

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN
EL MOLINO EL CHAMESINO S. A. C. PARA INCREMENTAR SU
PRODUCTIVIDAD**

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

AUTOR

CRISTHIAN JESUS MONSALVE RAMOS

ASESOR

ALEJANDRO VERA LÁZARO

<https://orcid.org/0000-0002-0964-7105>

Chiclayo, 2020

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN EL MOLINO EL CHAMESINO S. A. C.
PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD**

PRESENTADA POR:

CRISTHIAN JESUS MONSALVE RAMOS

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Joselito Sánchez Pérez

PRESIDENTE

Carlos Alvarado Silva

SECRETARIO

Alejandro Vera Lázaro

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo enteramente a nuestro amado Dios, quien me ha prestado vida, y me permitió poder culminar mis estudios satisfactoriamente, llegando hasta la culminación de esta investigación.

A mis padres y familia, que han estado conmigo a lo largo de este viaje que emprendí para poder ser profesional, por su apoyo y amor mostrado, que me impulsó a terminar y llegar a este punto, donde finalizo mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias a Dios que me ha permitido estos años de estudios universitarios, que me ayudó a superar toda prueba, y traerme a este momento donde concluyo mis estudios.

A mis padres, quienes a través de estos años me han dado de su apoyo incondicional, y me han animado a superarme cada día en el transcurso de mis estudios.

Al Ing. Alejandro Vera Lázaro por su orientación y sus consejos para el desarrollo de esta tesis.

Y por último, le doy gracias al personal técnico y administrativo del Molino EL CHAMESINO S.A.C. que me suministró información, conocimientos y experiencia, de manera que con estos pude formar la base para desarrollar mi tesis.

RESUMEN

El molino EL CHAMESINO S.A.C. tiene implementado un plan de mantenimiento tipo correctivo siendo la actividad limitante cada vez que ocurre una falla, ya que trae consigo un tiempo de paro no programado que por ende afecta la productividad causando grandes pérdidas económicas a la empresa. Es por ello que se propuso un plan de mantenimiento preventivo para prevenir y reducir las posibles fallas en las máquinas de la línea de producción e incrementar la productividad.

Se realizó el diagnóstico del mantenimiento actual en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017, usando como herramientas: AMEF, árbol de Fallas y análisis de criticidad; encontrando un total de 161 fallas equivalentes a 459,08 horas, destacando las máquinas Descascaradora y Pulidora con un tiempo de paro de 101,5 y 63,58 horas.

Se determinó los indicadores para conocer la confiabilidad, mantenibilidad y la disponibilidad de la línea de producción. Por lo tanto, teniendo en cuenta los indicadores mencionados, se propuso el plan de mantenimiento preventivo teniendo el siguiente lineamiento: una nueva jerarquización organizacional, un plan de capacitaciones, un plan y un cronograma de actividades de mantenimiento, y un nuevo procedimiento de mantenimiento con el objetivo de reducir la ocurrencia de fallas y alcanzar la productividad deseada que es de 68 sacos/hora.

Por último, se obtuvo del análisis costo-beneficio entre los costos del sistema actual de s/. 630 874,33, y el costo de la propuesta que es s/. 73 583,8 un beneficio-costos de s/. 8,57.

Palabras Claves: Mantenimiento, Productividad, Proceso de Pilado de arroz

ABSTRACT

The mill EL CHAMESINO S.A.C. has implemented a corrective type maintenance plan, being the limiting activity each time a failure occurs, since it brings with it an unscheduled stoppage time that consequently affects the productivity causing great economic losses to the company. That is why a preventive maintenance plan was proposed to prevent and reduce possible failures in the machines of the production line and increase productivity.

The diagnosis of the current maintenance was made in the period September 2016 - August 2017, using tools as: AMEF, Failures tree and criticality analysis; finding a total of 161 faults equivalent to 459.08 hours, highlighting the Husking and Polishing machines with a stoppage time of 101.5 and 63.58 hours.

The indicators were determined to know the reliability, maintainability and availability of the production line. Therefore, taking into account the aforementioned indicators, the preventive maintenance plan was proposed having the following guidelines: a new organizational hierarchy, a training plan, a plan and a schedule of maintenance activities, and a new maintenance procedure with the objective of reducing the occurrence of failures and achieving the desired productivity that is 68 bags / hour.

Finally, the cost-benefit analysis was obtained from the current system costs of s /. 630 874.33, and the cost of the proposal that is s /. 73 583,8 a benefit-cost of s /. 8,57.

