo para un mejor análisis.

Descripción del proceso de mantenimiento

En el anexo 17 se presenta el flujograma del proceso de mantenimiento en la empresa, con el fin de tener una visión más clara de las actividades realizadas en dicha área.

Como se observa en el flujograma, el proceso de mantenimiento comienza con la pregunta “¿se generó una falla en la maquinaria?”, si es que no se generó alguna falla no es necesario realizar el mantenimiento correspondiente; sin embargo, si es que sí se generó una falla, se formula la pregunta “¿Se necesitan repuestos?”; por un lado, si es que no se necesitan repuestos, el maquinista procede a realizar el mantenimiento; por otro lado, si es que sí se necesitan repuestos, se plantea la interrogante “¿Se tiene stock?”; si es que no se tiene stock se procede a comprar los repuestos y posteriormente se realiza el mantenimiento; mientras que, si es que sí se tiene stock, se trae del almacén y se ejecuta el mantenimiento. Una vez realizado el mantenimiento se formula la interrogante “¿se solucionó la falla?”; si es que no se solucionó, el técnico mecánico – eléctrico tiene que volver a realizar el mantenimiento; mientras que, si es que sí se solucionó, el proceso de mantenimiento finaliza.

Cabe mencionar que la empresa actualmente se centra únicamente en el mantenimiento correctivo, lo que implica la falta de un programa planificado para el mantenimiento y la ausencia de inspecciones periódicas en las maquinarias.

Recopilación, análisis y presentación de datos

Como se mencionó en el apartado de materiales y métodos, para identificar el problema con el mantenimiento industrial de la empresa, se recopiló, ordenó y procesó la data comprendida desde enero 2022 hasta diciembre 2022 (anexo 2).

Incumplimiento de la producción esperada

La producción esperada se mide por la cantidad de sacos de arrocillo que la empresa planificó producir en el periodo de estudio teniendo en cuenta la producción de 7 horas por día. Por otro lado, la producción real representa la cantidad de sacos que realmente fueron producidos por la empresa durante el mismo periodo.

En el anexo 18 se evidencia que la producción esperada en el periodo enero 2022 – diciembre 2022 fue de 212 800 sacos de arrocillo reprocesado, mientras que la producción real fue de 172 700 sacos, evidenciando así un incumplimiento de la producción esperada, ya que no se procesaron 40 100 sacos de arrocillo que se esperaban producir.

Presencia de horas improductivas

A continuación, se muestra la recopilación de las horas programadas, efectivas e improductivas.

Tabla 1. Horas programadas, efectivas e improductivas (2022)

Mes	Días trabajados	Horas de producción por día	Horas programadas	Horas efectivas	Horas improductivas
Ene-22	26	7,00	182,00	142,50	39,50
Feb-22	24	7,00	168,00	136,00	32,00
Mar-22	26	7,00	182,00	144,00	38,00
Abr-22	26	7,00	182,00	152,50	29,50
May-22	26	7,00	182,00	159,50	22,50
Jun-22	26	7,00	182,00	151,00	31,00
Jul-22	24	7,00	168,00	133,00	35,00
Ago-22	25	7,00	175,00	139,50	35,50
Set-22	26	7,00	182,00	147,00	35,00
Oct-22	26	7,00	182,00	133,50	48,50
Nov-22	25	7,00	175,00	148,00	27,00
Dic-22	24	7,00	168,00	140,50	27,50
Total	304	7,00	2 128,00	1 727,00	401,00

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

En la Tabla 1 se muestra que en el periodo enero 2022 – diciembre 2022 hubo un total de 2 128,00 horas laborables programadas. Sin embargo, solo se evidenció un total de 1 727,00 horas efectivas, mostrando así un incumplimiento de las horas programadas y la presencia de 401,00 horas improductivas.

Fallas de las máquinas y equipos

La data presentada en el anexo 2 fue procesada, analizada y resumida para evidenciar la situación inicial de la empresa.

Tabla 2. Número de fallas y horas de parada por máquina o equipo

Código	Nº de fallas	Horas de parada	Costo de materiales/herramientas/repuestos (a)	Costo de MO (b)	Costo de reparación (a+b)
TOLV01	3	4,50	S/ 481,80	S/ 148,79	S/ 630,59
ELEV01	8	49,50	S/ 2 746,30	S/ 1 636,69	S/ 4 382,99
CAM01	3	7,50	S/ 467,00	S/ 247,98	S/ 714,98
ZRP01	16	68,50	S/ 3 564,60	S/ 2 264,92	S/ 5 829,52
ELEV02	3	10,50	S/ 797,80	S/ 347,18	S/ 1 144,98
CAM02	2	5,00	S/ 329,50	S/ 165,32	S/ 494,82
ZRP02	9	36,00	S/ 2 019,40	S/ 1 190,32	S/ 3 209,72
ELEV03	3	11,50	S/ 1 122,20	S/ 380,24	S/ 1 502,44
CLAS01	9	41,00	S/ 2 260,15	S/ 1 355,65	S/ 3 615,80
ELEV04	3	9,50	S/ 776,30	S/ 314,11	S/ 1 090,41
SLCT01	11	49,50	S/ 2 668,95	S/ 1 636,69	S/ 4 305,64
SNF01	7	38,00	S/ 2 126,60	S/ 1 256,45	S/ 3 383,05
ELEV05	2	9,00	S/ 617,90	S/ 297,58	S/ 915,48
TLV02	2	3,00	S/ 428,10	S/ 99,19	S/ 527,29
CMPS01	9	39,00	S/ 1 993,60	S/ 1 289,52	S/ 3 283,12
TNQ01	1	6,00	S/ 238,60	S/ 198,39	S/ 436,99
SEC01	1	6,00	S/ 258,60	S/ 198,39	S/ 456,99
ENFR01	2	7,00	S/ 416,90	S/ 231,45	S/ 648,35
TOTAL	94	401,00	S/ 23 314,30	S/ 13 258,87	S/ 36 573,17

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Como se puede apreciar en la Tabla 2, en el 2022 hubo un total de 94 fallas, equivalentes a un total de 401,00 horas de parada. Asimismo, en la Tabla 1 se evidenció que las horas improductivas en el periodo de estudio fueron un total de 401,00 horas. Por consiguiente, se puede afirmar que el 100% de las horas improductivas se dieron como consecuencia de fallas en las máquinas y equipos. Además, se evidenció un costo de S/ 23 314,30 en materiales, herramientas y repuestos, y un costo de S/ 13 258,87 en lo referente al pago realizado a la mano de obra; dando un total de S/ 36 573,17 como costo de reparación.

Cálculo de indicadores

La empresa en estudio no contaba con indicadores de producción ni de mantenimiento, por lo cual se procedió a realizar el cálculo respectivo de los mismos.

Productividad multifactorial de producción en sacos por unidad monetaria gastada en reparación de maquinaria

Este indicador se calculó teniendo en cuenta la producción real en el 2022 calculada en el anexo 18 y los costos de reparación hallados en la Tabla 2. Cabe destacar que los costos de reparación abarcan dos factores: costo de materiales/herramientas/repuestos y costo de mano de obra.

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Costos de reparación}}$$

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{172\,700 \text{ sacos}}{\text{S/ } 36\,573,17} = 4,72 \text{ sacos/sol}$$

En el 2022, se produjeron 4,72 sacos por cada sol gastado en la reparación de las máquinas y equipos.

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Este indicador permite determinar con qué frecuencia suceden las fallas de las máquinas y equipos.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total programado} - \text{Horas de parada}}{\text{Número de fallas}}$$

Tabla 3. Tiempo medio entre fallas

Código	Nº de fallas	Horas de parada	Tiempo total programado (h)	MTBF
TOLV01	3	4,50		707,83
ELEV01	8	49,50		259,81
CAM01	3	7,50		706,83
ZRP01	16	68,50		128,72
ELEV02	3	10,50		705,83
CAM02	2	5,00		1 061,50
ZRP02	9	36,00		232,44
ELEV03	3	11,50		705,50
CLAS01	9	41,00	2 128	231,89
ELEV04	3	9,50		706,17
SLCT01	11	49,50		188,95
SNF01	7	38,00		298,57
ELEV05	2	9,00		1 059,50
TLV02	2	3,00		1 062,50
CMPS01	9	39,00		232,11
TNQ01	1	6,00		2 122,00
SEC01	1	6,00		2 122,00
ENFR01	2	7,00		1 060,50
TOTAL	94	401	2 128	18,37

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

En el periodo de estudio se evidenció que en promedio se produjo una falla en las máquinas y equipos cada 18,37 horas.

Tiempo medio para reparar (MTTR)

Este indicador permite obtener el tiempo medio entre la ocurrencia de la falla y su reparación.

$$MTTR = \frac{\text{Horas de parada}}{\text{Número de fallas}}$$

Tabla 4. Tiempo promedio para reparar

Código	N° de fallas	Horas de parada	MTTR
TOLV01	3	4,50	1,50
ELEV01	8	49,50	6,19
CAM01	3	7,50	2,50
ZRP01	16	68,50	4,28
ELEV02	3	10,50	3,50
CAM02	2	5,00	2,50
ZRP02	9	36,00	4,00
ELEV03	3	11,50	3,83
CLAS01	9	41,00	4,56
ELEV04	3	9,50	3,17
SLCT01	11	49,50	4,50
SNF01	7	38,00	5,43
ELEV05	2	9,00	4,50
TLV02	2	3,00	1,50
CMPS01	9	39,00	4,33
TNQ01	1	6,00	6,00
SEC01	1	6,00	6,00
ENFR01	2	7,00	3,50
TOTAL	94	401,00	4,27

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

En el periodo de estudio se evidenció que en promedio se tardó 4,27 horas en reparar una máquina o equipo.

Disponibilidad operativa

Este indicador permite obtener el porcentaje en el que las máquinas operan con total normalidad.

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{\text{horas operativas} - \text{horas inoperativas}}{\text{horas operativas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{2\,128 - 401}{2\,128} \times 100 = 81,16\%$$

En el periodo de estudio, las máquinas y equipos estuvieron disponibles en un 81,16%.

Utilidades no percibidas

Este indicador representa la utilidad que la empresa no percibe por no producir sacos debido a las horas de parada de las máquinas y equipos.

Tabla 5. Utilidad no percibida por sacos no procesados a causa de fallas en las máquinas y equipos

Mes	Producción esperada (sacos de arrozillo de 49 kg)	Producción esperada (Sacos/h)	Tiempo de parada por fallas en máquinas y equipos (h)	Sacos no producidos por fallas en máquinas y equipos	Utilidad promedio por saco	Utilidad no percibida por sacos no procesados a causa de fallas en máquinas y equipos
Ene-22	18 200		40,00	4 000		S/ 19 200,00
Feb-22	16 800		32,00	3 200		S/ 15 360,00
Mar-22	18 200		35,50	3 550		S/ 17 040,00
Abr-22	18 200		30,00	3 000		S/ 14 400,00
May-22	18 200		22,50	2 250		S/ 10 800,00
Jun-22	18 200	100	28,00	2 800	S/ 4,80	S/ 13 440,00
Jul-22	16 800		37,50	3 750		S/ 18 000,00
Ago-22	17 500		37,50	3 750		S/ 18 000,00
Set-22	18 200		36,00	3 600		S/ 17 280,00
Oct-22	18 200		50,50	5 050		S/ 24 240,00
Nov-22	17 500		22,00	2 200		S/ 10 560,00
Dic-22	16 800		29,50	2 950		S/ 14 160,00
Anual	212 800	100	401,00	40 100	S/ 4,80	S/ 192 480,00

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

En la Tabla 5 se muestra el cálculo de la utilidad no percibida por sacos de arrozillo de 50 kg no procesados a causa de las fallas en las máquinas y equipos, sumando un total de S/ 192 480 en el periodo enero 2022 – diciembre 2022.

Resumen de indicadores

Tabla 6. Resumen de indicadores (enero 2022 – diciembre 2022)

Indicadores actuales	
Producción real	172 700 sacos
N° de fallas	94
Tiempo de parada	401,00 horas
Costos de reparación	S/ 36 573,17
Productividad multifactorial de producción por soles gastados en reparación	4,72 sacos/soles
MTBF	18,37 horas
MTTR	4,27 horas
Disponibilidad	81,16%
Utilidad no percibida por sacos no procesados a causa de fallas en Máquinas y equipos	S/ 192 480,00

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Análisis de criticidad

En el anexo 19 se elaboró la matriz de criticidad con la finalidad de identificar las máquinas y equipos más críticos en la empresa de estudio. Para ello, se tuvo en cuenta que la criticidad es igual al producto de la frecuencia de falla por la consecuencia, donde la consecuencia está expresada por la siguiente fórmula:

Consecuencia = (costo de reparación + Impacto en SST + impacto ambiental + impacto en la calidad del producto final) + (impacto sobre la producción * tiempo promedio para reparar).

Entonces, según la aplicación de fórmula de criticidad, en el anexo 20, se empleó el método ABC y posteriormente, en el anexo 21, se realizó un diagrama de Pareto para identificar gráficamente las máquinas y equipos críticos.

Según la elaboración del análisis de criticidad, la tabla ABC y el diagrama de Pareto, los activos críticos resultaron ser: SLCT01 (selectora), ZRP01 (zaranda Prelimpia), CMP01 (compresor), CLAS01 (clasificador), ELEV01 (elevador de cangilones 1), ZRP02 (zaranda rotovaivén), y SNF01 (sinfín). Por consiguiente, el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento se enfocó en dichos activos críticos.

Objetivo 2. Elaboración de la propuesta del plan de mantenimiento

Selección de la metodología de mantenimiento

Para la selección de la metodología de mantenimiento se evaluaron tres enfoques (RCM, TPM y CBM) [41]. Entonces, se establecieron tres criterios clave (Criterio A: Costo de implementación, Criterio B: Tiempo de implementación, y Criterio C: Ventaja). Para ello, se empleó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) de Thomas L. Saaty, cuyos detalles se encuentran desde el anexo 22 hasta el anexo 26. Es importante destacar que, en todos los casos, se mantuvo un ratio de consistencia inferior al umbral máximo permitido (5%), lo que garantiza la validez de la evaluación.

Como resultado final, en el anexo 26, se observó que el RCM obtuvo la mayor priorización con un valor de 0,48; seguido del TPM con 0,36 y el CBM con 0,16. Entonces, dado el claro resultado a favor del RCM, se eligió esta metodología para elaborar la propuesta del plan de mantenimiento, cuya finalidad es reducir las utilidades no percibidas de la empresa en estudio en un 25% (valor meta), tomando como referencia el porcentaje de reducción obtenido en [11], el cual fue 27,88%.

Árboles de fallas

Desde el anexo 27 hasta el anexo 33 se muestran los árboles de fallas de las máquinas o equipos críticos de la empresa en estudio, teniendo como finalidad hallar la causa raíz.

Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

Una vez identificadas las causas raíz en los árboles de falla, se realizaron los AMEF con el propósito de identificar los modos y efectos de falla de cada máquina para poder calcular el NPR inicial (número de prioridad de riesgo). Seguidamente, se recomendaron acciones, se asignaron responsables y se calculó nuevamente el NPR con las propuestas. Cabe mencionar que: $NPR > 200$ es inaceptable (I), $200 \geq NPR > 125$ es reducción deseable (R), y $125 \geq NPR$ es aceptable (A) [2]. Ello se puede observar desde el anexo 34 hasta el anexo 40.

Hoja de decisión RCM

Luego de elaborar los AMEF, desde el anexo 41 hasta el anexo 47 se elaboraron las hojas de decisión RCM para cada máquina crítica, donde en un inicio se relacionan las fallas (F) con las fallas funcionales (FF), los modos de falla (FM) y las consecuencias de fallo oculto (H), consecuencias en la seguridad y salud en el trabajo (S), consecuencias en el medio ambiente (E) y consecuencias operacionales (O). Luego, se establecieron las tareas correspondientes y se analizó su tipo: tarea a condición (H1, S1, O1, N1), reparación (H2, S2, O2, N2), o sustitución cíclica (H3, S3, O3, N3). Finalmente se estableció el intervalo inicial de cada tarea y el personal asignado para realizarla.

Plan de mantenimiento

Una vez realizadas las hojas de decisión RCM, se procedió a elaborar los planes de mantenimiento para cada máquina o equipo crítico, donde se incluye la actividad a realizar, los materiales y herramientas necesarias, la frecuencia con la que se realiza, el tiempo aproximado de trabajo y el personal encargado. Todo ello se encuentra desde el anexo 48 hasta el anexo 54.

Cronograma de mantenimiento

Finalmente, teniendo en cuenta la frecuencia de las actividades estipuladas en el plan de mantenimiento, se elaboró el cronograma anual correspondiente, teniendo en cuenta la siguiente nomenclatura: S (color lila): Semanal, B (color verde): Bimestral, Q (color azul): Quincenal, M (color gris): Mensual, T (color celeste): Trimestral, S (color mostaza): Semestral, A (color anaranjado): Anual. Todo ello se encuentra desde el anexo 55 hasta el anexo 61.

Política y Objetivos de mantenimiento

Como complemento a la gestión, se definió una política y objetivos de mantenimiento en el anexo 62.

Procedimiento de mantenimiento de máquinas y equipos

En el anexo 63 se optó por realizar un documento detallado del nuevo procedimiento de mantenimiento, incluyendo el objetivo, alcance, responsabilidades, definiciones, documentos aplicables (formato de orden de trabajo y formato de solicitud de materiales, herramientas y

repuestos), flujograma, etc. Asimismo, se detalla la participación de un supervisor de mantenimiento. Cabe mencionar que inicialmente se contaba con un técnico mecánico – eléctrico, por lo que la propuesta de contratar al supervisor es requisito primordial. La información del perfil del puesto mencionado se encuentra en el anexo 64.

Capacitación de personal sobre la propuesta

La capacitación del personal de la planta reprocesadora de arroz fue asignada a los siguientes colaboradores: gerente general (1), supervisor de mantenimiento (1), técnico mecánico – eléctrico (1). El contenido de las capacitaciones se encuentra en el anexo 65, siendo necesario mencionar que se definieron en la fecha de dos domingos, representando un costo total de S/ 850, considerando el pago al asesor externo (S/ 650), refrigerios (S/ 20), pasajes (S/ 90) y certificados (S/ 90).

Nuevos indicadores

Para el cálculo de los nuevos indicadores, en el anexo 66 se halló las horas totales de paradas programadas en el plan de mantenimiento, donde se calculó un total de 210,02 horas. Entonces, en el anexo 67 se calculó el tiempo de reducción de las horas de parada teniendo en cuenta solo las máquinas evaluadas en el plan de mantenimiento. Como resultado, el tiempo de reducción fue un total de 111,48 horas. Con base en ello, ya se pueden hallar los nuevos indicadores.

Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Tiempo total programado: 2 128 horas
- Horas de parada: Es la resta del total de horas de parada antes de la propuesta del plan con el tiempo de reducción después del plan (401 - 111,48 = 289,52 horas).
- Número de fallas: Es la suma de las fallas de todas las máquinas, excluyendo a las evaluadas en el plan de mantenimiento.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total programado} - \text{Horas de parada}}{\text{Número de fallas}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{2\,128 - 289,52}{25}$$

$$\text{MTBF} = 73,53 \text{ h}$$

Tiempo promedio para reparar (MTTR)

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Tiempo total programado: 2 128 horas
- Horas de parada: Es la resta del total de horas de parada antes de la propuesta del plan con las horas programadas después del plan (401 - 111,48 = 289,52 horas).

- Número de fallas: Se obtiene sumando las fallas de todas las máquinas (excluyendo las evaluadas en el plan de mantenimiento) y el número de intervenciones empleadas en el plan de mantenimiento ($25 + 621 = 646$ fallas).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas de parada}}{\text{Número de fallas}}$$

$$\text{MTTR} = \frac{289,52}{25 + 646}$$

$$\text{MTTR} = 0,43 \text{ h}$$

Disponibilidad operativa

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{\text{horas operativas} - \text{horas inoperativas}}{\text{horas operativas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{2\ 128 - 289,52}{2\ 128} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = 86,40\%$$

Producción estimada con la mejora

$$\text{Prod. est.} = \text{Prod. esperada por año} - \text{Horas de parada} * \text{prod. esperada por hora}$$

$$\text{Prod. est.} = 212\ 800 - 289,52 * 100$$

$$\text{Prod. est.} = 183\ 848 \text{ sacos/año}$$

Utilidad no percibida por sacos no procesados a causa de fallas en las máquinas

Primero, se hallan los sacos no producidos por fallas en las máquinas:

$$\text{Sacos no producidos} = \text{Horas de parada} * \text{prod. esperada por hora}$$

$$\text{Sacos no producidos} = 289,52 * 100$$

$$\text{Sacos no producidos} = 28\ 952 \text{ sacos/año}$$

Seguidamente, se halla la utilidad no percibida, recordando que la utilidad promedio por saco establecida fue de S/ 4,80:

$$\text{Utilidad no percibida} = \text{Sacos no producidos} * \text{utilidad promedio por saco}$$

$$\text{Utilidad no percibida} = 28\ 952 * \text{S/ } 4,80$$

$$\text{Utilidad no percibida} = \text{S/ } 138\ 969,60$$

Es importante reconocer que la propuesta no se ha implementado aún y que varios factores pueden influir en el resultado final. En la presente investigación, se considerarían como principales factores adversos la resistencia al cambio, las condiciones climatológicas, las fluctuaciones en los precios de insumos, la disponibilidad de proveedores y la experiencia del personal. [42]. Es así como, la utilidad no percibida calculada anteriormente se evaluaría dentro de un escenario conservador, ya que los factores adversos tendrían un impacto moderado. En este escenario, la resistencia al cambio sería manejable, con una implementación

razonablemente eficaz del plan de mantenimiento. Además, las condiciones climatológicas y las fluctuaciones en los precios de los insumos tendrían un efecto limitado. Finalmente, el costo de materiales, herramientas y repuestos; al igual que el costo de mano de obra, sería el estipulado con la propuesta (Anexo 69).

En un escenario pesimista, se prevé una alta resistencia al cambio, lo que podría ralentizar la implementación del plan de mantenimiento. De igual manera, condiciones climatológicas adversas podrían causar interrupciones adicionales, y fluctuaciones en los precios de insumos podrían aumentar costos operativos. Además, la escasa disponibilidad de proveedores confiables podría incrementar el costo de materiales, herramientas y repuestos, mientras que el costo de mano de obra podría subir debido a la falta de personal calificado y la necesidad de capacitación adicional. Por su parte, en el escenario optimista se anticiparía una implementación eficiente del plan de mantenimiento con baja resistencia al cambio; se tendría condiciones climatológicas favorables y mínimas fluctuaciones en los precios de insumos; también se esperaría que el costo de materiales, herramientas y repuestos se mantenga estable gracias a la alta disponibilidad de proveedores confiables; y el costo de mano de obra no se vería significativamente afectado debido a la experiencia y capacitación previa del personal, lo cual contribuiría a una producción con mínimas interrupciones.

Con todo lo anteriormente mencionado; para el escenario pesimista y optimista, se recomienda ajustar los datos del escenario conservador variando un 10% y un 15% todos los valores contables. [43], [44]

Entonces, en la presente investigación se optó por una variación promedio (12,5%) en la utilidad no percibida. por lo que se obtienen los siguientes resultados:

- Utilidad no percibida en escenario conservador: S/ 138 969,60
- Utilidad no percibida en escenario pesimista: S/ 156 340,80
- Utilidad no percibida en escenario optimista: S/ 121 598,40

Costos de reparación

Para este indicador, en el anexo 68 se costearon los materiales, herramientas y repuestos del plan de mantenimiento propuesto. Adicional a ello, en el anexo 69 también se reajustó el costo de mano de obra requerido, teniendo en cuenta que las horas de parada se redujeron y se halló el costo de reparación por medio de la suma del costo de materiales/herramientas/repuestos con el costo de mano de obra. Como resultado, el nuevo costo de reparación es de S/ 23 976,62.

Productividad multifactorial de producción en sacos por unidad monetaria gastada en reparación de maquinaria

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Costos de reparación}}$$

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{183\,848 \text{ sacos/año}}{23\,976,62 \text{ soles/año}} = 7,67 \text{ sacos/sol}$$

Comparación de indicadores

Por último, se presenta un resumen del valor de cada indicador antes y después de la propuesta, así como la variación porcentual correspondiente.

Tabla 7. Cuadro comparativo de indicadores

Indicador	Antes de la propuesta	Después de la propuesta	Variación porcentual
Producción real / producción estimada con la mejora	172 700 sacos	183 848 sacos	6,46%
N° de fallas	94	25	-73,40%
Tiempo de parada	401,00 horas	289,52	-27,80%
Costos de reparación	S/ 36 573,17	S/ 23 976,62	-34,44%
Productividad multifactorial de producción por soles gastados en reparación	4,72 sacos/soles	7,67 sacos/soles	62,50%
MTBF	18,37 horas	73,53 horas	300,27%
MTTR	4,27 horas	0,43 horas	89,93%
Disponibilidad	81,16%	86,40%	5,24%
Utilidad no percibida por sacos no procesados a causa de fallas en máquinas y equipos	S/ 192 480,00	E.P: S/ 156 340,80	-18,78%
		E.C: S/ 138 969,60	-27,80%
		E.O: S/ 121 598,40	-36,83%

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que se tomará como referencia el escenario conservador para próximos cálculos y análisis, puesto que tiene mayor probabilidad de ocurrencia conforme al plan de mantenimiento propuesto.

Objetivo 3. Evaluación económica de la propuesta

Para la evaluación económica de la propuesta, es importante reconocer que los indicadores económicos (VAN, TIR, PRI y B/C) no representan cifras definitivas, sino más bien estimaciones. En consecuencia, es fundamental abordar estos resultados con una perspectiva crítica y considerarlos como indicativos de la viabilidad económica más que como cifras definitivas.

Ingresos

Por un lado, como principal ingreso se considera la venta de los sacos adicionales que se producen con la propuesta del plan de mantenimiento, ya que hubo un aumento de producción en 6,46%. Antes de la propuesta, se tuvo una producción de 172 700 sacos y con la propuesta se produciría 183 848 sacos, evidenciando una producción adicional de 11 148 sacos. Dicha cantidad es un monto anual, pero como se optó por desarrollar el flujo de caja económico de

manera mensual, se tiene en promedio una producción adicional de 929 sacos por mes; considerando que el precio de venta es de S/ 50.

Por otro lado, como segundo ingreso se tiene el ahorro en costos de reparación. En el diagnóstico se evidenció un monto de S/ 36 573,17 y con la propuesta S/ 23 976,62, evidenciando un ahorro de S/ 12 596,55. De igual manera, dicho monto es anual, y como se trabajó en un flujo de caja económico mensual, se tiene en promedio un ahorro mensual de S/ 1049,71.

En resumen:

$$\text{Ingresos mes 1} = 929 \text{ sacos adicionales} * S/ 50 + S/ 1049,71 = S/ 47 499,71$$

Egresos

Costos

Como principal costo se tiene el costo de producción de los sacos adicionales que se producen con la propuesta del plan de mantenimiento, teniendo en cuenta que a la empresa en estudio le cuesta S/ 0,65 en promedio producir un kilogramo de arrocillo; considerando que son sacos de 50 kg, se tiene un costo de producir de S/ 32,5 por saco.

Como segundo costo, se tiene el pago mensual del supervisor de mantenimiento, el cual será de S/ 2 500 considerando beneficios laborales.

$$\text{Costos mes 1} = S/ 32,5 * 929 \text{ sacos adicionales} + S/ 2 500 = S/ 32 692,50$$

Gastos administrativos y de ventas

Para este apartado, se consideró el costo de transporte de los sacos adicionales al punto de venta, el cual es en promedio S/0,15 por unidad.

$$\text{GAV mes 1} = S/ 0,15 * 929 \text{ sacos adicionales} = S/ 139,35$$

Inversión

Como principal inversión se tiene la adquisición de materiales, herramientas y repuestos en el mes cero, representando un monto de S/ 14 403,89 y la capacitación inicial con un monto de S/ 850. Asimismo, se estimó un imprevisto del 5%.

En resumen:

$$\text{Inversión mes 0} = (S/ 14 403,89 + S/ 850) * 1,05 = S/ 16 016,58$$

Aspectos para tomar en cuenta:

- Se estima un aumento mensual de 0,39% en ingresos, costos y GAV, tomando como referencia la inflación de julio 2023. [45]
- No se considera depreciación, debido a que ningún material, herramienta y repuesto supera el ¼ de una UIT. [46]
- Se considera impuesto a la renta de 29,5%. [47]

- Para el COK, o también conocido como TMAR, se empleó la fórmula correspondiente [48], la cual se expresa a continuación:

$$\text{TMAR} = i + f + if$$

Donde:

$$f = \text{inflación}, i = \text{tasa bancaria}$$

Para la inflación (f), como se mencionó anteriormente, se tomó como referencia la presentada en el mes de julio 2023, equivalente a 0,39%.

Para la tasa bancaria (i) se tomó como referencia la presentada por Compartamos Financiera, la cual presentó una TEA de 23,14% a un plazo de más de 360 días [49]. Entonces, se convirtió la TEA a una tasa efectiva mensual (TEM):

$$\text{TEM} = (1 + 23,14\%)^{(30/360)} - 1 = 1,75\%$$

Finalmente:

$$\text{TMAR} = 1,75\% + 0,39\% + (1,75\% * 0,39\%) = 2,15\%$$

Con base en todo lo expuesto, en la Tabla 8 se presenta el flujo de caja económico.

Tabla 8. Flujo de caja económico

Estado de resultados													
Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		S/47 499,71	S/47 684,96	S/47 870,93	S/48 057,63	S/48 245,05	S/48 433,21	S/48 622,10	S/48 811,73	S/49 002,09	S/49 193,20	S/49 385,05	S/49 577,65
Costos operativos		S/32 692,50	S/32 820,00	S/32 948,00	S/33 076,50	S/33 205,49	S/33 335,00	S/33 465,00	S/33 595,52	S/33 726,54	S/33 858,07	S/33 990,12	S/34 122,68
GAV		S/139,35	S/139,89	S/140,44	S/140,99	S/141,54	S/142,09	S/142,64	S/143,20	S/143,76	S/144,32	S/144,88	S/145,45
Utilidad antes de impuestos		S/14 667,86	S/14 725,07	S/14 782,49	S/14 840,15	S/14 898,02	S/14 956,13	S/15 014,45	S/15 073,01	S/15 131,80	S/15 190,81	S/15 250,05	S/15 309,53
Impuestos (29.5%)		S/4 327,02	S/4 343,89	S/4 360,84	S/4 377,84	S/4 394,92	S/4 412,06	S/4 429,26	S/4 446,54	S/4 463,88	S/4 481,29	S/4 498,77	S/4 516,31
Utilidad después de impuestos		S/10 340,84	S/10 381,17	S/10 421,66	S/10 462,30	S/10 503,11	S/10 544,07	S/10 585,19	S/10 626,47	S/10 667,92	S/10 709,52	S/10 751,29	S/10 793,22
Flujo de caja													
Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Utilidad después de impuestos		S/10 340,84	S/10 381,17	S/10 421,66	S/10 462,30	S/10 503,11	S/10 544,07	S/10 585,19	S/10 626,47	S/10 667,92	S/10 709,52	S/10 751,29	S/10 793,22
Inversión	S/16 016,58												
FNE	-S/16 016,58	S/10 340,84	S/10 381,17	S/10 421,66	S/10 462,30	S/10 503,11	S/10 544,07	S/10 585,19	S/10 626,47	S/10 667,92	S/10 709,52	S/10 751,29	S/10 793,22
VAN	S/94 609,83												
TIR	64,78%												
PRI	1,74 meses												
Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		S/47 499,71	S/47 684,96	S/47 870,93	S/48 057,63	S/48 245,05	S/48 433,21	S/48 622,10	S/48 811,73	S/49 002,09	S/49 193,20	S/49 385,05	S/49 577,65
Egresos	S/16 016,58	S/37 158,87	S/37 303,79	S/37 449,27	S/37 595,33	S/37 741,95	S/37 889,14	S/38 036,91	S/38 185,25	S/38 334,18	S/38 483,68	S/38 633,77	S/38 784,44
VAN Ingresos	S/508 152,27												
VAN Egresos	S/413 542,44												
B/C	1,23												

Fuente: Elaboración propia

Discusión de resultados

Discusión del objetivo 1:

En relación con el diagnóstico inicial, en la empresa en estudio se identificó un monto de utilidades no percibidas equivalente a S/ 192 480,00. Esto se debió a un tiempo de parada de 401 horas causado por 94 fallas en las máquinas y equipos. Por contraste, en [6] se registró un monto superior de utilidades no percibidas, ascendiendo a S/ 280 265,40, con un tiempo de parada de 731 horas y 437 fallas. Del mismo modo, en [7], se presentaron utilidades no percibidas de S/ 857 587,50, con 544,50 horas de parada y 149 fallas. Ambos estudios previos exhibieron cifras superiores a las encontradas en la presente investigación, en gran medida debido a que las máquinas y equipos en cuestión tenían entre 5 y 8 años de antigüedad, a diferencia de la empresa en estudio, que adquirió sus activos al inicio del 2019.

En cuanto a los indicadores de mantenimiento, la empresa en estudio presentó un MTBF de 18,37 horas; mientras que en [9] se registró un valor de 104 horas, en [11] de 22 horas y en [13] de 60,26 horas. En los estudios previos se presentó un mayor tiempo medio entre fallas; es decir, sus máquinas y equipos fallaban con menor frecuencia, indicando un mejor estado de estos. Además, en la presente investigación se obtuvo un MTTR de 4,27 horas; en contraste con [7] y [9] que presentaron un MTTR inferior de 3,65 horas y 2,76 horas respectivamente. En dichos estudios se requirió menor tiempo en promedio para reparar las fallas debido a su menor complejidad y mayor habilidad del técnico mecánico - eléctrico. No obstante, en [11] y [13] se evidenció un MTTR superior de 5 y 7,24 horas respectivamente; justificándose en una mayor complejidad de fallas y menor habilidad por parte del personal de mantenimiento.

Adicionalmente a lo mencionado, en la empresa en estudio se identificaron costos de reparación por un total de S/ 36,573.17, con una productividad de 4,72 sacos producidos por cada sol gastado en la reparación de máquinas y equipos. Por contraste, en [13] se evidenció un gasto en reparaciones mucho mayor, alcanzando S/ 66 502,64, con una productividad menor de 1,92 sacos producidos por cada sol gastado en la reparación de máquinas y equipos. Esto indica que en dicho estudio se destinaron más recursos económicos a las reparaciones debido a la complejidad de las fallas; y, al mismo tiempo, se logró una menor eficiencia en la producción de sacos por cada unidad monetaria invertida en esta actividad, debido a los altos costos de materiales, herramientas y repuestos.

Discusión del objetivo 2:

En relación con la propuesta de mejora correspondiente al plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) de esta investigación, se estimó una reducción del 27,80% en las utilidades no percibidas. Sin embargo, en [6], donde se propuso un plan de mantenimiento

preventivo y autónomo junto con manuales e instructivos, se alcanzó una reducción del 51,98%. Además, en [7] y [8], estudios que siguieron una metodología similar a la presente investigación, se obtuvieron reducciones del 40%, y 41,02%, respectivamente. Asimismo, en [10], donde se incorporó el análisis Weibull además de seguir el enfoque de esta investigación, se logró una reducción del 59,29%. Entonces, aunque los resultados de la presente investigación muestran una reducción menor en comparación con los estudios similares mencionados, es esencial destacar que cada uno de ellos se llevó a cabo en un contexto único con variables específicas que influyeron en los resultados, como producción diaria, costos operativos, recursos disponibles y limitaciones particulares de cada empresa. De igual manera, la aplicación rigurosa de la metodología RCM y los criterios de evaluación también desempeñaron un papel crucial. No obstante, cabe mencionar que el valor meta establecido en esta investigación fue una reducción del 25%, basado en [11]. En este sentido, la presente investigación logró superar el valor meta al estimar una reducción del 27,80% en las utilidades no percibidas.

En lo que concierne a los indicadores de mantenimiento, la presente investigación logró mejoras significativas en los indicadores clave. El MTBF (tiempo medio entre fallas) se incrementó en 300,27%, mientras que el MTTR (tiempo medio de reparación) se redujo en 89,93%, y la disponibilidad operativa aumentó en 5,24%. Por su parte, en [14], se alcanzó un aumento del 375,11% en el MTBF, una reducción del 80,19% en el MTTR y un incremento del 13,54% en la disponibilidad. Es decir, se lograron mejores resultados en cuanto al MTBF y disponibilidad que en la presente investigación, debido a que las tareas de mantenimiento fueron más y de esa manera aumentó tanto el tiempo medio entre fallas como la disponibilidad, ya que se optimizó el tiempo de cada tarea. En contraste, en lo que respecta al MTTR, la presente investigación tuvo mejor resultado, gracias a la consideración de la habilidad del técnico mecánico – eléctrico en el proceso de reparación. Además, los costos de reparación se redujeron en 34,44%, mientras que en [12] se redujeron en 40,44%. En dicha investigación, se redujo en mayor porcentaje debido a que la cantidad de materiales, repuestos y herramientas necesarios fue menor y el precio fue más accesible. Asimismo, en la presente investigación, la productividad multifactorial de producción por soles gastados en reparación se redujo en 62,50%, mientras que en [13] en un 71,15%, demostrando que en dicha investigación se logró producir más sacos por cada sol gastado en la reparación de máquinas y equipos, debido a la minimización de costos.

Discusión del objetivo 3:

En relación con la evaluación económica de la propuesta, se debe conocer que se busca maximizar el VAN, la TIR y el B/C; y minimizar el PRI. Con base en ello, en la presente investigación se obtuvo un valor actual neto (VAN) de S/94 609,83; una tasa interna de retorno (TIR) de 64,78%, un periodo de retorno de la inversión (PRI) de 1,74 meses y un beneficio - costo (B/C) de 1,23. Sin embargo, en [9] se obtuvo un VAN de S/ 264 186,25, una TIR de 280%, un PRI de 8 días y un B/C de 1,87. Es decir, en dicha investigación se obtuvo un valor más favorable en absolutamente todos los indicadores. Por su parte, en [10], se obtuvo un VAN S/ 70 521,14; una TIR de 17,4%, un PRI de 8 meses y un B/C de 2,71. Comparando dichos indicadores económicos con la presente investigación, en dicho estudio se obtuvo un valor favorable en el B/C; y valores desfavorables en el VAN, la TIR y el PRI.

Estas discrepancias en los resultados, a pesar de la aplicación de la misma metodología, pueden explicarse por diversas razones, tales como diferencias en los datos de entrada utilizados (ingresos, costos, GAV, etc.), variabilidad en la calidad de los datos, condiciones y contextos específicos de cada proyecto. Todo esto resalta la importancia de considerar detenidamente todas las variables y contextos involucrados en la evaluación económica de proyectos para obtener resultados más precisos y significativos. Sin embargo, en ambos estudios similares y en la presente investigación se obtuvo una propuesta de plan de mantenimiento viable económicamente.

Conclusiones

Se propuso un plan de mantenimiento en la empresa San Martín Manufacturas SAC, el cual, por medio de la disminución de horas de parada, proyectó reducir las utilidades no percibidas en un 27,80% considerando un escenario conservador.

Se diagnosticó el proceso de mantenimiento de la empresa en estudio, evidenciándose la presencia de solo un mantenimiento de tipo correctivo. Esto, durante el periodo enero 2022 – diciembre 2022, ocasionó 94 fallas, 401 horas de parada, S/ 36 573,17 en costos de reparación, 18,37 horas en promedio para la ocurrencia de una falla y 4,27 horas en promedio para su reparación. Todo ello desencadenó en una disponibilidad operativa de 81,16% y utilidades no percibidas de S/ 192 480,00.

Se elaboró la propuesta de un plan de mantenimiento, tomando como base el análisis de criticidad, la identificación de la causa raíz de cada falla, el AMEF y la hoja de decisión RCM. Asimismo, se elaboró un procedimiento documentado para el mantenimiento de las máquinas y equipos; junto con un formato de orden de trabajo y un formato de solicitud de materiales, herramientas y repuestos. Como resultado, se estimó una reducción de las utilidades no percibidas en un 18,78%, 27,80% y 36,83% para los escenarios pesimista, conservador y optimista, respectivamente. Tomando como base el escenario conservador, la reducción en un 27,80% se justificó básicamente por un aumento de 6,46% en la producción debido a la disminución de las horas de parada en 27,80%. Asimismo, el MTBF aumentó en 300,27%, el MTTR disminuyó en 89,93% y la disponibilidad se incrementó en 5,24%.

Se evaluó la viabilidad económica de la propuesta teniendo en cuenta que los resultados no fueron reales, sino estimados. Es así como se obtuvo un valor actual neto (VAN) de S/94 609,83; una tasa interna de retorno (TIR) de 64,78%, un periodo de retorno de la inversión (PRI) de 1,74 meses y un beneficio - costo (B/C) de 1,23.

Recomendaciones

Implementar o ejecutar el plan de mantenimiento para disminuir las utilidades no percibidas, ya que se demostró su viabilidad económica.

Realizar un mapeo de los principales proveedores de materiales, herramientas y repuestos para establecer convenios, minimizar tiempos de traslado y agilizar la realización del mantenimiento.

Elaborar un plan de mantenimiento empleando la metodología TPM y compararlo con el plan de mantenimiento basado en RCM realizado en el presente trabajo de investigación, con la finalidad de identificar y evaluar la metodología más viable.