KeyWords: Maintenance, Productivity, Rice Piling Process

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA | 13 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA. | 13 |
| 2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 18 |
| 2.2.1. MANTENIMIENTO | 18 |
| 2.2.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO | 18 |
| 2.2.3. ÁRBOL DE FALLAS | 21 |
| 2.2.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD | 22 |
| 2.2.5. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) | 26 |
| 2.2.6. INDICADORES DE MANTENIMIENTO | 28 |
| 2.2.6. PRODUCTIVIDAD | 30 |
| 2.2.7. CRITERIOS PARA ANALIZAR LA PRODUCTIVIDAD | 31 |
| III. RESULTADOS | 32 |
| 3.1. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL EN EL PROCESO DE PILADO DE ARROZ | 32 |
| 3.1.1. LA EMPRESA | 32 |
| 3.1.2. MAQUINARIA DEL ÁREA DE PILADO DE ARROZ | 35 |
| 3.1.3. HISTORIAL DE FALLAS EN LA MAQUINARIA DEL PROCESO PRODUCTIVO | 46 |
| 3.1.4. ÁREA DE MANTENIMIENTO | 59 |
| 3.1.5. ÁRBOL DE FALLAS | 62 |
| 3.1.6. COSTO DE MANO DE OBRA Y MATERIALES | 71 |
| 3.1.7. UNIDADES NO PROCESADAS | 71 |
| 3.1.8. UTILIDAD BRUTA NO PERCIBIDA | 72 |
| 3.1.9. PRODUCTIVIDAD | 73 |
| 3.1.10. INDICADORES DE MANTENIMIENTO | 73 |
| 3.1.11. ANÁLISIS DE CRITICIDAD | 75 |
| 3.1.12. ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) | 84 |
| 3.1.13. ANÁLISIS DE NPR | 89 |
| 3.2. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO | 90 |
| 3.2.1. FILOSOFÍA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | 90 |
| 3.2.2. POLÍTICAS Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO | 90 |
| 3.2.3. JERARQUIZACIÓN ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | 93 |
| 3.2.4. PLAN DE MANTENIMIENTO | 95 |
| 3.2.5. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO | 96 |
| 3.2.6. PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO | 106 |
| 3.2.7. PLAN FORMATIVO DE CAPACITACIÓN | 108 |
| 3.2.8. INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD | 110 |
| 3.3. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA | 111 |
| 3.3.1. COSTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO | 111 |
| 3.3.2. CÁLCULO COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 113 |
| 3.3.3. OTROS BENEFICIOS NO CUANTIFICABLES | 113 |
| IV. CONCLUSIONES | 114 |
| V. RECOMENDACIONES | 114 |
| VI. LISTA DE REFERENCIAS | 115 |
| VII. ANEXOS | 116 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla N° 1. Simbología del Árbol de Fallas | 21 |
| Tabla N° 2. Criterios de Frecuencia | 23 |
| Tabla N° 3. Formato de Evaluación del Análisis de Modo y Efectos de Falla..... | 26 |
| Tabla N° 4. Valorización de la Severidad | 27 |
| Tabla N° 5. Valorización de la Ocurrencia | 27 |
| Tabla N° 6. Valorización de la Detección..... | 28 |
| Tabla N° 7. Maquinaria y/o equipos del molino EL CHAMESINO S.A.C..... | 35 |
| Tabla N° 8. Registro de Fallas en el mes de Setiembre de 2016..... | 46 |
| Tabla N° 9. Registro de Fallas en el mes de Octubre de 2016..... | 47 |
| Tabla N° 10. Registro de Fallas en el mes de Noviembre de 2016..... | 48 |
| Tabla N° 11. Registro de Fallas en el mes de Diciembre de 2016..... | 49 |
| Tabla N° 12. Registro de Fallas en el mes de Enero de 2017 | 50 |
| Tabla N° 13. Registro de Fallas en el mes de Febrero de 2017 | 51 |
| Tabla N° 14. Registro de Fallas en el mes de Marzo de 2017 | 52 |
| Tabla N° 15. Registro de Fallas en el mes de Abril de 2017 | 53 |
| Tabla N° 16. Registro de Fallas en el mes de Mayo de 2017 | 54 |
| Tabla N° 17. Registro de Fallas en el mes de Junio de 2017 | 55 |
| Tabla N° 18. Registro de Fallas en el mes de Julio de 2017 | 56 |
| Tabla N° 19. Registro de Fallas en el mes de Agosto de 2017 | 57 |
| Tabla N° 20. Resumen del Número de Fallas | 58 |
| Tabla N° 21. Resumen del Tiempo de Paro por Fallas | 58 |
| Tabla N° 22. Repuestos y Materiales | 60 |
| Tabla N° 23. Costo total de mano de obra en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017..... | 71 |
| Tabla N° 24. Costo total de Materiales en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017 | 71 |
| Tabla N° 25. Unidades no procesadas en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017..... | 71 |
| Tabla N° 26. Utilidad Bruta por cada saco de arroz de 50 Kg..... | 72 |
| Tabla N° 27. Utilidad no percibida en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017..... | 72 |
| Tabla N° 28. Costo Total de Diagnóstico | 72 |
| Tabla N° 29. Productividad por hora en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017..... | 73 |
| Tabla N° 30. Confiabilidad y Mantenibilidad en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017 . | 74 |
| Tabla N° 31. Disponibilidad en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017..... | 74 |
| Tabla N° 32. Análisis de Criticidad - Elevadores | 75 |
| Tabla N° 33. Análisis de Criticidad - Mesa Pre-Limpia | 76 |
| Tabla N° 34. Análisis de Criticidad - Descascaradora | 77 |
| Tabla N° 35. Análisis de Criticidad - Mesa Paddy | 78 |
| Tabla N° 36. Análisis de Criticidad - Pulidoras | 79 |
| Tabla N° 37. Análisis de Criticidad - Lustradora..... | 80 |
| Tabla N° 38. Análisis de Criticidad - Zaranda | 81 |
| Tabla N° 39. Análisis de Criticidad - Clasificador..... | 82 |
| Tabla N° 40. Análisis de Criticidad - Selectora | 83 |
| Tabla N° 41. ANALISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLAS EN LA MAQUINARIA DEL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | 84 |
| Tabla N° 42. Plan de Actividades de Mantenimiento | 97 |
| Tabla N° 43. Cronograma de Mantenimiento | 102 |
| Tabla N° 44. Diagrama de Flujo del mantenimiento | 107 |
| Tabla N° 45. Capacitación de Soldadura | 108 |
| Tabla N° 46. Capacitación de Gestión de mantenimiento | 109 |
| Tabla N° 47. Capacitación de Electricidad | 109 |