Referencias

- [1] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Observatorio de commodities: Arroz,» marzo 2023. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4292099/Commodities%20Arroz%3A%20oct-dic%202022.pdf?v=1680284200>. [Último acceso: 1 abril 2023].
- [2] F. A. Pérez Rondón, «Conceptos generales de la gestión del mantenimiento industrial,» 2021. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. [Último acceso: 1 abril 2023].
- [3] F. N. Hoot Herrera, S. N. Hurtado Aguilar y L. L. Fuentes Peralta, «Evaluación de la gestión del mantenimiento industrial en el área de trillo de café en la empresa Olam Nicaragua S. A, municipio de Matagalpa, en el II semestre del año 2019.,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.unan.edu.ni/13423/1/20061.pdf>. [Último acceso: 1 abril 2023].
- [4] «Diseño de un plan de mantenimiento para reducir costos de mantenimiento de máquinas en la empresa Santa Patricia S.A,» 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.usil.edu.pe/flip/?pdf=https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/41bb3743-8155-40ed-bce9-2de924688deb/content>. [Último acceso: 22 abril 2023].
- [5] «Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Record S.A,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4442>. [Último acceso: 22 abril 2023].
- [6] K. J. Bereche Mendoza, «Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz en la empresa el Molino del Agricultor SAC para incrementar la eficiencia,» 2020. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3984/1/TL_BerechaMendozaKiara.pdf. [Último acceso: 26 febrero 2023].
- [7] D. R. Timoteo Lluen, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas,» 2022. [En línea]. Available:

- https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4970/1/TL_TimoteoLluenDavid.pdf.
[Último acceso: 27 febrero 2023].
- [8] J. Coronel Pasapera, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC,» 2023. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/6086/1/TL_CoronelPasaperaJanicke.pdf. [Último acceso: 28 julio 2023].
- [9] A. M. Mesones Alvitres, «Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Agronegocios Sicán S.A.C para incrementar su productividad,» 2021. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3676/1/TL_MesonesAlvitresAnaMaria.pdf. [Último acceso: 26 julio 2023].
- [10] K. A. Guevara Mondragón, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la línea de producción en la empresa Gemar Group E.I.R.L para disminuir sus utilidades no percibidas,» 2020. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2956/1/TL_GuevaraMondragonKaroll.pdf. [Último acceso: 23 agosto 2023].
- [11] O. A. Chavez Gaona, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el proceso de producción de una planta chancadora de piedra para incrementar la utilidad,» 2019. [En línea]. Available: http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2654/TL_ChavezGaonaOmar.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Último acceso: 25 febrero 2023].
- [12] S. Pertiwi, W. Hermawan y E. Prahmawati, «Maintenance Cost Reduction of Paddy Seed Production Machinery by Implementing Preventive Maintenance System,» 2019. [En línea]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/557/1/012075/pdf>. [Último acceso: 2023 febrero 2023].
- [13] L. M. Reaño Ramos, «Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías,» 2019. [En línea]. Available: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2058/Leonardo%20Rea%](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2058/Leonardo%20Rea%20)

- C3%B1o_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Último acceso: 2019].
- [14] J. R. Rojas Gonzales, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en La Libertad, 2019,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/Rojas%20Gonzales%20Jaime%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 22 abril 2023].
- [15] C. J. Monsalve Ramos, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino El Chamesino SAC para incrementar su productividad,» 2020. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3512/1/TL_MonsalveRamosCristhianJesus.pdf. [Último acceso: 28 febrero 2023].
- [16] W. Reeve Duchac, Contabilidad financiera (15^o edición), Boston, Estados unidos: Cengage Learning, 2017.
- [17] F. d. A. Financiera, Fundamentos de Administración Financiera, Upper Saddle River, New Jersey, Estados Unidos.: Pearson Education, 2009.
- [18] L. A. Távarés, Administración moderna de mantenimiento, Brasilia: Novo Polo Publicações, 2000.
- [19] A. Fernández Clemente y C. Á. Moscoso Saavedra, «Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basado en principios de las metodologías TPM y RCM para reducir los tiempos de parada de máquina en una empresa del sector de línea blanca,» 17 febrero 2021. [En línea]. Available: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655239/FernandezC_A.pdf?sequence=3. [Último acceso: 5 marzo 2023].
- [20] G. Herrera Sánchez, L. Morán Bravo, J. Gallardo Navarro y A. Silva Juarez, «Gestión del mantenimiento y la industria 4.0,» 2019. [En línea]. Available: https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Innovativa/vol4num15/Revista_de_Ingenieria_Innovativa_V4_N15_2.pdf. [Último acceso: 30 diciembre 2020].

- [21] R. A. Anaguano Lamiña, «Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6344/1/T2690-MBA-Anaguano-Modelo.pdf>. [Último acceso: 1 marzo 2023].
- [22] L. Hernández Bazán y J. Malaver Rojas, «Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas en la empresa Cerámicos Cajamarca SRL - 2019,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25408/Hernandez%20Bazan%2c%20Luis%20Angel%20-%20Malaver%20Rojas%2c%20Jorge%20Edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 1 marzo 2023].
- [23] O. Campos López, G. Tolentino Eslava, M. Toledo Velázquez y R. Tolentino Eslava, «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos,» *Científica*, vol. 23, n° 1, p. 51.59, 2019.
- [24] C. Fernández Collado, M. d. P. Baptista Lucio y S. R. Hernández, *Metodología de la investigación*, 6ta ed., Mc Graw Hill Education, 2014.
- [25] C. Bernal, *Metodología de la investigación*, 3era ed., Pearson, 2010, p. 320.
- [26] O. Hernández González, «Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen,» *Revista Cubana de Medicina General Integral*, vol. 37, n° 3, setiembre 2021.
- [27] N. D. Piza Burgos, F. A. Amaiquema Márquez y G. E. Beltrán Baquerizo, «Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias,» *Conrado*, vol. 15, n° 70, 2019.
- [28] Universidad Nacional de La Plata, «Gráfica para Ingeniería - Sistemas de representación "C",» 2004. [En línea]. Available: https://catedras.ing.unlp.edu.ar/grafica/giga/gpi/apuntes/12_diag_bloques04.pdf. [Último acceso: 24 agosto 2023].

- [29] F. Y. Patiño Martínez, C. I. Torres Londoño y P. Chica Sosa, «Elaboración de diagramas de flujo básicos,» 2023. [En línea]. Available: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/455ada35-c098-496d-a953-bbcda59d40e6/content>. [Último acceso: 23 agosto 2023].
- [30] T. Peña Vera, «Etapas del análisis de la información documental,» *Revista Interamericana de Bibliotecología*, vol. 45, pp. 1-6, 19 mayo 2022.
- [31] A. Milán Pérez, A. Felipe Guilarte y M. T. Dominguez Dreke, «Registro de Datos Primarios, herramienta de Gestión de la Información,» *Ciencias de la Información*, vol. 42, n° 1, pp. 39-44, 2011.
- [32] L. I. Saraiba Nuñez, Y. Arbella Feliciano, M. R. Moreno Pino y R. Torres Sainz, «La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos,» *Ciencias Holguín*, vol. 29, n° 2, 2023.
- [33] V. Yepes Piqueras, «Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP),» 27 noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>. [Último acceso: 1 noviembre 2023].
- [34] O. Campos López, G. Tolentino Eslava, M. Toledo Velázquez y R. Tolentino Eslava, «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos,» *Científica*, vol. 23, n° 1, pp. 51-59, 2019.
- [35] G. López Calvajar, I. Alonso Hernández, Z. Mazaira Rodríguez y H. Ricardo Cabrera, «Árbol de fallo como herramienta para la mejora de procesos. Estudio de caso cementera XPZ,» *Revista espacios*, vol. 39, n° 06, p. 19, 2018.
- [36] S. Rojas Lema, «Implementación de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE),» *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 8, n° 1, pp. 64-75, 2019.
- [37] G. A. Martínez Arboleda, «Sistema de gestión basado en la metodología del RCM para mejorar la disponibilidad de los equipos mecánicos de la línea de producción de barras de construcción N°1 de Siderperu, provincia del Santa, departamento de Ancash,» 2023. [En línea]. Available:

- https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/11445/Martinez_%20Arboleda_Guillermo_Arturo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 26 agosto 2023].
- [38] F. J. Martínez Monseco, «Diseño de un plan de mantenimiento para un equipo de alta fiabilidad,» *Técnica Industria*, pp. 40-53, 2013.
- [39] M. F. Cardoso Machado, «Modelo de planificación del cronograma de mantenimiento anual óptimo de unidades de generación del sistema nacional interconectado ecuatoriano,» junio 2007. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/471/1/CD-0856.pdf>. [Último acceso: 25 agosto 2023].
- [40] J. A. Acosta Villa y P. de la Llave Marcial, *Ingeniería Económica*, Veracruz: Red Iberoamericana de investigación, 2021.
- [41] C. A. Montilla Montaña, *Mantenimiento Industrial y su Administración*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.
- [42] J. Muñoz Tavella, «La previsión de escenarios, esencial para mitigar riesgos,» 7 febrero 2022. [En línea]. Available: <https://agicap.com/es/articulo/mitigar-los-riesgos-prevision-de-escenarios/>. [Último acceso: 15 diciembre 2023].
- [43] J. A. Naveros Arrabal, *Plan de negocio*, Málaga: VERTICE, 2009.
- [44] G. Molina, «Sistema para la gestión de escenarios financieros y CRM con la ayuda de una inteligencia artificial para la empresa Hobbie´s place,» 2020. [En línea]. Available: <https://riujap.ujap.edu.ve/server/api/core/bitstreams/248ed550-99f1-4d5e-8129-376b99465e1c/content>. [Último acceso: 15 diciembre 2023].
- [45] BCRP, «Nota de estudios del BCRP,» 4 agosto 2022. [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2023/nota-de-estudios-56-2023.pdf>. [Último acceso: 20 setiembre 2022].
- [46] SUNAT, «Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta,» 29 junio 2023. [En línea]. Available: http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic3_per_ds122.pdf. [Último acceso: 1 octubre 2023].

- [47] Plataforma digital única del Estado Peruano, «Impuesto a la Renta (IR),» 1 octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/664-impuesto-a-la-renta-ir>. [Último acceso: 2 octubre 2023].
- [48] N. C. Alexis Rangel, «Conocimiento matemático y uso de un modelo económico para la toma de decisiones de carácter financiero: Una experiencia escolar,» julio 2014. [En línea]. Available: https://www.matedu.cicata.ipn.mx/tesis/maestria/rangel_2014.pdf. [Último acceso: 2 noviembre 2023].
- [49] Superintendencia de banca, seguros y AFP, «Tasa de interés promedio de las empresas financieras,» 29 setiembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPportal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=F>. [Último acceso: 29 setiembre junio].

Anexos

Anexo 1. Carta de aceptación de la empresa en estudio.

**CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA SAN MARTIN MANUFACTURAS
SAC**

Lambayeque, 12 de setiembre de 2022.

CARTA N° 37-2022-SMM-JCC

Mgtr. Ing. Marcos Baca López
Director de la Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo — Chiclayo.

ASUNTO: Aceptación de desarrollo de tesis.

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el Sr. HUACCHILLO DOMINGUEZ PIERRE EDGARDO, con DNI 73860284 y código universitario 191VP89313, alumno de la escuela de INGENIERIA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, ha sido admitido para realizar su Tesis de Titulación con nuestra empresa, teniendo como fecha de inicio el día 12 de setiembre del 2022 hasta la culminación de la misma.

Asimismo, nos comprometemos a brindarle la información necesaria para que la investigación se logre desarrollar de manera responsable y efectiva.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atte.



GRUPO SAN MARTÍN TRADING S.A.C.
Ing. Juli Requiza C.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD
DNI: 16760003

Anexo 2. Hoja de datos - Historial de fallas de máquinas y equipos (enero 2022 – diciembre 2022)

N°	Mes	Fecha	Máquina o equipo	Descripción	Horas de parada	Horas de parada por mes	Costo de repuestos/herramientas/materiales	Costo de MO
1	Ene-22	3/01/2022	Elevador de cangilones 1	Falla de motoreductor	7		S/ 509,10	S/ 231,45
2	Ene-22	5/01/2022	Zaranda prelimpia	Presencia de impurezas y materiales no deseados	3,5		S/ 204,10	S/ 115,73
3	Ene-22	6/01/2022	Sinfín	Falla en motoreductor	5,5		S/ 308,90	S/ 181,85
4	Ene-22	8/01/2022	Elevador de cangilones 2	Falla de rodamientos	4		S/ 310,10	S/ 132,26
5	Ene-22	10/01/2022	Clasificador	Falla de rodamientos	4,5	40	S/ 314,00	S/ 148,79
6	Ene-22	12/01/2022	Selectora	Falla en filtros de aire	5,5		S/ 204,10	S/ 181,85
7	Ene-22	17/01/2022	Elevador de cangilones 3	Falla de motoreductor	4		S/ 454,10	S/ 132,26
8	Ene-22	20/01/2022	Cámara de succión 1	Falla en paletas del ventilador	2,5		S/ 159,10	S/ 82,66
9	Ene-22	26/01/2022	Selectora	Acumulación de impurezas en tolva de entrada	3,5		S/ 198,60	S/ 115,73
10	Feb-22	4/02/2022	Elevador de cangilones 3	Atascamiento	3,5		S/ 359,10	S/ 115,73
11	Feb-22	7/02/2022	Compresor	Falla en electroválvula de drenaje	4,5		S/ 198,80	S/ 148,79
12	Feb-22	10/02/2022	Tolva de recepción de MP	Suciedad en paredes	1,5		S/ 159,10	S/ 49,60
13	Feb-22	14/02/2022	Zaranda prelimpia	Falla de rodamientos	5	32	S/ 319,30	S/ 165,32
14	Feb-22	19/02/2022	Selectora	Falla de eyectores	6,5		S/ 188,80	S/ 214,92
15	Feb-22	22/02/2022	Sinfín	Falla en eje	5,5		S/ 225,10	S/ 181,85
16	Feb-22	28/02/2022	Clasificador	Desgaste de mallas	5,5		S/ 258,60	S/ 181,85
17	Mar-22	2/03/2022	Elevador de cangilones 3	Falla de rodamientos	4		S/ 309,00	S/ 132,26
18	Mar-22	7/03/2022	Tolva de almacenamiento	Obstrucción del material	1,5		S/ 204,00	S/ 49,60
19	Mar-22	9/03/2022	Zaranda prelimpia	Falla de excéntricas	5,5		S/ 258,80	S/ 181,85
20	Mar-22	11/03/2022	Zaranda rotovaivén	Obstrucción en tolva de entrada	2,5	35,5	S/ 203,10	S/ 82,66
21	Mar-22	14/03/2022	Elevador de cangilones 4	Falla de chumaceras	3		S/ 278,60	S/ 99,19
22	Mar-22	16/03/2022	Sinfín	Falla de chumaceras	4,5		S/ 279,00	S/ 148,79
23	Mar-22	18/03/2022	Selectora	Desgaste de bandejas	3,5		S/ 178,60	S/ 115,73
24	Mar-22	21/03/2022	Zaranda prelimpia	Mal anclaje	3,5		S/ 159,10	S/ 115,73

25	Mar-22	26/03/2022	Compresor	Acumulación interna y externa de polvo	4		S/ 200,10	S/ 132,26
26	Mar-22	30/03/2022	Zaranda rotovaivén	Tambaleo de estructura	3,5		S/ 129,10	S/ 115,73
27	Abr-22	5/04/2022	Enfriador	Bloqueo o taponamiento	4		S/ 235,10	S/ 132,26
28	Abr-22	8/04/2022	Clasificador	Acumulación de impurezas	3		S/ 201,10	S/ 99,19
29	Abr-22	11/04/2022	Elevador de cangilones 1	Atascamiento	6		S/ 359,10	S/ 198,39
30	Abr-22	12/04/2022	Compresor	Falla en válvula de alta y baja presión	4,5	30	S/ 269,10	S/ 148,79
31	Abr-22	16/04/2022	Zaranda prelimpia	Falla de cilindro de escape	5,5		S/ 209,40	S/ 181,85
32	Abr-22	19/04/2022	Cámara de succión 2	Falla en paletas del ventilador	2,5		S/ 169,50	S/ 82,66
33	Abr-22	25/04/2022	Zaranda prelimpia	Desgaste de mallas	4,5		S/ 198,60	S/ 148,79
34	May-22	7/05/2022	Clasificador	Falla en bocinas de bronce	4,5		S/ 213,10	S/ 148,79
35	May-22	12/05/2022	Elevador de cangilones 1	Desgaste de polea	7		S/ 278,60	S/ 231,45
36	May-22	17/05/2022	Selectora	Acumulación de impurezas en tolva de entrada	3,5	22,5	S/ 197,95	S/ 115,73
37	May-22	20/05/2022	Elevador de cangilones 4	Atascamiento	3		S/ 359,10	S/ 99,19
38	May-22	25/05/2022	Clasificador	Falla en ductos de transporte	4,5		S/ 214,05	S/ 148,79
39	Jun-22	3/06/2022	Elevador de cangilones 1	Falla en chumaceras	6		S/ 293,60	S/ 198,39
40	Jun-22	7/06/2022	Tolva de almacenamiento	Obstrucción del material	1,5		S/ 224,10	S/ 49,60
41	Jun-22	9/10/2022	Tolva de recepción de MP	Suciedad en paredes	1,5		S/ 159,10	S/ 49,60
42	Jun-22	10/06/2022	Cámara de succión 1	Falla en paletas del ventilador	2,5	28	S/ 148,80	S/ 82,66
43	Jun-22	15/06/2022	Zaranda prelimpia	Presencia de impurezas y materiales no deseados	3,5		S/ 214,10	S/ 115,73
44	Jun-22	20/06/2022	Elevador de cangilones 2	Atascamiento	3		S/ 359,10	S/ 99,19
45	Jun-22	22/06/2022	Zaranda prelimpia	Falla de rodamientos	6		S/ 311,10	S/ 198,39
46	Jun-22	27/06/2022	Compresor	Acumulación interna y externa de polvo	4		S/ 196,00	S/ 132,26
47	Jul-22	4/07/2022	Elevador de cangilones 1	Atascamiento	5,5		S/ 359,10	S/ 181,85
48	Jul-22	5/07/2022	Selectora	Falla de eyectores	5,5		S/ 189,00	S/ 181,85
49	Jul-22	14/07/2022	Compresor	Falla en electroválvula de drenaje	4,5	37,5	S/ 189,10	S/ 148,79
50	Jul-22	18/07/2022	Zaranda rotovaivén	Falla en templadores	5,5		S/ 264,10	S/ 181,85
51	Jul-22	19/07/2022	Elevador de cangilones 5	Atascamiento	4,5		S/ 359,10	S/ 148,79
52	Jul-22	21/07/2022	Zaranda rotovaivén	Obstrucción en tolva de entrada	2,5		S/ 223,60	S/ 82,66

53	Jul-22	23/07/2022	Elevador de cangilones 4	Desgaste de cangilones	3,5		S/ 138,60	S/ 115,73
54	Jul-22	27/07/2022	Sinfín	Desgaste de helicoidal	6		S/ 225,10	S/ 198,39
55	Ago-22	3/08/2022	Selectora	Falla en filtros de aire	4,5		S/ 198,60	S/ 148,79
56	Ago-22	5/08/2022	Zaranda prelimpia	Mal anclaje	3,5		S/ 164,05	S/ 115,73
57	Ago-22	9/08/2022	Elevador de cangilones 5	Desgaste de poleas	4,5		S/ 258,80	S/ 148,79
58	Ago-22	13/08/2022	Zaranda rotovaivén	Falla de rodamientos	5	37,5	S/ 313,60	S/ 165,32
59	Ago-22	14/08/2022	Sinfín	Falla en eje	6		S/ 349,10	S/ 198,39
60	Ago-22	15/08/2022	Zaranda prelimpia	Presencia de impurezas y materiales no deseados	3,5		S/ 204,20	S/ 115,73
61	Ago-22	18/08/2022	Zaranda prelimpia	Falla de chumaceras	4,5		S/ 269,50	S/ 148,79
62	Ago-22	23/08/2022	Selectora	Desconfiguración de tarjetas electrónicas	6		S/ 533,60	S/ 198,39
63	Set-22	5/09/2022	Zaranda prelimpia	Falla de cilindro de escape	4		S/ 209,10	S/ 132,26
64	Set-22	12/09/2022	Compresor	Acumulación interna y externa de polvo	4		S/ 208,00	S/ 132,26
65	Set-22	15/09/2022	Elevador de cangilones 2	Desgaste de cangilones	3,5		S/ 128,60	S/ 115,73
66	Set-22	18/09/2022	Secadora	Fuga en el sistema de tuberías	6	36	S/ 258,60	S/ 198,39
67	Set-22	19/09/2022	Tanque de aire	Falla en filtros	6		S/ 238,60	S/ 198,39
68	Set-22	19/09/2022	Elevador de cangilones 1	Atascamiento	5,5		S/ 359,10	S/ 181,85
69	Set-22	23/09/2022	Compresor	Falla en filtro de aire	3,5		S/ 209,10	S/ 115,73
70	Set-22	26/09/2022	Zaranda prelimpia	Mal anclaje	3,5		S/ 174,15	S/ 115,73
71	Oct-22	3/10/2022	Zaranda rotovaivén	Falla de excéntricas	6		S/ 264,10	S/ 198,39
72	Oct-22	5/10/2022	Selectora	Acumulación de impurezas en tolva de entrada	3,5		S/ 204,10	S/ 115,73
73	Oct-22	11/10/2022	Enfriador	Descalibración del termostato	3		S/ 181,80	S/ 99,19
74	Oct-22	11/10/2022	Elevador de cangilones 1	Desgaste de cangilones	5,5		S/ 293,60	S/ 181,85
75	Oct-22	14/10/2022	Zaranda rotovaivén	Desgaste de rejillas	5	50,5	S/ 258,60	S/ 165,32
76	Oct-22	17/10/2022	Clasificador	Acumulación de impurezas	3		S/ 202,10	S/ 99,19
77	Oct-22	19/10/2022	Clasificador	Falla de rodamientos	4,5		S/ 324,10	S/ 148,79
78	Oct-22	22/10/2022	Zaranda prelimpia	Presencia de impurezas y materiales no deseados	3,5		S/ 214,30	S/ 115,73
79	Oct-22	22/10/2022	Sinfín	Desgaste de helicoidal	6,5		S/ 405,10	S/ 214,92
80	Oct-22	27/10/2022	Compresor	Fuga en válvulas de alta y baja presión	6		S/ 318,60	S/ 198,39

81	Oct-22	28/10/2022	Selectora	Desgaste de bandejas	4		S/ 368,60	S/ 132,26
82	Nov-22	5/11/2022	Cámara de succión 2	Falla en paletas del ventilador	2,5		S/ 160,00	S/ 82,66
83	Nov-22	7/11/2022	Tolva de recepción de MP	Suciedad en paredes	1,5		S/ 163,60	S/ 49,60
84	Nov-22	9/11/2022	Clasificador	Desgaste de mallas	5,5		S/ 254,00	S/ 181,85
85	Nov-22	14/11/2022	Zaranda rotovaivén	Tambaleo de estructura	3,5	22	S/ 139,10	S/ 115,73
86	Nov-22	17/11/2022	Compresor	Acumulación interna y externa de polvo	4		S/ 204,80	S/ 132,26
87	Nov-22	23/11/2022	Zaranda rotovaivén	Obstrucción en tolva de entrada	2,5		S/ 224,10	S/ 82,66
88	Nov-22	26/11/2022	Cámara de succión 1	Falla en paletas del ventilador	2,5		S/ 159,10	S/ 82,66
89	Dic-22	3/12/2022	Selectora	Acumulación de impurezas en tolva de entrada	3,5		S/ 207,00	S/ 115,73
90	Dic-22	8/12/2022	Sinfín	Falla de chumaceras	4		S/ 334,30	S/ 132,26
91	Dic-22	15/12/2022	Elevador de cangilones 1	Rotura de faja	7	29,5	S/ 294,10	S/ 231,45
92	Dic-22	15/12/2022	Zaranda prelimpia	Falla de excéntricas	5,5		S/ 249,50	S/ 181,85
93	Dic-22	19/12/2022	Clasificador	Falla en faja	6		S/ 279,10	S/ 198,39
94	Dic-22	24/12/2022	Zaranda prelimpia	Presencia de impurezas y materiales no deseados	3,5		S/ 205,30	S/ 115,73
TOTAL					401,00	401,00	S/ 23 314,30	S/ 13 258,87
TOTAL					S/ 36 573,17			

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Técnicas	Instrumentos
Utilidades no percibidas	Utilidades no percibidas por horas de parada a causa de fallas en las máquinas y equipos.	-Tiempo de parada -Sacos no procesados -Utilidad promedio por saco	-Análisis documental	
Plan de mantenimiento		Tiempo promedio entre fallas (MTBF)		
	Diagnóstico y evaluación de máquinas y equipos críticos	Tiempo promedio para reparar (MTTR)	-Observación directa -Análisis documental	Hoja de datos (anexo 2)
		Disponibilidad operativa		
	Elaboración del plan	Número de actividades de mantenimiento propuestas	-Análisis documental	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Generalidades de la empresa

Aspecto	Especificación
RUC	20602749968
Razón Social	Grupo San Martín Manufacturas SAC
Nombre Comercial	San Martín Manufacturas SAC
Tipo de empresa	Sociedad Anónima Cerrada
Condición	Activo
Actividad comercial	Reprocesamiento de arrozillo
Dirección legal	Predio San Nicolás #11336543, carretera Chiclayo – Lambayeque

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 5. Máquinas y equipos de la empresa

Código	Máquina o equipo	Código	Máquina o equipo
TOLV01	Tolva de recepción de materia prima	ELEV04	Elevador de cangilones 4
ELEV01	Elevador de cangilones 1	SLCT01	Selectora
CAM01	Cámara de succión 1	SNF01	Sinfín
ZRP01	Zaranda Prelimpia	ELEV05	Elevador de cangilones 5
ELEV02	Elevador de cangilones 2	TLV02	Tolva de almacenamiento
CAM02	Cámara de succión 2	CMPS01	Compresor
ZRP02	Zaranda rotovaivén	TNQ01	Tanque de aire
ELEV03	Elevador de cangilones 3	SEC01	Secadora
CLAS01	Clasificador	ENFR01	Enfriador

Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 6. Características del tanque de aire

TNQ01: Tanque de aire

Función: Se encarga de almacenar el aire producido por su generador, el cual será utilizado en las diferentes fases de la planta; selección, limpieza, etc.

Modelo	HAV200-RW / KS B6750
Marca	KYUNGWON MACHINERY
Peso	772 kg
Capacidad	2 m ³
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 7. Características de la secadora

SEC01: Secadora

Función: Se encarga de eliminar las partículas de agua del aire, el cual será utilizado especialmente en la selectora de granos.

Modelo	KWO-75B
Marca	COAIRE
Potencia	1 hp
Voltaje/frecuencia	220 V/ 50 Hz
Peso	72 kg
Entrada	1,3 kW
Corriente	5,5 A
Capacidad	8,6/10,5 m ³
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 8. Características del enfriador

ENFR01: Enfriador

Función: Recibe el aire del secador, posteriormente lo enfría y lo manda a la tubería correspondiente.

Modelo	AT-A75G2
Marca	KYUNGWON
Motor	100 W
Peso	98 kg
Potencia	1 hp
Capacidad	20 kg/ m ²
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 9. Características del compresor

CMPS01: Compresor

Función: Se encarga de producir el aire comprimido. Es el primer paso del aire en la planta, pasará luego al tanque, al secador y enfriador.

Modelo	AS76
Marca	KYUNGWON MACHINERY
Motor	55 W
Voltaje/frecuencia	380 V / 60 Hz
Potencia	3 hp
Máxima presión	0,85 MPa
Peso	1630 kg
Capacidad	9 m ³ /min
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 10. Características de la zaranda prelimpia

ZRP01: Zaranda prelimpia

Función: Eliminar las impurezas, en especial piedras

Modelo	PL-6000
Marca	JAMCO
Motor	Eply 380 V
Potencia	3 hp
Capacidad	9000 kg/h
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 11. Características de la zaranda rotovaivén

ZRP02: Zaranda rotovaivén

Función: Clasificar los granos de arrozillo.

Modelo	ZR-6000
Marca	JAMCO
Motor	Eply 380 V
Potencia	2 hp
Capacidad	7000 kg/h
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 12. Características de la cámara de succión

CAM01, CAM02: Cámara de succión

Función: Aspirar el polvo de todos los procesos de la reprocesadora

Marca	EPLI
Motor	Eply 380 V
Potencia	20 hp
Frecuencia	1800 rpm
Caudal	180 m ³ /min
Presión	280 mmH ₂ O
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 13. Características de la clasificadora

CLAS01: Clasificadora

Función: Clasificar el arrozillo según su tamaño.

Modelo	3KT-3000
Marca	YASAR MAKINA
Motor	1,1 kW/380 rpm
Volumen	4,8 m ³
Peso	1280 kg
Capacidad	6000 kg/h
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 14. Características de la selectora

SLCT01: Selectora

Función: Selecciona los granos de arrozillo por color de acuerdo con los parámetros establecidos

Modelo	87 FC-448
Marca	TAEYOUNG
Motor	3 kW
Voltaje/Frecuencia	220 V / 50-60 Hz
Peso	1100 kg
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 15. Características del elevador de cangilones

ELEV 01,02,03,04 y 05: Elevador de cangilones

Función: Transporta el arrocillo entre etapas.

Modelo	-
Altura	5 m
Transmisión	Faja plana
Cantidad de cangilones	74
Potencia de motor	2 hp
Capacidad	5,5 kg/h
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 16. Características del transportador sinfin

SNF01: Sinfin

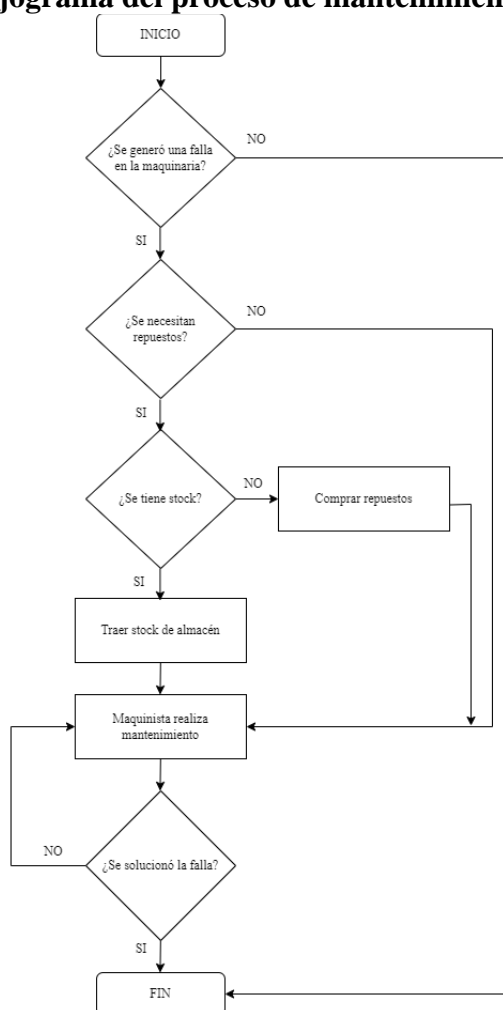
Función: Transporta el arrocillo desde la selección del grano por color hacia la siguiente etapa.

Marca	WAM
Capacidad	6000 kg/h
Hélice	18 aspas
Potencia de motor	2 hp
Fecha de producción	Feb-19



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 17. Flujograma del proceso de mantenimiento en la empresa



Fuente: San Martín Manufacturas SAC

Anexo 18. Producción esperada vs. Producción real (2022)

Mes	Días trabajados	Producción esperada (sacos de arrocillo de 50 kg)	Producción real (sacos de arrocillo de 50 kg)
Ene-22	26	18 200	14 250
Feb-22	24	16 800	13 600
Mar-22	26	18 200	14 400
Abr-22	26	18 200	15 250
May-22	26	18 200	15 950
Jun-22	26	18 200	15 100
Jul-22	24	16 800	13 300
Ago-22	25	17 500	13 950
Set-22	26	18 200	14 700
Oct-22	26	18 200	13 350
Nov-22	25	17 500	14 800
Dic-22	24	16 800	14 050
Total	304	212 800	172 700

Fuente: San Martín Manufactura SAC

Anexo 19. Análisis de criticidad

Criticidad = Frecuencia de falla * consecuencia

Consecuencia= (costo de reparación + impacto en SST + impacto ambiental + impacto en la calidad del producto final) + (impacto sobre la producción * tiempo promedio para reparar)

PARÁMETROS DE CRITICIDAD	TLV0 1	ELEV 01	CAM0 1	ZRP0 1	ELEV 02	CAM0 2	ZRP0 2	ELEV 03	CLAS 01	ELEV 04	SLCT0 1	SNF0 1	ELEV 05	TLV0 2	CMPS 01	TNQ0 1	SECO 1	ENFR 01
1. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla)																		
De 1 a 3 por año	1		1		1	1		1		1			1	1		1	1	1
4 o 5 por año																		
6 o 7 por año												3						
8 o 9 por año		4					4		4						4			
Más de 10 por año				5							5							
Calificación	1	4	1	5	1	1	4	1	4	1	5	3	1	1	4	1	1	1
2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)																		
De 1,50 a 2,44 horas	1													1				
De 2,44 a 3,38 horas			2			2				2								
De 3,38 a 4,31 horas				3	3		3	3										3
De 4,31 a 5,25 horas									4		4		4		4			
De 5,25 a más horas		5										5				5	5	
Calificación	1	5	2	3	3	2	3	3	4	2	4	5	4	1	4	5	5	3
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN																		
Menor al 10%	1	1	1		1	1		1		1			1	1		1	1	1
De 10% al 24%				3			3		3		3	3			3			
De 25% al 49%																		
De 50% al 74%																		
De 75% a más																		
Calificación	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	3	3	1	1	3	1	1	1
4. COSTOS DE REPARACIÓN																		
De 436,99 a 1 462,59 soles por año	1		1		1	1				1			1	1		1	1	1
De 1 462,60 a 2 488,19 soles por año								2										
De 2 489,20 a 3 513,80 soles por año							3					3			3			
De 3 513,80 a 4 539,40 soles por año		4							4		4							
Más de 4 539,40 soles por año				5														
Calificación	1	4	1	5	1	1	3	2	4	1	4	3	1	1	3	1	1	1
5. IMPACTO AMBIENTAL																		
No origina ningún impacto ambiental																		
Contaminación ambiental baja	5		5	5		5	5		5			5		5		5	5	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta		10			10			10		10	10		10		10			
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios																		
Calificación	5	10	5	5	10	5	5	10	5	10	10	5	10	5	10	5	5	5

6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD DE PERSONAL

No origina heridas ni lesiones

Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5		5			5												5	5
--	---	--	---	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 30 días		10		10	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
--	--	----	--	----	----	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--	--

Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente																			
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Calificación	5	10	5	10	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
--------------	---	----	---	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

7. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)

Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles	5														5				
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--

Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10
--	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	----	----	----	----

Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles																			
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Calificación	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10
--------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----

Aplicación de fórmula de CRITICIDAD	17	156	23	195	34	23	148	35	164	33	230	129	35	22	180	31	26	24
--	-----------	------------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------	-----------	------------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------

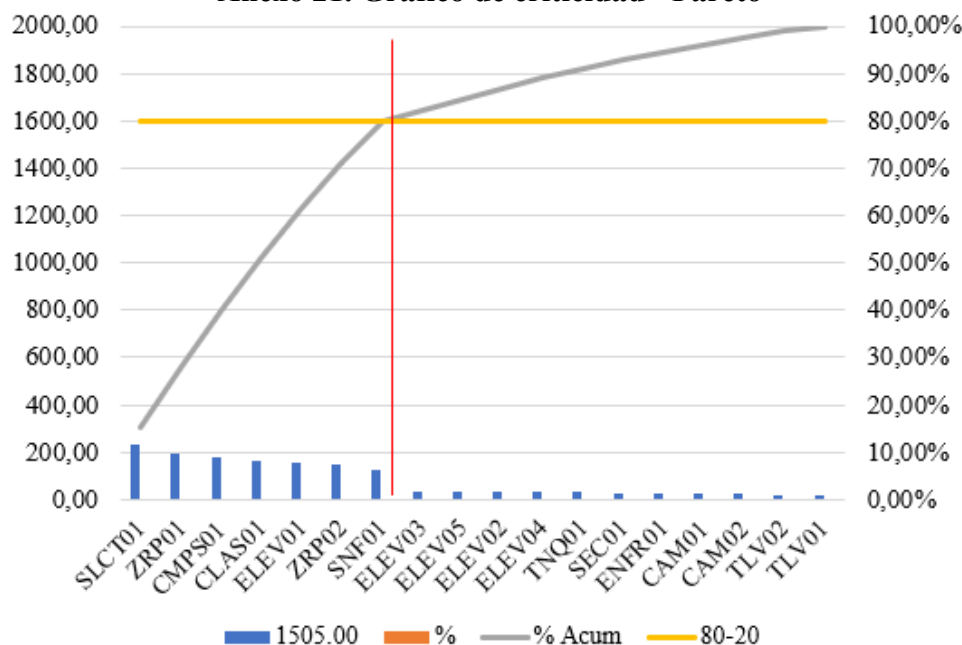
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20. Tabla ABC para las máquinas y equipos de la empresa en estudio

Equipo	Puntaje	%	% Acum	80-20	NIVEL
SLCT01	230,00	15,28%	15,28%	80,00%	A
ZRP01	195,00	12,96%	28,24%	80,00%	
CMPS01	180,00	11,96%	40,20%	80,00%	
CLAS01	164,00	10,90%	51,10%	80,00%	
ELEV01	156,00	10,37%	61,46%	80,00%	
ZRP02	148,00	9,83%	71,30%	80,00%	
SNF01	129,00	8,57%	79,87%	80,00%	
ELEV03	35,00	2,33%	82,19%	80,00%	B
ELEV05	35,00	2,33%	84,52%	80,00%	
ELEV02	34,00	2,26%	86,78%	80,00%	
ELEV04	33,00	2,19%	88,97%	80,00%	
TNQ01	31,00	2,06%	91,03%	80,00%	
SEC01	26,00	1,73%	92,76%	80,00%	
ENFR01	24,00	1,59%	94,35%	80,00%	
CAM01	23,00	1,53%	95,88%	80,00%	C
CAM02	23,00	1,53%	97,41%	80,00%	
TLV02	22,00	1,46%	98,87%	80,00%	
TLV01	17,00	1,13%	100,00%	80,00%	
1505,00					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Gráfico de criticidad - Pareto



Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Evaluación de criterios

Matriz normalizada							
Criterio	A	B	C	A	B	C	Ponderación
A	1,00	1,00	5,00	0,45	0,43	0,56	0,48
B	1,00	1,00	3,00	0,45	0,43	0,33	0,41
C	0,20	0,33	1,00	0,09	0,14	0,11	0,11
	2,20	2,33	9,00	1,00	1,00	1,00	

Análisis de consistencia					
Criterio	Suma de filas de la matriz normalizada	Promedio	Vector fila total	Cociente (valor fila total/promedio)	
A	1,44	0,48	1,46	3,04	
B	1,22	0,41	1,23	3,03	
C	0,34	0,11	0,35	3,01	

Landa máx (promedio de los cocientes)

3,03

Índice de consistencia (Ci)

0,01

Índice aleatorio (RI)

0,58

Ratio de consistencia (CR)

2,51%

CONSISTENTE

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23. Evaluación de alternativas con respecto al criterio A

Matriz normalizada							
Alternativas	RCM	TPM	CBM	RCM	TPM	CBM	Ponderación
RCM	1,00	1,00	3,00	0,43	0,43	0,43	0,43
TPM	1,00	1,00	3,00	0,43	0,43	0,43	0,43
CBM	0,33	0,33	1,00	0,14	0,14	0,14	0,14
	2,33	2,33	7,00	1,00	1,00	1,00	

Análisis de consistencia					
Alternativa	Suma de filas de la matriz normalizada	Promedio	Vector fila total	Cociente (valor fila total/promedio)	
RCM	1,29	0,43	1,29	3,00	
TPM	1,29	0,43	1,29	3,00	
CBM	0,43	0,14	0,43	3,00	

Landa máx (promedio de los cocientes)

3,00

Índice de consistencia (Ci)

0,00

Índice aleatorio (RI)

0,58

Ratio de consistencia (CR)

0,00%

CONSISTENTE

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24. Evaluación de alternativas con respecto al criterio B

Matriz normalizada							
Alternativas	RCM	TPM	CBM	RCM	TPM	CBM	Ponderación
RCM	1,00	3,00	5,00	0,65	0,69	0,56	0,63
TPM	0,33	1,00	3,00	0,22	0,23	0,33	0,26

CBM	0,20	0,33	1,00	0,13	0,08	0,11	0,11
	1,53	4,33	9,00	1,00	1,00	1,00	

Análisis de consistencia

Alternativa	Suma de filas de la matriz normalizada	Promedio	Vector fila total	Cociente (valor fila total/promedio)
RCM	1,90	0,63	1,95	3,07
TPM	0,78	0,26	0,79	3,03
CBM	0,32	0,11	0,32	3,01

Landa máx (promedio de los cocientes)

3,04

Índice de consistencia (Ci)

0,02

Índice aleatorio (RI)

0,58

Ratio de consistencia (CR)

3,34%

CONSISTENTE

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25. Evaluación de alternativas con respecto al criterio C

Matriz normalizada

Alternativas	RCM	TPM	CBM	RCM	TPM	CBM	Ponderación
RCM	1,00	0,33	0,33	0,14	0,14	0,14	0,14
TPM	3,00	1,00	1,00	0,43	0,43	0,43	0,43
CBM	3,00	1,00	1,00	0,43	0,43	0,43	0,43
	7,00	2,33	2,33	1,00	1,00	1,00	

Análisis de consistencia

Criterio	Suma de filas de la matriz normalizada	Promedio	Vector fila total	Cociente (valor fila total/promedio)
RCM	0,43	0,14	0,43	3,00
TPM	1,29	0,43	1,29	3,00
CBM	1,29	0,43	1,29	3,00

Landa máx (promedio de los cocientes)

3,00

Índice de consistencia (Ci)

0,00

Índice aleatorio (RI)

0,58

Ratio de consistencia (CR)

0,00%

CONSISTENTE

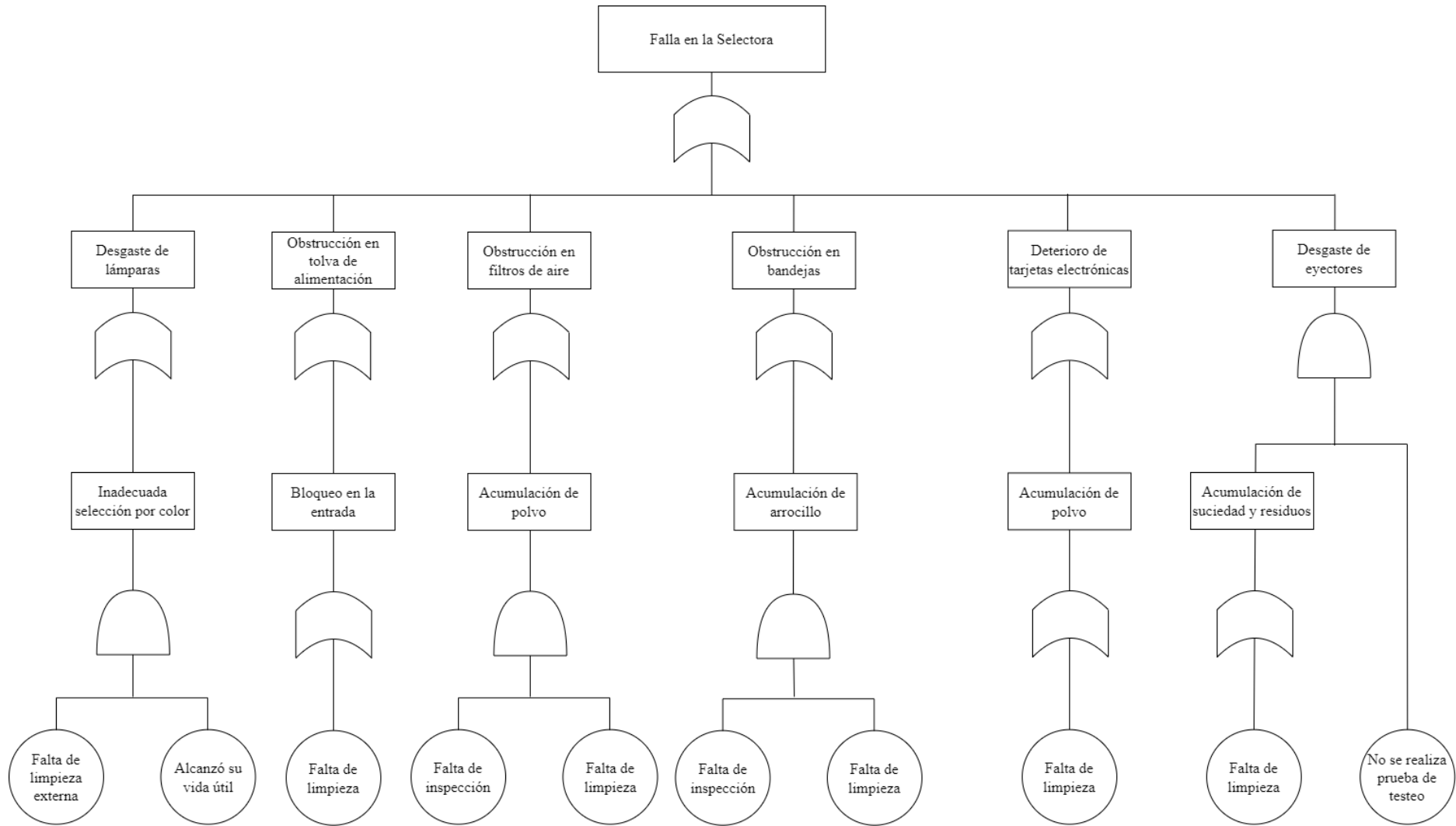
Fuente: Elaboración propia

Anexo 26. Resultado final

Alternativas/Criterios	A	B	C	Priorización
RCM	0,43	0,63	0,14	0,48
TPM	0,43	0,26	0,43	0,36
CBM	0,14	0,11	0,43	0,16
Ponderación	0,48	0,41	0,11	1,00

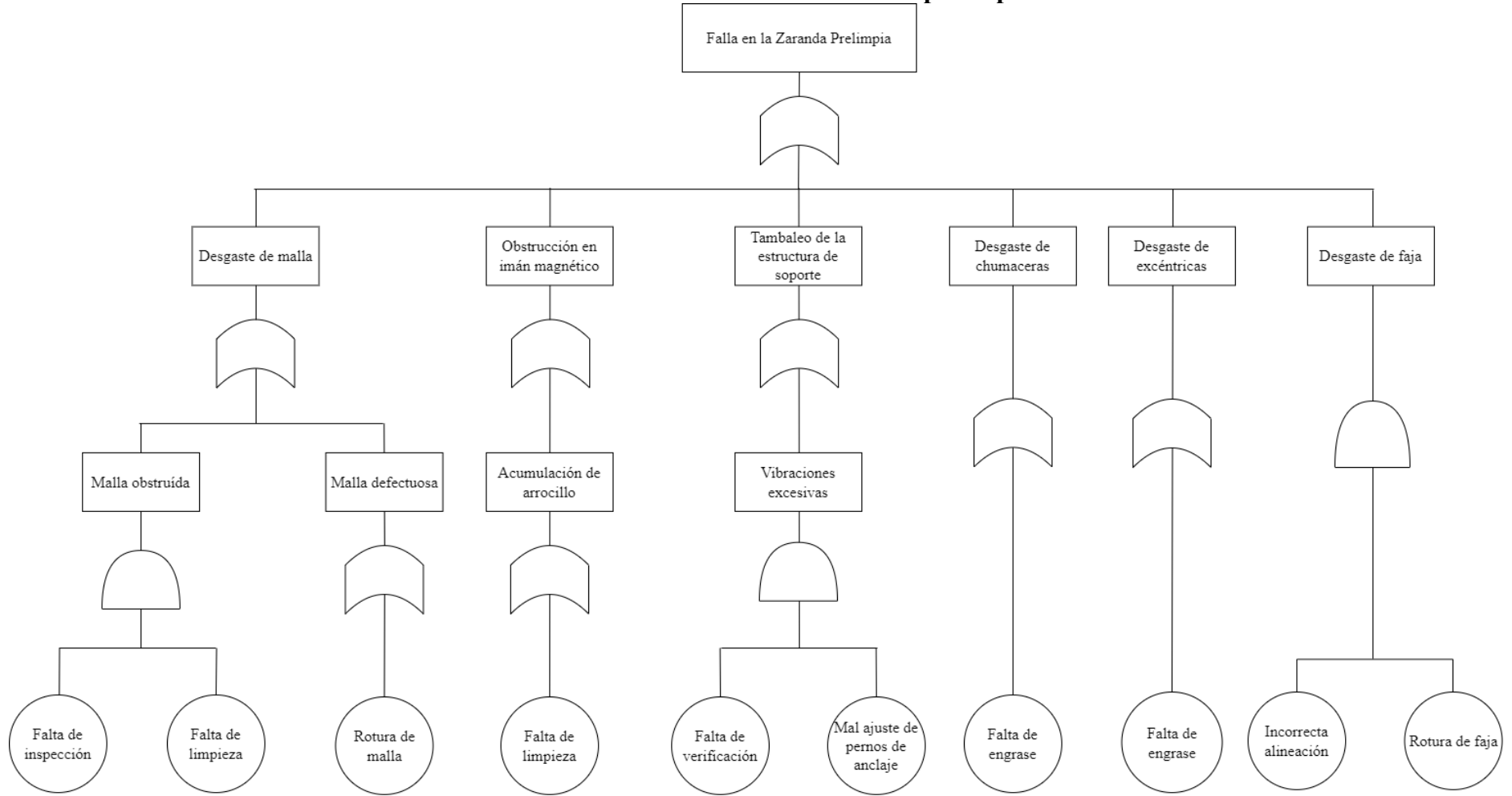
Fuente: Elaboración propia

Anexo 27. Árbol de fallas de la selectora



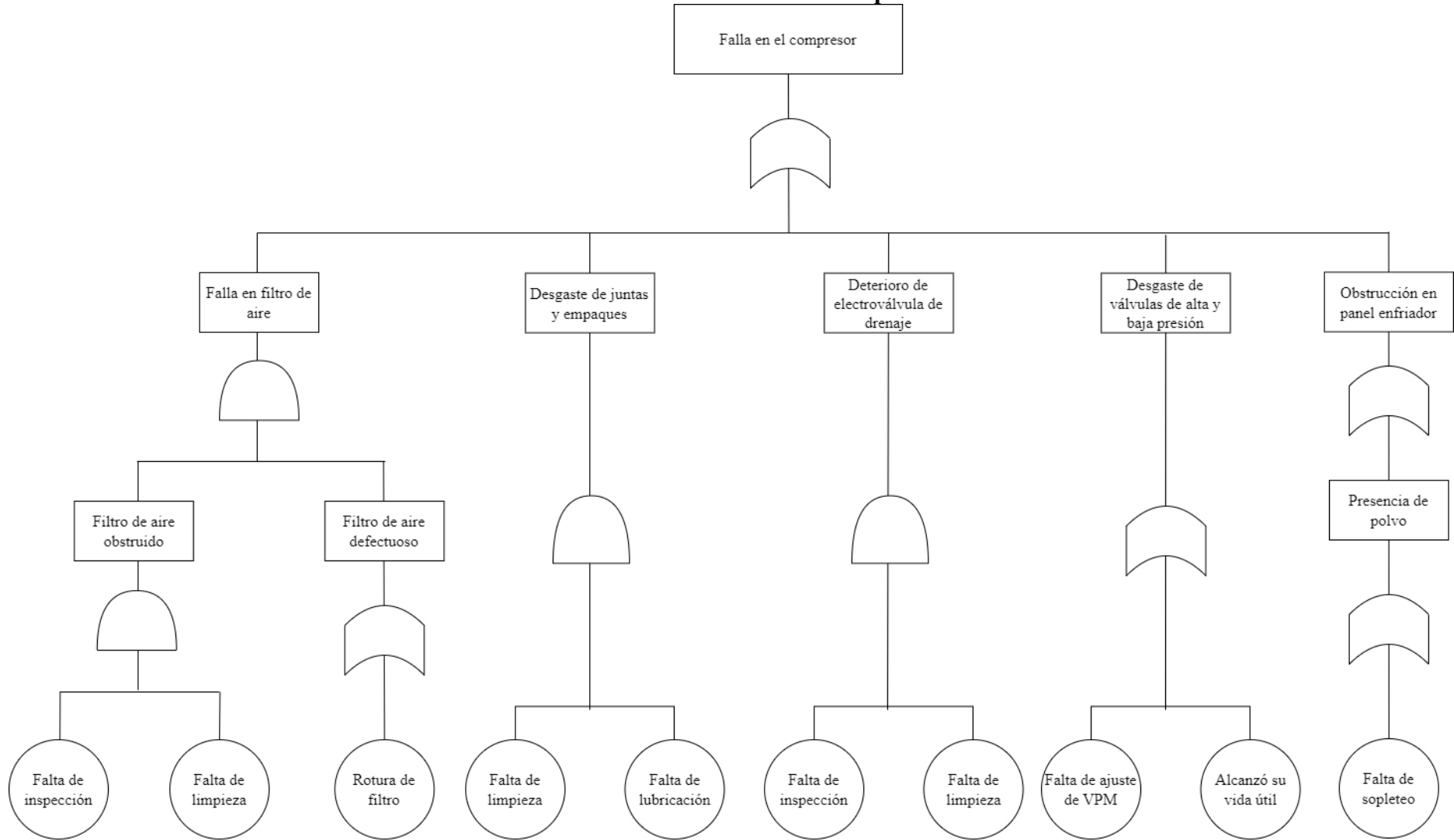
Fuente: Elaboración propia

Anexo 28. Árbol de fallas de la Zaranda preliminar



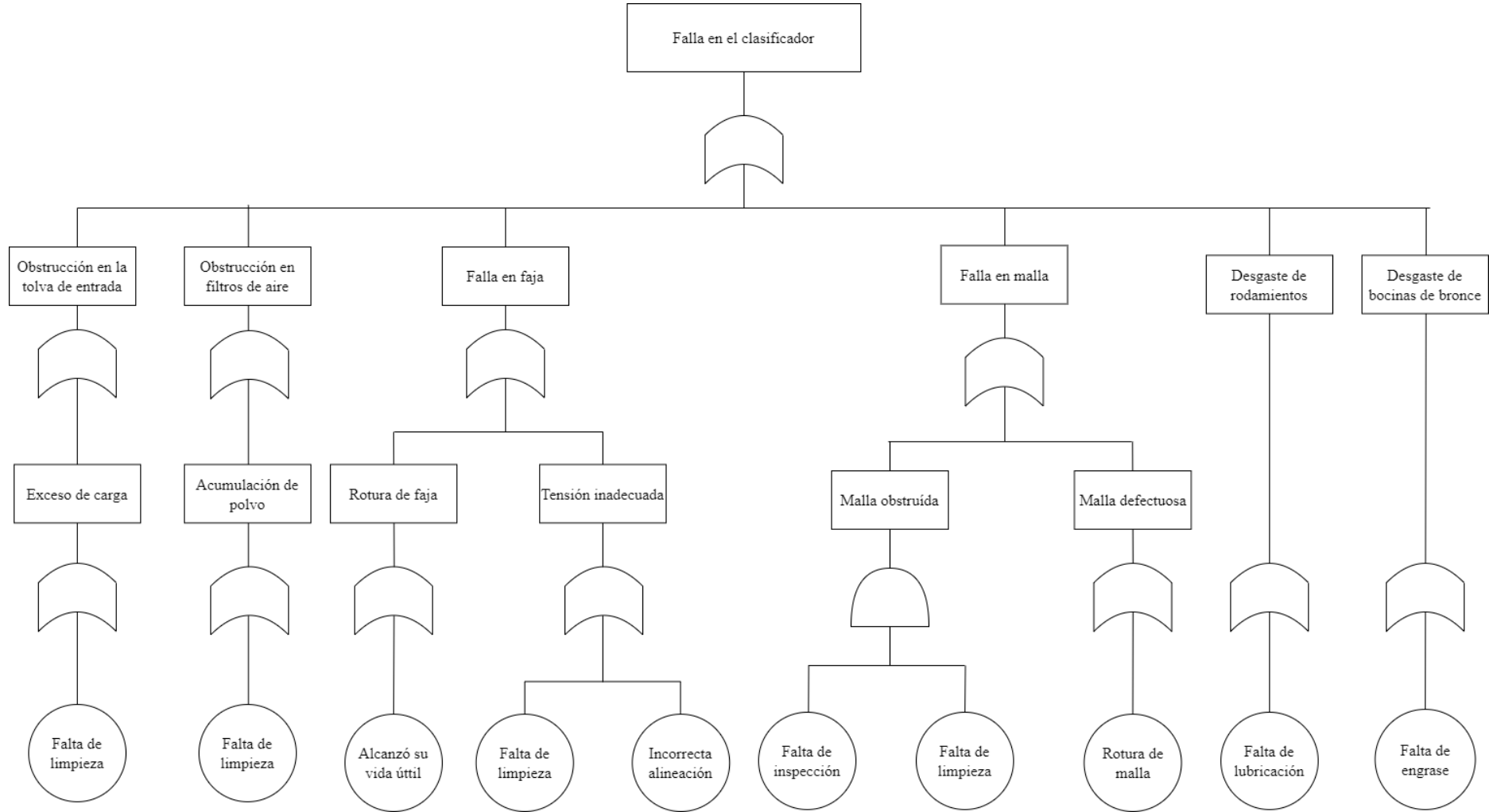
Fuente: Elaboración propia

Anexo 29. Árbol de fallas del compresor



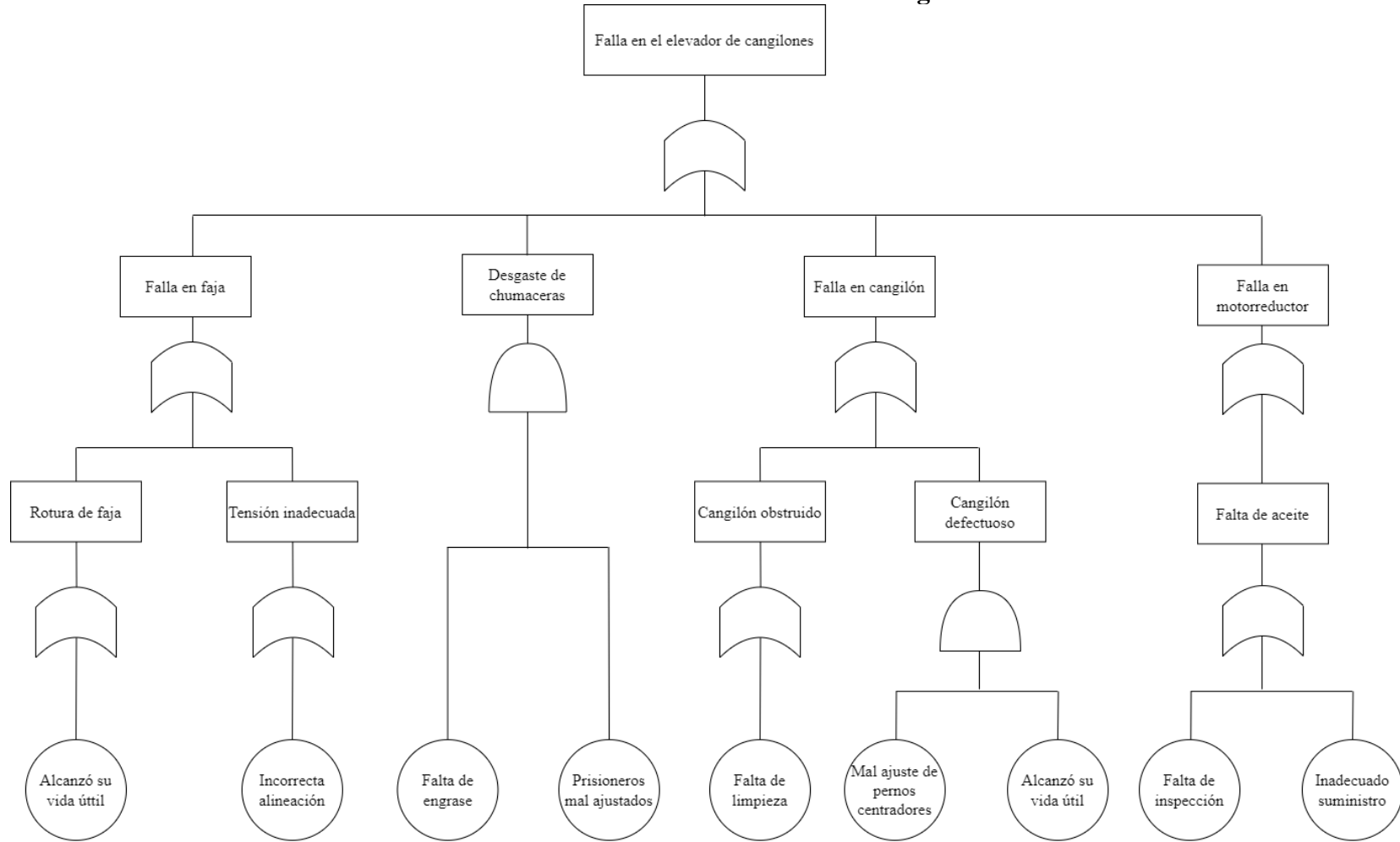
Fuente: Elaboración propia

Anexo 30. Árbol de fallas del clasificador



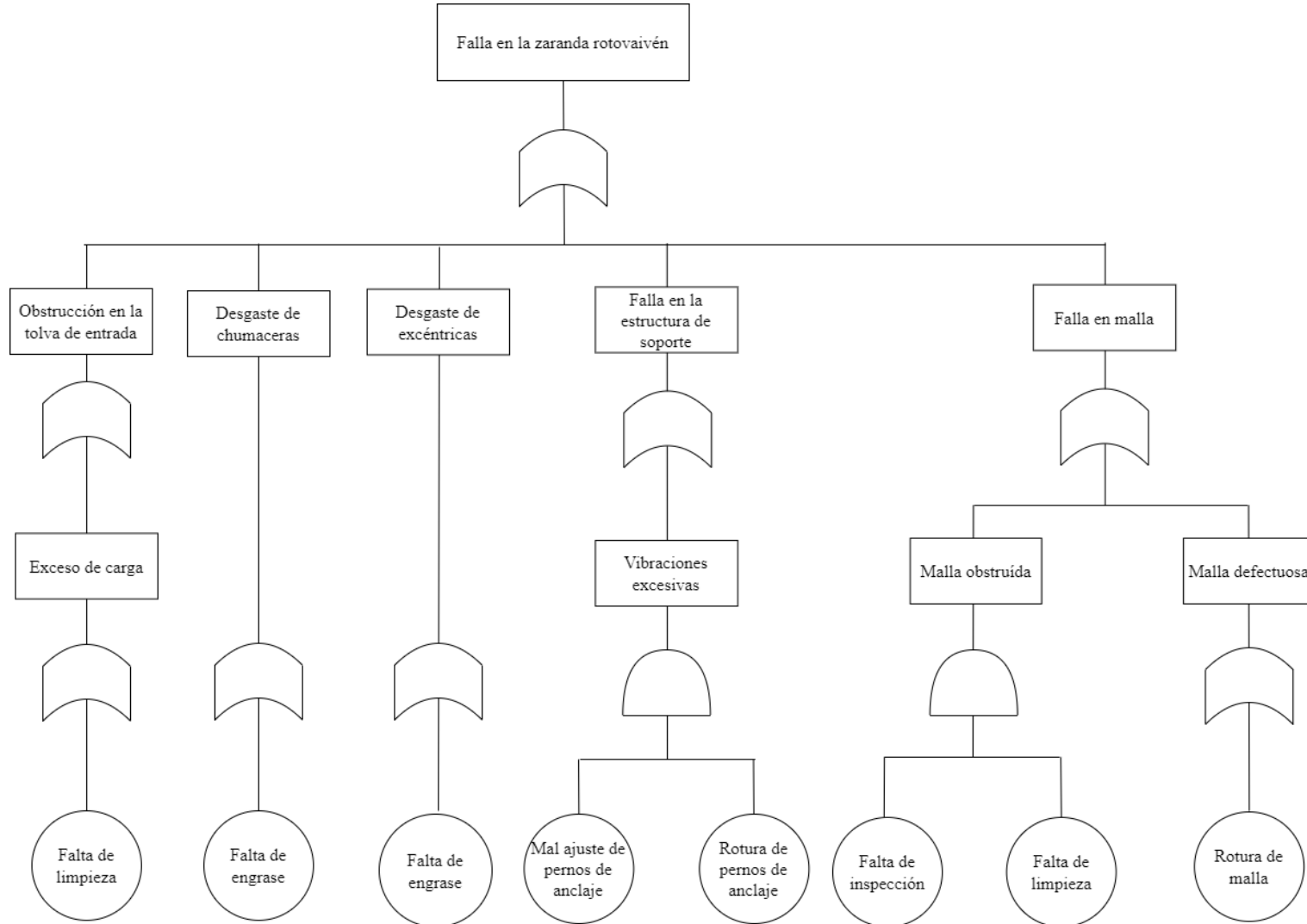
Fuente: Elaboración propia

Anexo 31. Árbol de fallas del elevador de cangilones 1



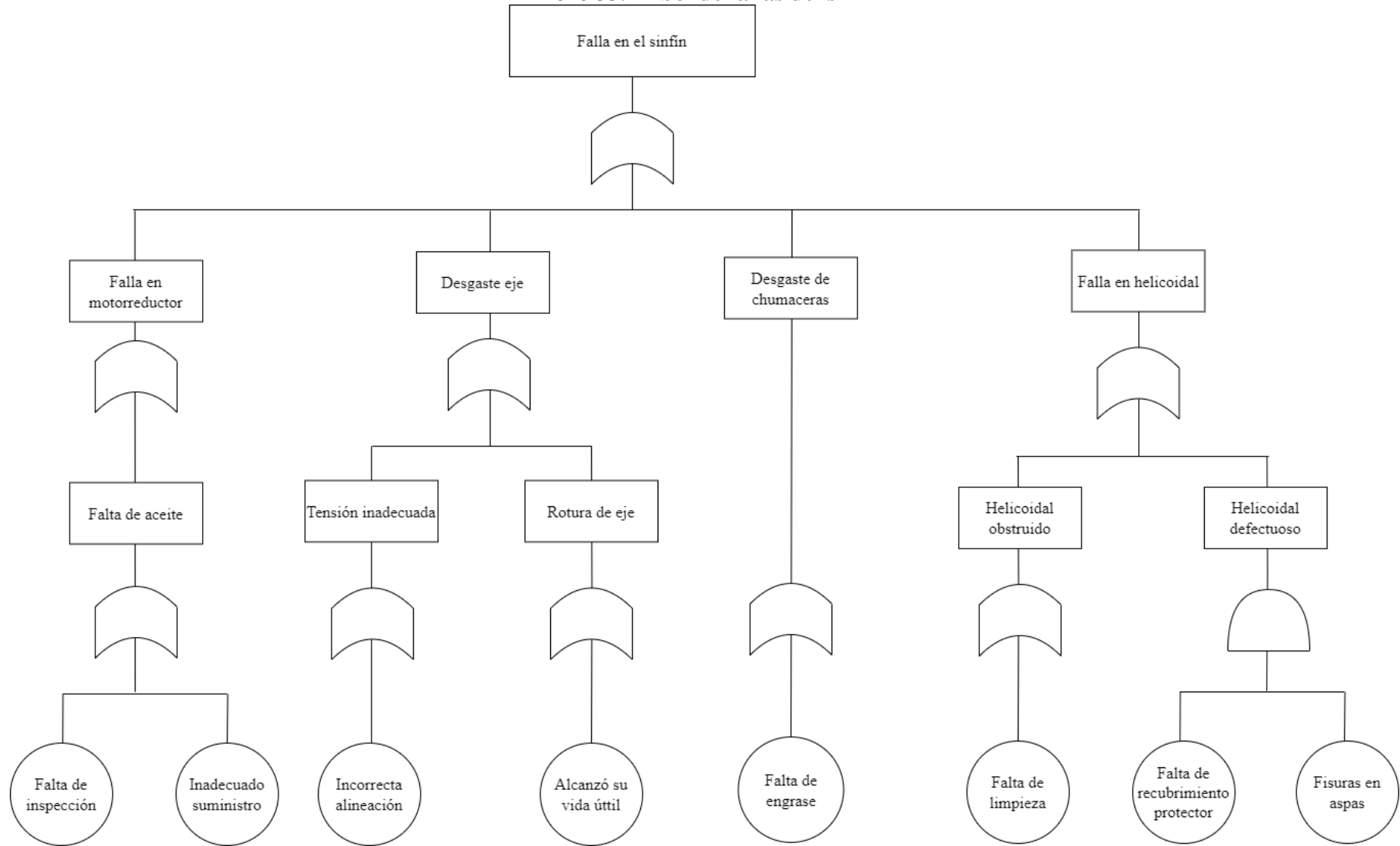
Fuente: Elaboración propia

Anexo 32. Árbol de fallas de la Zaranda rotovaivén



Fuente: Elaboración propia

Anexo 33. Árbol de fallas del sinfín



Fuente: Elaboración propia

Anexo 34. AMEF Selectora

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA SLCT01										Localización: Área de producción			Fecha: 20/06/2023						
										Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez			N° AMEF: 1						
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada							
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR				
SLCT01 (Selector)	1 Seleccionar el grano por color	A	Selección incorrecta del grano por color	1	Desgaste de lámparas	Incorrecta selección del grano debido a la baja iluminación	Mantenimiento correctivo	8	1	8	64	Acceptable	Limpiar externamente las lámparas Cambiar lámparas	Operario de producción Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
		A	Selección incorrecta del grano por color	2	Obstrucción en tolva de alimentación	Limita y bloquea el flujo de grano hacia la selectora.	Mantenimiento correctivo	5	4	7	140	Reducción deseable	Limpiar tolva de alimentación	Operario de producción	3	2	7	42	Acceptable
		A	Selección incorrecta del grano por color	3	Obstrucción en filtros de aire	Reduce el flujo de aire y provoca una acumulación de suciedad (polvo).	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	Reducción deseable	Inspeccionar y limpiar filtro de aire	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
		A	Selección incorrecta del grano por color	4	Obstrucción en bandejas	Distribución desigual del grano, lo que lleva a una separación inadecuada por color.	Mantenimiento correctivo	5	2	7	70	Acceptable	Revisar estado de bandejas y limpiar	Operario de producción	3	1	7	21	Acceptable
		A	Selección incorrecta del grano por color	5	Deterioro de tarjetas electrónicas	Mal funcionamiento de los sensores y pérdida de comunicación con otros componentes	Mantenimiento correctivo	8	1	8	64	Acceptable	Limpiar tarjetas electrónicas	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
		A	Selección incorrecta del grano por color	6	Desgaste de eyectores	Disminución de la fuerza de expulsión del arrocillo	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	Reducción deseable	Limpiar eyectores Hacer prueba de testeo de eyectores	Operario de producción Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 35. AMEF Zaranda prelimpia

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA ZRP1										Localización: Área de producción			Fecha: 20/06/2023					
										Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez			N° AMEF: 2					
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada						
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			
ZRP01 (Zaranda prelimpia)	1	A Eliminación incorrecta	1	Desgaste de malla	Reducción del flujo de arrocillo	Mantenimiento correctivo	5	4	8	160	Reducción estable	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas Cambiar mallas metálicas	Operario de producción Técnico mecánico - eléctrico	3	2	7	42	Acceptable
		A Eliminación incorrecta	2	Obstrucción en imán magnético	Dificultad en la salida de arrocillo, generando producto defectuoso	Mantenimiento correctivo	5	4	8	160	Reducción estable	Retirar incrustaciones de impurezas en imán magnético	Operario de producción	3	2	7	42	Acceptable
		A Eliminación incorrecta	3	Tambaleo en la estructura de soporte	Vibraciones excesivas, incorrecta separación	Mantenimiento correctivo	3	3	7	63	Acceptable	Verificar y ajustar pernos de sujeción (platinas vertical y horizontal)	Técnico mecánico - eléctrico	2	1	7	14	Acceptable
		A Eliminación incorrecta	4	Desgaste de chumaceras	Aumento en la fricción y la generación de calor, ruidos anormales y vibraciones.	Mantenimiento correctivo	6	2	7	84	Acceptable	Engrasar chumaceras	Técnico mecánico - eléctrico	3	1	7	21	Acceptable
		A Eliminación incorrecta	5	Desgaste de excéntricas	Disminución en la amplitud y la frecuencia de las vibraciones, ineficiencia en la separación	Mantenimiento correctivo	6	2	7	84	Acceptable	Engrasar excéntricas	Técnico mecánico - eléctrico	3	1	7	21	Acceptable
		A Eliminación incorrecta	6	Desgaste de faja	Transporte inadecuado del arrocillo	Mantenimiento correctivo	6	2	8	96	Acceptable	Revisar alineación de polea con faja Cambiar faja	Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico	3	1	7	21	Acceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 36. AMEF Compresor

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA CMPS01										Localización: Área de producción			Fecha: 20/06/2023						
										Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez			N° AMEF: 3						
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada							
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR				
CMPS01 (Compresor)	1	A	Compresión inadecuada	1	Filtro de aire defectuoso	No se retienen las partículas y contaminantes presentes en el aire de admisión del compresor.	Mantenimiento correctivo	7	1	8	56	Aceptable	Inspeccionar y limpiar filtros de aire Cambiar filtros de aire	Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
			Compresión inadecuada	2	Desgaste de las juntas y empaques	Genera fugas de aire comprimido.	Mantenimiento correctivo	7	2	7	98	Aceptable	Limpiar y lubricar juntas y empaques	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
			Compresión inadecuada	3	Deterioro de electroválvula de drenaje	Afecta el control y la regulación del flujo de aire comprimido.	Mantenimiento correctivo	7	2	7	98	Aceptable	Inspeccionar y limpiar electroválvula de drenaje	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
			Compresión inadecuada	4	Desgaste de válvulas de alta y baja presión	Fugas de aire, disminución en la presión de salida y una menor eficiencia del compresor.	Mantenimiento correctivo	8	1	7	56	Aceptable	Cambiar válvulas de alta y baja presión Ajustar la VPM	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
			Compresión inadecuada	5	Panel enfriador obstruido	Reducción del rendimiento y sobrecalentamiento debido a la obstrucción de polvo	Mantenimiento correctivo	8	4	8	256	Inaceptable	Sopletear panel enfriador (eliminar polvo)	Técnico mecánico - eléctrico	4	2	7	56	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 37. AMEF Clasificador

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA CLAS01														Localización: Área de producción		Fecha: 20/06/2023			
														Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez		N° AMEF: 4			
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada							
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR				
CLAS01 (Clasificador)	1	A	Separación incorrecta de granos de arroz	1	Exceso de carga en tolva	Separación inadecuada debido al flujo desequilibrado	Mantenimiento correctivo	7	2	8	112	Aceptable	Limpiar tolva de alimentación	Operario de producción	4	1	7	28	Aceptable
		A	Separación incorrecta de granos de arroz	2	Ductos obstruidos	Bloqueo del flujo de grano.	Mantenimiento correctivo	7	1	8	56	Aceptable	Limpiar ductos de transporte	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
		A	Separación incorrecta de granos de arroz	3	Rotura de faja	Parada total de producción	Mantenimiento correctivo	8	1	8	64	Aceptable	Cambiar faja	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
		A	Separación incorrecta de granos de arroz	4	Tensión inadecuada de la faja	Separación deficiente y disminución en la calidad del grano clasificado.	Mantenimiento correctivo	7	1	8	56	Aceptable	Limpiar y alinear faja	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	8	32	Aceptable
		A	Separación incorrecta de granos de arroz	5	Desgaste de malla	Afecta la precisión de la separación por tamaño.	Mantenimiento correctivo	7	2	8	112	Aceptable	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas Cambiar mallas metálicas	Operario de producción Técnico mecánico - eléctrico	7	1	8	56	Aceptable
		A	Separación incorrecta de granos de arroz	6	Desgaste rodamientos	Ruidos anormales, vibraciones y mayor consumo de energía.	Mantenimiento correctivo	7	2	8	112	Aceptable	Lubricar rodamientos	Técnico mecánico - eléctrico	5	1	8	40	Aceptable
		A	Separación incorrecta de granos de arroz	7	Desgaste de bocinas de bronce	Incorrecta alineación y funcionamiento inestable	Mantenimiento correctivo	7	1	8	56	Aceptable	Engrasar bocinas de bronce	Técnico mecánico - eléctrico	5	1	8	40	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 38. AMEF Elevador de cangilones 1

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA ELEV01														Localización: Área de producción		Fecha: 20/06/2023			
														Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez		N° AMEF: 5			
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada							
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR				
ELEV01 (Elevador de cangilones 1)	Transporte del arroz de la tolva de almacenamiento a la cámara de succión 1	A	Transporte inadecuado del arrocillo	1	Rotura de faja	Interrupción en la cadena de producción	Mantenimiento correctivo	9	1	8	72	Aceptable	Cambiar faja	Técnico mecánico - eléctrico	5	1	7	35	Aceptable
		A	Transporte inadecuado del arrocillo	2	Tensión inadecuada de la faja	Transporte ineficiente y una posible pérdida de arrocillo.	Mantenimiento correctivo	8	3	8	192	Reducción deseable	Alinear faja	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
		A	Transporte inadecuado del arrocillo	4	Desgaste de chumaceras	Disminución de estabilidad, rendimiento y rapidez de transporte	Mantenimiento correctivo	8	1	8	64	Aceptable	Engrasar chumaceras Ajustar prisioneros de chumaceras	Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
		A	Transporte inadecuado del arrocillo	5	Cangilón suelto u obstruido	Disminución de la velocidad de transporte de arrocillo.	Mantenimiento correctivo	8	1	8	64	Aceptable	Ajustar pernos centradores de cangilones Limpiar cangilones Cambiar cangilones	Técnico mecánico - eléctrico Operario de producción Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Aceptable
		A	Transporte inadecuado del arrocillo	6	Falta de aceite en motorreductor	Se deja de impulsar potencia mecánica, ocasionando un sobreesfuerzo.	Mantenimiento correctivo	10	1	8	80	Aceptable	Inspeccionar nivel de aceite de motorreductor y suministrar de ser necesario.	Técnico mecánico - eléctrico	5	1	7	35	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 39. AMEF Zaranda rotovaivén

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA ZRP02														Localización: Área de producción		Fecha: 20/06/2023				
														Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez		N° AMEF: 6				
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada								
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR					
ZRP02 (Zaranda rotovaivén)	1	Eliminar residuos que no fueron eliminados con la zaranda prelimpia	A	Eliminación incorrecta	1	Exceso de carga en tolva de alimentación	Obstrucción en el paso de arrocillo y en la continuidad del proceso	Mantenimiento correctivo	7	3	7	147	Reducción deseable	Limpiar tolva de alimentación	Operario de producción	4	1	7	28	Acceptable
			A	Eliminación incorrecta	2	Desgaste de chumaceras	Aumento en la fricción y la generación de calor, ruidos anormales y vibraciones.	Mantenimiento correctivo	8	4	8	256	Inaceptable	Engrasar chumaceras	Técnico mecánico - eléctrico	4	2	7	56	Acceptable
			A	Eliminación incorrecta	3	Desgaste de excéntricas	Disminución en la amplitud y la frecuencia de las vibraciones, lo que afecta la eficiencia de la separación.	Mantenimiento correctivo	7	1	8	56	Acceptable	Engrasar excéntricas	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
			A	Eliminación incorrecta	4	Vibraciones excesivas en la estructura de soporte	Vibraciones excesivas, funcionamiento inestable y disminución en la eficiencia del zarandeo.	Mantenimiento correctivo	6	1	7	42	Acceptable	Ajustar pernos de anclaje Cambiar pernos de anclaje	Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico	3	1	7	21	Acceptable
			A	Eliminación incorrecta	5	Obstrucción en mallas	Separación inadecuada de los residuos y disminución en la calidad del producto final.	Mantenimiento correctivo	7	1	7	49	Acceptable	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas Cambiar mallas	Operario de producción Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 40. AMEF Sinfín

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA SNF01											Localización: Área de producción			Fecha: 20/06/2023					
											Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez			N° AMEF: 7					
Máquina o equipo	Función que desempeña	Falla Funcional FF	Modo de falla FM	Efectos de los fallos	Controles actuales	Situación actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación mejorada							
						Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR				
SNF01 (Sinfín)	Transportar el arrozillo de la salida de la selectora hasta la tolva de almacenamiento. Aquí se suministra aceite.	A	Transporte inadecuado del arrozillo	1	Falta de aceite en motorreductor	Se deja de impulsar potencia mecánica, ocasionando un sobreesfuerzo.	Mantenimiento correctivo	8	1	8	64	Acceptable	Inspeccionar nivel de aceite y suministrar de ser necesario.	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
		A	Falla en el paso de arroz	2	Desgaste de Eje	Parada de producción ya que no sostiene o rota el helicoidal de manera correcta	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	Reducción deseable	Alinear eje con helicoidal Cambiar eje	Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
		A	Falla en el paso de arroz	3	Desgaste de chumaceras	Alineación incorrecta, vibraciones excesivas y disminución en la capacidad de transporte.	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	Reducción deseable	Engrasar chumaceras	Técnico mecánico - eléctrico	4	1	7	28	Acceptable
		A	Falla en el paso de arroz	4	Desgaste de helicoidal	Reducción en la capacidad de transporte, separación deficiente del grano y mayor resistencia al movimiento.	Mantenimiento correctivo	8	2	8	128	Reducción deseable	Limpiar helicoidal Aplicar recubrimiento protector Soldar fisuras de aspas de helicoidal	Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico Técnico mecánico - eléctrico	4	1	8	32	Acceptable

Fuente: Elaboración propia

Anexo 41. Hoja de decisión RCM Selectora

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción											Máquina o equipo: SLCT01 (Selector)			Fecha: 23/06/2023	
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez														Nº: 1	
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar externamente las lámparas	Quincenal	Operario de producción
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar lámparas	Semestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar tolva de alimentación	Quincenal	Operario de producción
1	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar y limpiar filtro de aire	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Revisar estado de bandejas y limpiar	Quincenal	Operario de producción
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar tarjetas electrónicas	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar eyectores	Mensual	Operario de producción
1	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Hacer prueba de testeo de eyectores	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 42. Hoja de decisión RCM Zaranda prelimpia

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción											Máquina o equipo: ZRP01 (Zaranda prelimpia)			Fecha: 23/06/2023	
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez														Nº: 2	
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar y limpiar mallas	Quincenal	Operario de producción
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar mallas metálicas	Semestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Retirar incrustaciones de impurezas en imán magnético	Quincenal	Operario de producción
1	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Verificar y ajustar pernos de sujeción (platinas vertical y horizontal)	Semanal	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Engrasar chumaceras	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Engrasar excéntricas	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Revisar alineación de polea con faja	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	6	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar faja	Anual	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 43. Hoja de decisión RCM Compresor

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción										Máquina o equipo: CMPS01 (Compresor)			Fecha: 23/06/2023		
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez													N°: 3		
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar y limpiar filtros de aire	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtros de aire	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y lubricar juntas y empaques	Bimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar y limpiar electroválvula de drenaje	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar válvulas de alta y baja presión	Bimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Ajustar la VPM (válvula de presión)	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Sopletear panel enfriador (eliminar polvo)	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 44. Hoja de decisión RCM Clasificador

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción										Máquina o equipo: CLAS01 (Clasificador)			Fecha: 23/06/2023		
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez													N°: 4		
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar tolva de alimentación	Quincenal	Operario de producción
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar ductos de transporte	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar faja	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar y alinear faja	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar y limpiar mallas	Bimestral	Operario de producción
1	A	5	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar mallas	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Lubricar rodamientos	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
2	A	7	S	N	N	S	S	N	N				Engrasar bocinas de bronce	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 45. Hoja de decisión RCM Elevador de cangilones 1

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción										Máquina o equipo: ELEV01 (Elevador de cangilones 1)			Fecha: 23/06/2023		
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez													Nº: 5		
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar faja	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Alinear faja	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Engrasar chumaceras	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Ajustar prisioneros de chumaceras	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Ajustar pernos centradores de cangilones	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar cangilones	Quincenal	Operario de producción
1	A	5	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar cangilones	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar nivel de aceite de motorreductor y suministrar de ser necesario.	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 46. Hoja de decisión RCM Zaranda rotovaivén

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción										Máquina o equipo: ZRP02 (Zaranda rotovaivén)			Fecha: 23/06/2023		
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez													Nº: 6		
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Limpiar tolva de alimentación	Quincenal	Operario de producción
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Lubricar chumaceras	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Engrasar excéntricas	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Ajustar pernos de anclaje	Mensual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar pernos de anclaje	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	Bimestral	Operario de producción
1	A	5	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar mallas	Anual	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 47. Hoja de decisión RCM Sinfin

HOJA DE DECISIÓN RCM

Localización: Área de producción											Máquina o equipo: SNF01 (Sinfin)			Fecha: 23/06/2023	
Realizado por: Pierre Huacchillo Dominguez														Nº: 7	
Referencias de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	S	S	S	N	N				Inspeccionar nivel de aceite y suministrar de ser necesario.	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	2	S	N	S	S	S	N	N				Alinear eje con helicoidal	Bimestral	Técnico mecánico - eléctrico
1	A	2	S	N	S	S	N	N	S				Cambiar eje	Anual	Técnico mecánico - eléctrico
2	A	3	S	N	S	S	S	N	N				Engrasar chumaceras	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
3	A	4	S	N	S	S	S	N	N				Limpiar helicoidal	Quincenal	Técnico mecánico - eléctrico
4	A	4	S	N	S	S	S	N	N				Aplicar recubrimiento protector a helicoidal	Trimestral	Técnico mecánico - eléctrico
5	A	4	S	N	S	S	S	N	N				Soldar fisuras de aspas de helicoidal	Semestral	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 48. Plan de mantenimiento Selectora

PLAN DE MANTENIMIENTO SLCT01 (Selector)

Localización: Área de producción											PLAN DE MANTENIMIENTO SLCT01 (Selector)			Nº: 1
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad		Materiales		Herramientas		Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Personal				
SLCT01 (Selector)	Limpiar	Limpiar externamente las lámparas		Trapo industrial		-		Quincenal	8	Operario de producción				
	Cambiar	Cambiar lámparas		Trapo industrial, lámpara LED		Aire comprimido		Semestral	25	Técnico mecánico - eléctrico				
	Limpiar	Limpiar tolva de alimentación		Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial		Aire comprimido		Quincenal	15	Operario de producción				
	Inspeccionar y limpiar	Inspeccionar y limpiar filtro de aire		Cepillo industrial		Aire comprimido		Mensual	15	Técnico mecánico - eléctrico				
	Revisar	Revisar estado de bandejas y limpiar		Trapo industrial		Aire comprimido		Quincenal	15	Operario de producción				
	Limpiar	Limpiar tarjetas electrónicas		Alcohol isopropílico, cepillo industrial		Pinzas de precisión		Mensual	20	Técnico mecánico - eléctrico				
	Limpiar	Limpiar eyectores		Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial		Aire comprimido		Mensual	15	Operario de producción				
	Probar	Hacer prueba de testeado de eyectores		Trapo industrial		-		Quincenal	20	Técnico mecánico - eléctrico				

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 49. Plan de mantenimiento Zaranda prelimpia

Localización: Área de producción		PLAN DE MANTENIMIENTO ZRP01 (Zaranda Prelimpia)					Nº: 2
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Personal
ZRP01 (Zaranda prelimpia)	Inspeccionar y limpiar	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	25	Operario de producción
	Cambiar	Cambiar mallas metálicas	Mallas Zaranda Galv.metálicas 1.5 m x 1.5 m	Juego de llaves Stanley	Semestral	30	Técnico mecánico - eléctrico
	Retirar	Retirar incrustaciones de impurezas en imán magnético	Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, Trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	20	Operario de producción
	Verificar y ajustar	Verificar y ajustar pernos de sujeción (platinas vertical y horizontal)	Trapo industrial	Llave Stanley #17	Semanal	20	Técnico mecánico - eléctrico
	Engrasar	Engrasar chumaceras	Trapo industrial, grasa industrial SKF LGEP2	Llave Stanley #17, Grasea De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	25	Técnico mecánico - eléctrico
	Engrasar	Engrasar excéntricas	Grasa industrial SKF LGEP2	Grasea De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	25	Técnico mecánico - eléctrico
	Revisar	Revisar alineación de polea con faja	Trapo industrial	Llave Stanley #24	Quincenal	20	Técnico mecánico - eléctrico
	Cambiar	Cambiar faja	Faja SKF, trapo industrial	Llave Stanley #28	Anual	30	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 50. Plan de mantenimiento Compresor

Localización: Área de producción		PLAN DE MANTENIMIENTO CMPS01 (Compresor)					Nº: 3
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal
CMPS01 (Compresor)	Inspeccionar y limpiar	Inspeccionar y limpiar filtros de aire	Trapo industrial	Aire comprimido	Mensual	20	Técnico mecánico - eléctrico
	Cambiar	Cambiar filtros de aire	Filtro primario celulósico – sello axial – EP 430 – Ocuatro	Aire comprimido	Anual	25	Técnico mecánico - eléctrico
	Limpia y lubricar	Limpia y lubricar juntas y empaques	Aceite lubricante AEON SCFG 8000	Aire comprimido	Bimestral	30	Técnico mecánico - eléctrico
	Inspeccionar y limpiar	Inspeccionar y limpiar electroválvula de drenaje	Trapo industrial	Aire comprimido	Mensual	20	Técnico mecánico - eléctrico
	Inspeccionar	Inspeccionar válvulas de alta y baja presión	Trapo industrial	Llave inglesa #14 y #16, llave de tubo 10'	Bimestral	15	Técnico mecánico - eléctrico
	Ajustar	Ajustar la VPM (válvula de presión)	Trapo industrial	Manómetro	Mensual	10	Técnico mecánico - eléctrico
	Sopletear	Sopletear panel enfriador (eliminar polvo)	Trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	30	Técnico mecánico - eléctrico

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 51. Plan de mantenimiento Clasificador

Localización: Área de producción		PLAN DE MANTENIMIENTO CLAS01 (Clasificador)					Nº: 4	
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal	
CLAS01 (Clasificador)	Limpiar	Limpiar tolva de alimentación	Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	20	Técnico mecánico	
	Limpiar	Limpiar ductos de transporte	Trapo industrial	Aire comprimido	Mensual	20	Técnico mecánico	
	Cambiar	Cambiar faja	Faja de goma EP100	Juego de llaves Stanley	Anual	30	Técnico mecánico - eléctrico	
	Limpiar	Limpiar y alinear faja	Trapo industrial	Llave Stanley #24	Mensual	30	Técnico mecánico	
	Inspeccionar y limpiar	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial	Aire comprimido	Bimestral	25	Técnico mecánico	
	Cambiar	Cambiar mallas	Mallas Zaranda Galv.metálicas 1.5 m x 1.5 m	Juego de llaves Stanley	Anual	30	Técnico mecánico - eléctrico	
	Lubricar	Lubricar rodamientos	Trapo industrial	Llave Stanley #17, Graseira De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	25	Técnico mecánico	
	Engrasar	Engrasar bocinas de bronce	Grasa NLGI 2	Graseira De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	15	Técnico mecánico	

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 52. Plan de mantenimiento Elevador de cangilones 1

Localización: Área de producción		PLAN DE MANTENIMIENTO ELEV01 (Elevador de cangilones 1)					Nº: 5	
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal	
ELEV01 (Elevador de cangilones 1)	Cambiar	Cambiar faja	Faja SKF de lona 4x9 m, trapo industrial	Juego de llaves Allen	Anual	45	Técnico mecánico - eléctrico	
	Alinear	Alinear faja	Trapo industrial	Juego de llaves allen	Mensual	25	Técnico mecánico - eléctrico	
	Engrasar	Engrasar chumaceras	Grasa NLGI 2	Graseira De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	20	Técnico mecánico - eléctrico	
	Ajustar	Ajustar prisioneros de chumaceras	Trapo industrial	Llave Stanley #17	Mensual	25	Técnico mecánico - eléctrico	
	Ajustar	Ajustar pernos centradores de cangilones	Spray lubricante, trapo industrial	Llave Stanley #14	Quincenal	25	Técnico mecánico - eléctrico	
	Limpiar	Limpiar cangilones	Trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	20	Operario de producción	
	Cambiar	Cambiar cangilones	Cangilones Super Starco™ (SPS) Plastico	Llave Stanley #14	Anual	30	Técnico mecánico - eléctrico	
	Inspeccionar	Inspeccionar nivel de aceite de motorreductor y suministrar de ser necesario	En pantalla de máquina	-	Quincenal	8	Técnico mecánico - eléctrico	

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 53. Plan de mantenimiento Zaranda rotovaivén

Localización: Área de producción		PLAN DE MANTENIMIENTO ZRP02 (Zaranda rotovaivén)					Nº: 6	
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal	
ZRP02 (Zaranda rotovaivén)	Limpiar	Limpiar tolva de alimentación	Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	20	Técnico mecánico	
	Limpiar y lubricar	Engrasar chumaceras	Trapo industrial, grasa industrial SKF LGEP2	Llave Stanley #17, Grasa De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	25	Técnico mecánico	
	Engrasar	Engrasar excéntricas	grasa industrial SKF LGEP2	Grasa De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	30	Técnico mecánico - eléctrico	
	Ajustar	Ajustar pernos de anclaje	Trapo industrial	Llave Stanley #17	Mensual	15	Técnico mecánico	
	Cambiar	Cambiar pernos de anclaje	Perno de anclaje 3/8x3" x 4 unidades	llave mixta boca/corona de 9/16"	Anual	30	Técnico mecánico - eléctrico	
	Inspeccionar y limpiar	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	Cepillo industrial, escobilla industrial, spray lubricante, trapo industrial	Aire comprimido	Bimestral	25	Técnico mecánico	
	Cambiar	Cambiar mallas	Mallas Zaranda Galv.metálicas 1.5 m x 1.5 m	Juego de llaves Stanley	Anual	30	Técnico mecánico	

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 54. Plan de mantenimiento Sinfin

Localización: Área de producción		PLAN DE MANTENIMIENTO SNF01 (Sinfin)					Nº: 7	
Máquina o equipo	Actividad	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas	Frecuencia	Tiempo aproximado de trabajo	Personal	
SNF01 (Sinfin)	Inspeccionar	Inspeccionar nivel de aceite de motorreductor y suministrar de ser necesario	En pantalla de máquina	-	Quincenal	8	Técnico mecánico	
	Alinear	Alinear eje con helicoidal	Trapo industrial	Vernier	Bimestral	40	Técnico mecánico - eléctrico	
	Cambiar	Cambiar eje	Nuevo eje	-	Anual	75	Técnico mecánico - eléctrico	
	Engrasar	Engrasar chumaceras	Grasa NLGI 2	Grasa De Palanca Stanley 78-031	Trimestral	15	Técnico mecánico	
	Limpiar	Limpiar helicoidal	Trapo industrial	Aire comprimido	Quincenal	30	Técnico mecánico - eléctrico	
	Recubrir	Aplicar recubrimiento protector a helicoidal	Aleación de níquel	Pistola de rociado térmico	Trimestral	40	Técnico mecánico - eléctrico	
	Soldar	Soldar fisuras de aspas de helicoidal	Trapo industrial, soldadura inoxidable AW 3/32"	Soldadora inversora Werken 140A, vernier	Semestral	60	Técnico mecánico - eléctrico	

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 55. Cronograma de mantenimiento Selectora

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
SLCT01 (Selector)	Limpiar externamente las lámparas	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Cambiar lámparas	S																								S																							
	Limpiar tolva de alimentación	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Inspeccionar y limpiar filtro de aire	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Revisar estado de bandejas y limpiar	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Limpiar tarjetas electrónicas	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Limpiar eyectores	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Hacer prueba de testeo de eyectores	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 56. Cronograma de mantenimiento Zaranda prelimpia

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
ZRP01 (Zaranda prelimpia)	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Cambiar mallas	S																								S																							
	Retirar incrustaciones de impurezas en imán magnético	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Verificar y ajustar pernos de sujeción (platinas vertical y horizontal)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Engrasar chumaceras	T												T												T								T															
	Engrasar excéntricas	T												T												T								T															
	Revisar alineación de polea con faja	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Cambiar faja																																																

Fuente: Elaboración propia

Anexo 57. Cronograma de mantenimiento Compresor

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
CMPS01 (Compresor)	Inspeccionar y limpiar filtros de aire	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
	Cambiar filtros de aire																																																
	Limpiar y lubricar juntas y empaques	B								B								B								B								B								B							
	Inspeccionar y limpiar electroválvula de drenaje	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Inspeccionar válvulas de alta y baja presión	B								B								B								B								B								B							
	Ajustar la VPM (válvula de presión)	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Sopletear panel enfriador (eliminar polvo)	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 58. Cronograma de mantenimiento Clasificador

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
CLAS01 (Clasificador)	Limpiar tolva de alimentación	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q								
	Limpiar ductos de transporte	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Cambiar faja																																																
	Limpiar y alinear faja	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	B								B								B								B								B															
	Cambiar mallas																																																
	Lubricar rodamientos	T												T												T								T															
	Engrasar bocinas de bronce	T												T												T								T															

Fuente: Elaboración propia

Anexo 59. Cronograma de mantenimiento Elevador de cangilones 1

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
ELEV01 (Elevador de cangilones 1)	Cambiar faja																																																
	Alinear faja	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Engrasar chumaceras	T								T								T								T								T															
	Ajustar prisioneros de chumaceras	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Ajustar pernos centradores de cangilones	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q								
	Limpiar cangilones	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q								
	Cambiar cangilones																																																
Inspeccionar nivel de aceite de motoreductor y suministrar de ser necesario	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q									

Fuente: Elaboración propia

Anexo 60. Cronograma de mantenimiento Zaranda rotovaivén

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
ZRP02 (Zaranda rotovaivén)	Limpiar tolva de alimentación	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q								
	Engrasar chumaceras	T								T								T								T								T															
	Engrasar excéntricas	T								T								T								T								T															
	Ajustar pernos de anclaje	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Cambiar pernos de anclaje																																																
	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	B								B								B								B								B															
	Cambiar mallas																																																


Fuente: Elaboración propia

Anexo 61. Cronograma de mantenimiento Sinfin

Máquina o Equipo	Actividades/Mes Descripción de actividad/Semana	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
SNF01 (Sinfin)	Inspeccionar nivel de aceite de motoreductor y suministrar de ser necesario	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
	Alinear eje con helicoidal	B							B								B																																
	Cambiar eje																																												A				
	Engrasar chumaceras	T											T																																				
	Limpiar helicoidal	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q								
	Aplicar recubrimiento protector a helicoidal	T											T																																				
	Soldar fisuras de aspas de helicoidal	S																																															

Fuente: Elaboración propia

Anexo 62. Política y Objetivos del mantenimiento

 SAN MARTÍN MANUFACTURAS SAC	POLÍTICA Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	CÓDIGO: POM - PM
		VERSIÓN: 1
		FECHA DE REVISIÓN: 01/01/2024

Política de Mantenimiento

En la empresa "San Martín Manufacturas SAC", se reconoce la importancia fundamental del mantenimiento confiable y eficiente como parte integral de las operaciones. La política de mantenimiento se basa en los principios de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), con el objetivo de maximizar la disponibilidad y vida útil de los equipos, garantizando así la continuidad de las operaciones y el cumplimiento de los requisitos de los clientes. Es por ello por lo que se muestra un compromiso en mantener un enfoque proactivo, sistemático y basado en datos para la gestión del mantenimiento, con el fin de minimizar el riesgo de fallas, optimizar la eficiencia operativa y mejorar continuamente los procesos.

Objetivos del Mantenimiento

- Maximizar la disponibilidad del equipo: Garantizar que los equipos estén disponibles y operativos cuando se requieran para mantener la producción y satisfacer la demanda de los clientes. Esto implica minimizar los tiempos de inactividad no planificados y asegurar una rápida respuesta ante cualquier falla.
- Aumentar el MTBF (Mean Time Between Failures): Se busca aumentar el tiempo promedio entre fallas de los equipos, lo que contribuirá a una mayor disponibilidad de estos.
- Reducir el MTTR (Mean Time To Repair): El objetivo es reducir el tiempo promedio necesario para reparar los equipos después de una falla, lo que permitirá una pronta restauración de la operación normal.
- Optimizar los costos de mantenimiento: Existe un esfuerzo por mantener un equilibrio óptimo entre los costos de mantenimiento y los beneficios obtenidos. Mediante el análisis de la criticidad de los equipos y la aplicación de estrategias de mantenimiento adecuadas, se busca minimizar los costos asociados con el mantenimiento correctivo y optimizar los recursos disponibles.

Anexo 63. Procedimiento para el mantenimiento de máquinas y equipos

 <p>SAN MARTÍN MANUFACTURAS SAC</p>	<p>PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS</p>	CÓDIGO: SMS - PM
		VERSIÓN: 1
		FECHA DE REVISIÓN: 01/01/2024

1. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer una guía detallada para la gestión de mantenimiento que abarque tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo en San Martín Manufacturas SAC. Este procedimiento tiene como fin asegurar la disponibilidad y el rendimiento óptimo de los equipos y maquinaria de la empresa.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a todas las actividades de mantenimiento realizadas en San Martín Manufacturas SAC, incluyendo la planificación, ejecución y seguimiento del mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y maquinaria.

3. RESPONSABILIDADES

3.1. Jefe de Producción

- 3.1.1. Informar al Supervisor de Mantenimiento las fallas de las máquinas y equipos.
- 3.1.2. Verificar y firmar la orden de trabajo después de confirmar que el equipo ha pasado por mantenimiento preventivo o correctivo y está operativo.

3.2. Supervisor de Mantenimiento

- 3.2.1. Revisar y actualizar el plan de mantenimiento anual detallando las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo
- 3.2.2. Comunicación constante con el jefe de producción y el técnico mecánico eléctrico para programar el mantenimiento de equipos.
- 3.2.3. Abrir y cerrar las órdenes de trabajo.
- 3.2.4. Supervisar y asegurarse de la calidad de la ejecución de los trabajos.
- 3.2.5. Archivar las órdenes de trabajo.

3.3 Técnico mecánico – eléctrico

- 3.3.1. Ejecutar las labores mecánicas y eléctricas necesarias para llevar a cabo tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo.

3.4 Almacenero

3.4.1. Despachar los materiales, herramientas y repuestos necesarios siguiendo el procedimiento de gestión de almacén de mantenimiento.

4. DEFINICIONES

4.2. Falla: Es un evento que impide que la máquina o equipo siga funcionando.

4.3. Avería: Es el estado en que se encuentra la máquina o equipo después de la falla.

4.4. Mantenimiento Correctivo: Acciones para corregir fallas y averías en las máquinas o equipos.

4.5. Mantenimiento Preventivo: Actividades programadas para prevenir fallas de las máquinas o equipos.

5. DOCUMENTOS APLICABLES

5.1. Formato de orden de trabajo de mantenimiento (PM – OTM)

5.2. Formato de solicitud de materiales, herramientas y repuestos (PM - SMHR)

6. DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO

6.1 El jefe de producción informa tarea de mantenimiento preventiva o correctiva al Supervisor de Mantenimiento.

6.2 Basado en lo informado por el jefe de producción y el plan de mantenimiento elaborado, el Supervisor de Mantenimiento aprueba la fecha y hora para su realización.

6.3. Supervisor de Mantenimiento informa al técnico mecánico - eléctrico la tarea de mantenimiento a realizar.

6.4. Supervisor de Mantenimiento abre una orden de trabajo para la realización del mantenimiento preventivo o correctivo.

6.5. Supervisor de Mantenimiento solicita los materiales, herramientas y repuestos necesarios al Almacenero.

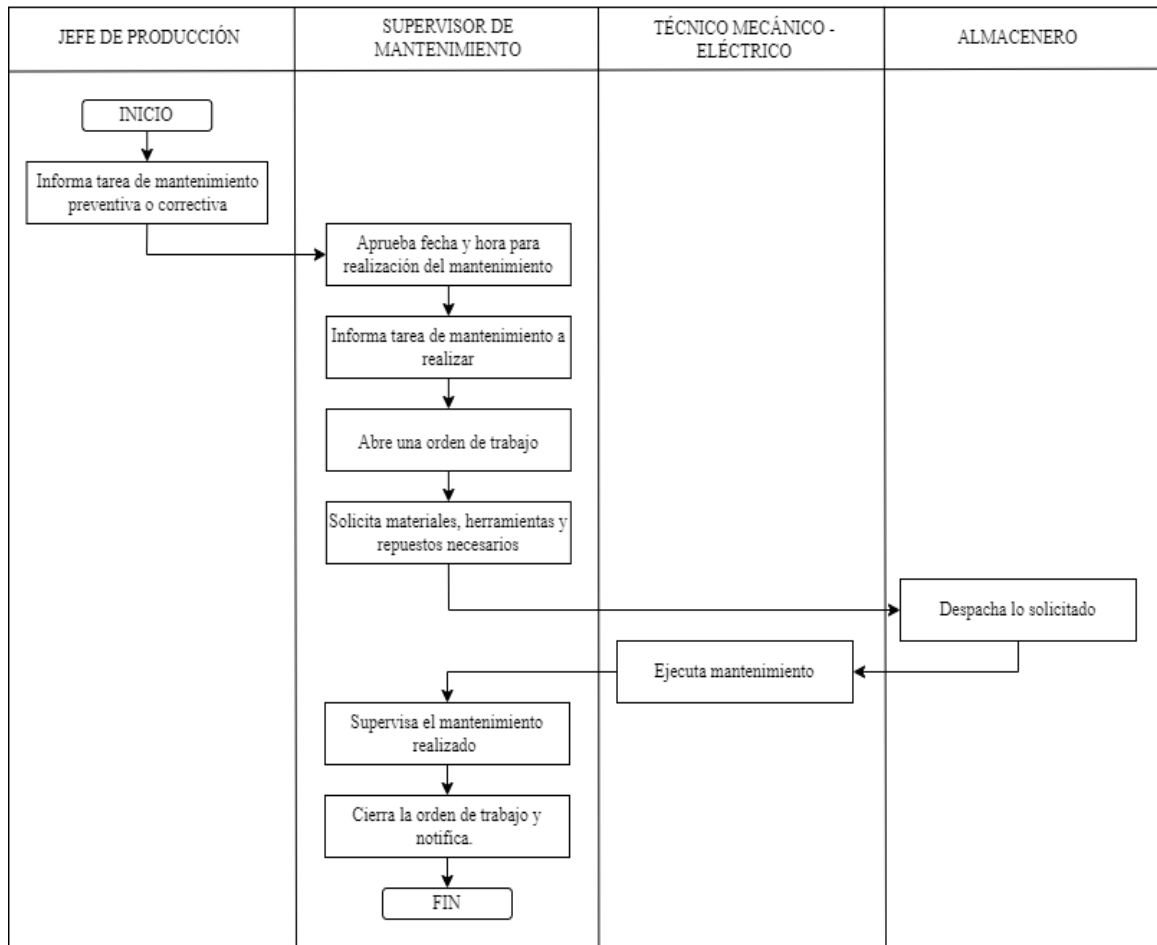
6.6. Almacenero despacha lo solicitado.

6.7. Técnico mecánico – eléctrico ejecuta las labores mecánicas y eléctricas según lo planificado.

6.8. Supervisor de Mantenimiento supervisa los trabajos realizados por el técnico mecánico – eléctrico para garantizar la calidad de la ejecución.

6.9. Una vez completado la tarea de mantenimiento, el Supervisor de Mantenimiento cierra la orden de trabajo y notifica al jefe de producción que el equipo está operativo.

7. FLUJOGRAMA




8. REGISTRO Y APROBACIÓN


Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Pierre Edgardo Huacchillo Dominguez	[Nombre del supervisor de mantenimiento]	[Nombre del supervisor de mantenimiento]
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

9. HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS


N° de página	Cambio realizado:	N° de revisión:


Formato Orden de Trabajo de Mantenimiento

 SAN MARTÍN MANUFACTURAS SAC	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: PM - OTM
			VERSIÓN: 1
			PÁGINA: 1 DE 2
N°: _____ (1) _____			
Código de máquina o equipo: ____ (2) _____			
Diagnóstico inicial: (3)			
Tipo de mantenimiento: (4) Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>			
Actividades realizadas: (5)			
Tiempo empleado (6)			
Fecha y hora de inicio:	Fecha y hora de término:	Duración:	
Materiales, herramientas y repuestos empleados (7)			
Descripción	Unidad	Cantidad	
Personal involucrado (8)			
Ejecución	Autorización	Liberación	
Firma y Nombre del Técnico de mantenimiento	Firma y Nombre del Supervisor de Mantenimiento	Firma y Nombre del Jefe de Producción	
Fecha de culminación:	(9)		


 <p>SAN MARTÍN MANUFACTURAS SAC</p>	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO: PM - OTM
		VERSIÓN: 1
		PÁGINA: 2 DE 2
N°	Descripción	
1.	Colocar el número de la orden de trabajo de mantenimiento.	
2.	Anotar el código de la máquina o equipo que requiere mantenimiento.	
3.	Analizar la causa raíz de la falla	
4.	Marcar con una "X" el tipo de mantenimiento a realizar.	
5.	Describir el trabajo realizado por el técnico mecánico - eléctrico	
6.	Especificar el tiempo empleado en el mantenimiento; subdivido en fecha y hora de inicio, de término y duración.	
7.	Mencionar los materiales, herramientas y repuestos empleados; subdivido en cantidad, descripción y código.	
8.	Nombrar al personal involucrado; subdivido en el encargado de ejecutar el mantenimiento (técnico mecánico - eléctrico), el encargado de autorizarlo (supervisor de mantenimiento) y el encargado de liberar la orden de trabajo (jefe de producción). Asimismo, añadir la firma de cada uno de ellos.	
9.	Colocar fecha y hora de culminación de la orden de trabajo.	

Formato de solicitud de materiales, herramientas y repuestos

 SAN MARTÍN MANUFACTURAS SAC	SOLICITUD DE MATERIALES, HERRAMIENTAS Y REPUESTOS	CÓDIGO: PM - SMHR
		VERSIÓN: 1
		PÁGINA: 1 DE 2
Solicitado por: _____ (1) _____		
Fecha y hora de requerimiento: ____ (2) _____		
Motivo de solicitud: (3)		
Tipo de mantenimiento: (4) Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>		
Materiales, herramientas y repuestos (5)		
Descripción	Unidad	Cantidad
Personal involucrado (6)		
Firma y Nombre del Técnico de mantenimiento	Firma y Nombre del Supervisor de Mantenimiento	Firma y Nombre del Jefe de Producción
Fecha y hora de entrega de lo solicitado:	(7)	

 <p>SAN MARTÍN MANUFACTURAS SAC</p>	SOLICITUD DE MATERIALES, HERRAMIENTAS Y REPUESTOS	CÓDIGO: PM - SMHR
		VERSIÓN: 1
		PÁGINA: 2 DE 2
N°	Descripción	
1.	Colocar el nombre del solicitante (supervisor de mantenimiento)	
2.	Anotar fecha y hora de la solicitud de requerimiento.	
3.	Describir el motivo de la solicitud de requerimiento (especificar falla y máquina o equipo afectado)	
4.	Marcar con una "X" el tipo de mantenimiento a realizar.	
5.	Mencionar los materiales, herramientas y repuestos requeridos; subdivido en descripción, unidad y cantidad.	
6.	Nombrar al personal involucrado; subdivido en el encargado de ejecutar el mantenimiento (técnico mecánico - eléctrico), el encargado de autorizarlo (supervisor de mantenimiento) y el encargado de liberar la orden de trabajo (jefe de producción). Asimismo, añadir la firma de cada uno de ellos.	
7.	Colocar fecha y hora de entrega de los materiales, herramientas y repuestos solicitados.	

Anexo 64. Perfil del puesto: Supervisor de mantenimiento

		Código	PP – SM - PM
		Ver-01	
Perfil del puesto: Supervisor de mantenimiento			
INFORMACIÓN GENERAL DEL PUESTO			
PUESTO	Supervisor de Mantenimiento		
ÁREA	Mantenimiento		
NÚMERO DE PUESTOS	1		
DESCRIPCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL PUESTO	Es el máximo responsable del correcto funcionamiento del área de mantenimiento, encargado de planear, organizar, dirigir y supervisar las labores de mantenimiento de las máquinas y/o equipos, para que estas estén en buenas condiciones de funcionamiento. Con el objetivo de cumplir con la disponibilidad de las máquinas y/o equipos.		
SOLICITA REPORTES Y REPORTA A	Gerente General		
Planificación y Supervisión			
RESPONSABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planear y coordinar la administración del trabajo actualizando los programas de mantenimiento de acuerdo con los últimos desarrollos en manutención de maquinaria, considerando las metas y la capacidad de la planta. ✓ Coordinar con las áreas competentes y capacitar a los usuarios del sistema sobre el manejo de las máquinas y/o equipos. ✓ Supervisar, si fuera el caso, desde el punto de vista técnico el mantenimiento de las máquinas y/o equipos que se hayan entregado alas diferentes áreas de la empresa. ✓ Participar en la elaboración del presupuesto anual de la empresa San Martín Manufacturas SAC. ✓ Programar el presupuesto correspondiente para garantizar una correcta operación y mantenimiento. 		
Medición de Indicadores			
REQUISITOS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programar y realizar las mediciones de los indicadores de mantenimiento. ✓ Vigilar el cumplimiento de la ejecución del plan de mantenimiento, interviniendo en la modificación de este. ✓ Recopilar y registras datos para su procesamiento. 		
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Título universitario en Ingeniería Industrial y/o Ingeniería Mecánica. ✓ Experiencia previa de 3 años en puestos de mantenimiento o gestión de maquinaria en empresas del rubro agroindustrial (de preferencia molinos de arroz). ✓ Conocimientos sólidos sobre máquinas y/o equipos industriales. ✓ Habilidades de liderazgo, trabajo en equipo y capacidad para resolución de problemas. 		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 65. Capacitaciones

FICHA DE CAPACITACIÓN 1

N° de sesión:	1
Tema:	Máquinas y equipos críticos de la empresa
Ponente:	Trabajador de Instituto Superior
Fecha programada:	Ene - 24
Duración:	4 horas

Contenido	Tiempo aproximado (min)
1. Mantenimiento industrial	30
2. Historial de fallas	30
3. Árbol de fallas, AMEF, hoja de decisión RCM	60
4. Explicación de indicadores y la importancia de su mejora	60
5. Máquinas y equipos críticos de la empresa	30
6. Dudas y preguntas	30
Materiales: Diapositivas, laptop, plumón, mota, pizarra	

FICHA DE CAPACITACIÓN 2

N° de sesión:	2
Tema:	Plan y cronograma de mantenimiento
Ponente:	Trabajador de Instituto Superior
Fecha programada:	Ene - 24
Duración:	4 horas

Contenido	Tiempo aproximado (min)
1. Planificación y su importancia	30
2. Explicación del plan de mantenimiento propuesto	60
3. Cronograma y su importancia	60
4. Explicación del cronograma de mantenimiento	60
5. Dudas y preguntas	30
Materiales: Diapositivas, laptop, plumón, mota, pizarra	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 66. Tiempo total de actividades de mantenimiento propuestas

HORAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTAS

Máquina o equipo	Descripción de la actividad	N° de veces al año	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Tiempo aproximado de trabajo (h)	Tiempo aproximado de Mant. Prev. (h)	Tiempo total de Mant. Prev. (h)
SLCT01	Limpiar externamente las lámparas	24	8	0,13	3,20	34,03
	Cambiar lámparas	2	25	0,42	0,83	
	Limpiar tolva de alimentación	24	15	0,25	6,00	
	Inspeccionar y limpiar filtro de aire	12	15	0,25	3,00	
	Revisar estado de bandejas y limpiar	24	15	0,25	6,00	
	Limpiar tarjetas electrónicas	12	20	0,33	4,00	
	Limpiar eyectores	12	15	0,25	3,00	
	Hacer prueba de testeo de eyectores	24	20	0,33	8,00	
ZRP01	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	24	25	0,42	10,00	46,83
	Cambiar mallas metálicas	2	30	0,50	1,00	
	Retirar incrustaciones de impurezas en imán magnético	24	20	0,33	8,00	
	Verificar y ajustar pernos de sujeción (platinas vertical y horizontal)	48	20	0,33	16,00	
	Engrasar chumaceras	4	25	0,42	1,67	
	Engrasar excéntricas	4	25	0,42	1,67	
	Revisar alineación de polea con faja	24	20	0,33	8,00	
Cambiar faja	1	30	0,50	0,50		
CMPS01	Inspeccionar y limpiar filtros de aire	12	20	0,33	4,00	26,92
	Cambiar filtros de aire	1	25	0,42	0,42	
	Limpiar y lubricar juntas y empaques	6	30	0,50	3,00	
	Inspeccionar y limpiar electroválvula de drenaje	12	20	0,33	4,00	
	Inspeccionar válvulas de alta y baja presión	6	15	0,25	1,50	
	Ajustar la VPM (válvula de presión)	12	10	0,17	2,00	
Sopletear panel enfriador (eliminar polvo)	24	30	0,50	12,00		

	Limpiar tolva de alimentación	24	20	0,33	8,00	
	Limpiar ductos de transporte	12	20	0,33	4,00	
	Cambiar faja	1	30	0,50	0,50	
	Limpiar y alinear faja	12	30	0,50	6,00	
CLAS01	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	6	25	0,42	2,50	24,17
	Cambiar mallas	1	30	0,50	0,50	
	Lubricar rodamientos	4	25	0,42	1,67	
	Engrasar bocinas de bronce	4	15	0,25	1,00	
	Cambiar faja	1	45	0,75	0,75	
	Alinear faja	12	25	0,42	5,00	
	Engrasar chumaceras	4	20	0,33	1,33	
ELEV01	Ajustar prisioneros de chumaceras	12	25	0,42	5,00	33,78
	Ajustar pernos centradores de cangilones	24	25	0,42	10,00	
	Limpiar cangilones	24	20	0,33	8,00	
	Cambiar cangilones	1	30	0,50	0,50	
	Inspeccionar nivel de aceite de motoreductor y suministrar de ser necesario	24	8	0,13	3,20	
	Limpiar tolva de alimentación	24	20	0,33	8,00	
	Engrasar chumaceras	4	25	0,42	1,67	
ZRP02	Engrasar excéntricas	4	30	0,50	2,00	18,17
	Ajustar pernos de anclaje	12	15	0,25	3,00	
	Cambiar pernos de anclaje	1	30	0,50	0,50	
	Inspeccionar y limpiar mallas metálicas	6	25	0,42	2,50	
	Cambiar mallas	1	30	0,50	0,50	
	Inspeccionar nivel de aceite de motoreductor y suministrar de ser necesario	24	8	0,13	3,20	
	Alinear eje con helicoidal	6	40	0,67	4,00	
	Cambiar eje	1	75	1,25	1,25	
SNF01	Engrasar chumaceras	4	15	0,25	1,00	26,12
	Limpiar helicoidal	24	30	0,50	12,00	
	Aplicar recubrimiento protector a helicoidal	4	40	0,67	2,67	
	Soldar fisuras de aspas de helicoidal	2	60	1,00	2,00	
	TOTAL				210,02	210,02

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 67. Reducción del tiempo de parada con la propuesta

Máquina o equipo	Tiempo de mantenimiento inicial (h)	Tiempo de mantenimiento propuesto (h)	Tiempo de reducción (h)	Variación porcentual
SLCT01	49,50	34,03	15,47	-31,25%
ZRP01	68,50	46,83	21,67	-31,63%
CMPS01	39,00	26,92	12,08	-30,98%
CLAS01	41,00	24,17	16,83	-41,06%
ELEV01	49,50	33,78	15,72	-31,75%
ZRP02	36,00	18,17	17,83	-49,54%
SNF01	38,00	26,12	11,88	-31,27%
Total	321,50	210,02	111,48	-34,68%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 68. Costos de materiales, herramientas y repuestos del plan de mantenimiento

Maquinaria	Herramienta/material/repuesto	Cantidad anual	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total	Costo total
ZRP01	Juego de cepillos industriales pequeños de nailon/Cobre/acero inoxidable	2	juego	S/ 29,34	S/ 58,68	S/ 1 106,64
	Escobilla de acero templado 4C 16 hilos	2	und	S/ 34,90	S/ 69,80	
	Spray Bike LM 40 Multi-Funktions	2	und	S/ 31,98	S/ 63,96	
	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	
	Malla Zaranda #14 De 3/8	1	und	S/ 12,00	S/ 12,00	
	Grasa industrial SKF LGEP2	2	kg	S/ 150,55	S/ 301,10	
	Grasera De Palanca Stanley 78-031	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	
	Faja de caucho SKF	1	und	S/ 115,00	S/ 115,00	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
	Juego de llaves Stanley	1	und	S/ 179,90	S/ 179,90	
SLCT01	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	S/ 592,65
	Lámpara LED	1	und	S/ 100,00	S/ 100,00	
	Juego de cepillos industriales pequeños de nailon/Cobre/acero inoxidable	4	juego	S/ 29,34	S/ 117,36	
	Escobilla de acero templado 4C 16 hilos	2	und	S/ 34,90	S/ 69,80	
	Spray Bike LM 40 Multi-Funktions	2	und	S/ 31,98	S/ 63,96	
	Alcohol isopropílico 500 ml	1	und	S/ 18,13	S/ 18,13	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
Pinzas de precisión	1	kit	S/ 35,00	S/ 35,00		
CMPS01	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	S/ 1 703,29
	Filtro primario celulósico – sello axial – EP 430 – Ocuatro	1	und	S/ 961,88	S/ 961,88	
	Aceite lubricante AEON SCFG 8000	1	gal	S/ 413,78	S/ 413,78	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
	Llave inglesa	1	juego	S/ 31,90	S/ 31,90	
	Llave inglesa	1	juego	S/ 31,90	S/ 31,90	
	Llave de tubo 10'	1	und	S/ 50,53	S/ 50,53	
Regulador de aire con manómetro 1/4 NPT Truper	1	und	S/ 24,90	S/ 24,90		

	Faja SKF de lona 4x9 m	1	und	S/ 115,00	S/ 115,00	
	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	
	Grasa NLGI 2	1	lata (1 kg)	S/ 81,37	S/ 81,37	
	Spray Bike LM 40 Multi-Funktions	1	und	S/ 31,98	S/ 31,98	
ELEV01	Cangilones Super Starco™ (SPS) Plastico	24	und	S/ 23,19	S/ 556,56	S/ 1 298,91
	Juego de llaves Allen	1	juego	S/ 27,90	S/ 27,90	
	Grasera De Palanca Stanley 78-031	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	
	Juego de llaves Stanley	1	und	S/ 179,90	S/ 179,90	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
	Juego de cepillos industriales pequeños de nailon/Cobre/acero inoxidable	2	juego	S/ 29,34	S/ 58,68	
	Escobilla de acero templado 4C 16 hilos	2	und	S/ 34,90	S/ 69,80	
	Spray Bike LM 40 Multi-Funktions	2	und	S/ 31,98	S/ 63,96	
	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	
	Grasa Industrial SKF	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	
ZRP02	Perno de anclaje 3/8x3" x 4 unidades	2	juegos	S/ 21,90	S/ 43,80	S/ 863,24
	Mallas Zaranda Galv.metalicas 1.5 m x 1.5 m	1	und	S/ 12,00	S/ 12,00	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
	Juego de llaves Stanley	1	und	S/ 179,90	S/ 179,90	
	Grasera De Palanca Stanley 78-031	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	
	Llave mixta boca/corona de 9/16"	1	und	S/ 11,10	S/ 11,10	
	Juego de cepillos industriales pequeños de nailon/Cobre/acero inoxidable	2	juego	S/ 29,34	S/ 58,68	
	Escobilla de acero templado 4C 16 hilos	2	und	S/ 34,90	S/ 69,80	
	Spray Bike LM 40 Multi-Funktions	2	und	S/ 31,98	S/ 63,96	
	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	
	Faja de goma EP100	1	und	S/ 115,00	S/ 115,00	
CLAS01	Mallas Zaranda Galv.metalicas 1.5 m x 1.5 m	1	und	S/ 12,00	S/ 12,00	S/ 1 004,71
	Grasera De Palanca Stanley 78-031	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	
	Grasa NLGI 2	1	lata (1 kg)	S/ 81,37	S/ 81,37	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
	Juego de llaves Stanley	1	und	S/ 179,90	S/ 179,90	
	Grasera De Palanca Stanley 78-031	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	

SNF01	Trapo industrial	3	kg	S/ 3,50	S/ 10,50	
	Eje helicoidal	1	und	S/ 153,00	S/ 153,00	
	Grasa NLGI 2	1	lata (1 kg)	S/ 81,37	S/ 81,37	
	Aleación de níquel	3	paquete	S/ 98,43	S/ 295,29	
	Soldadura inoxidable AW 3/32"	1	lata	S/ 83,99	S/ 83,99	
	Calibrador Vernier Digital 6" Acero Inox, Std y Mm, Truper	1	und	S/ 110,90	S/ 110,90	S/ 1 899,75
	Grasera De Palanca Stanley 78-031	1	und	S/ 117,80	S/ 117,80	
	Sopladora aspiradora Ingco AB8008 eléctrica 800W 220V	1	und	S/ 177,90	S/ 177,90	
	Pistola de rociado térmico Metaljet Oxi-Gas 14F	1	und	S/ 550,00	S/ 550,00	
Soldadora inversora Werken 140A	1	und	S/ 319,00	S/ 319,00		
Total					S/ 8 469,19	S/ 8 469,19

Fuente: Elaboración propia con base en [6], [7], [8], [10], [15].

Anexo 69. Costos de reparación con la propuesta

Código	N° de fallas	Horas de parada	Costo de repuestos/herramientas/materiales (a)	Costo de MO (b)	Costo de reparación (a+b)
TOLV01	3	4,5	S/ 481,80	S/ 148,79	S/ 630,59
ELEV01	8	33,78	S/ 1 298,91	S/ 1 117,03	S/ 2 415,94
CAM01	3	7,5	S/ 467,00	S/ 247,98	S/ 714,98
ZRP01	16	46,83	S/ 1 106,64	S/ 1 548,52	S/ 2 655,16
ELEV02	3	10,5	S/ 797,80	S/ 347,18	S/ 1 144,98
CAM02	2	5	S/ 329,50	S/ 165,32	S/ 494,82
ZRP02	9	18,17	S/ 863,24	S/ 600,67	S/ 1 463,91
ELEV03	3	11,5	S/ 1 122,20	S/ 380,24	S/ 1 502,44
CLAS01	9	24,17	S/ 1 004,71	S/ 799,06	S/ 1 803,77
ELEV04	3	9,5	S/ 776,30	S/ 314,11	S/ 1 090,41
SLCT01	11	34,03	S/ 592,65	S/ 1 125,30	S/ 1 717,95
SNF01	7	26,12	S/ 1 899,75	S/ 863,53	S/ 2 763,28
ELEV05	2	9	S/ 617,90	S/ 297,58	S/ 915,48
TLV02	2	3	S/ 428,10	S/ 99,19	S/ 527,29
CMPS01	9	26,92	S/ 1 703,29	S/ 889,99	S/ 2 593,28
TNQ01	1	6	S/ 238,60	S/ 198,39	S/ 436,99
SEC01	1	6	S/ 258,60	S/ 198,39	S/ 456,99
ENFR01	2	7	S/ 416,90	S/ 231,45	S/ 648,35
TOTAL	94	289,52	S/ 14 403,89	S/ 9 572,73	S/ 23 976,62

Fuente: Elaboración propia