| | |
|--|-----|
| Tabla N° 48. Nueva Productividad por hora en el periodo Setiembre 2017 – Agosto 2018 . | 110 |
| Tabla N° 49. Costo Anual de Repuestos y Materiales | 111 |
| Tabla N° 50. Costo Anual de Mano de Obra | 112 |
| Tabla N° 51. Costo de Ejecución del Plan de Mantenimiento | 112 |
| Tabla N° 52. Costo Total del plan de mantenimiento | 113 |
| Tabla N° 53. Costos del proceso de recepción de Materia Prima en Agosto del año 2017 ... | 120 |
| Tabla N° 54. Costo por saco en la recepción de MP en Agosto del año 2017..... | 120 |
| Tabla N° 55. Producción obtenida del proceso de pilado | 121 |
| Tabla N° 56. Costo Total de sacos de polipropileno en Agosto del año 2017..... | 121 |
| Tabla N° 57. Ingreso por ventas de los subproductos en Agosto del año 2017 | 122 |
| Tabla N° 58. Costo total por saco de 50 Kg..... | 122 |
| Tabla N° 59. Explicación de los Valores NPR | 124 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 1. Árbol de Falla..... | 21 |
| Figura N° 2. Matriz de Criticidad..... | 22 |
| Figura N° 3. Niveles de análisis para evaluar criticidad | 23 |
| Figura N° 4. Criterios de consecuencias | 24 |
| Figura N° 5. Matriz de Criticidad..... | 24 |
| Figura N° 6. UP & DOWN TIME | 29 |
| Figura N° 7. Diagrama de Bloques del Proceso de pilado de arroz | 34 |
| Figura N° 8. Mesa de Pre-limpia..... | 35 |
| Figura N° 9. Atascamiento del paso de grano | 36 |
| Figura N° 10. Rotura del tensor | 36 |
| Figura N° 11. Descascaradora..... | 37 |
| Figura N° 12. Atoramiento en el Distribuidor..... | 37 |
| Figura N° 13. Mesa Paddy | 38 |
| Figura N° 14. Rotura de Planchas Internas | 38 |
| Figura N° 15 Pulidoras..... | 39 |
| Figura N° 16. Desgaste de Botella | 39 |
| Figura N° 17. Rotura de Cribas..... | 40 |
| Figura N° 18. Desgaste del Sinfín..... | 40 |
| Figura N° 19. Lustradora..... | 41 |
| Figura N° 20. Descentrado del Tambor | 41 |
| Figura N° 21. Zaranda..... | 42 |
| Figura N° 22. Selectora | 42 |
| Figura N° 23. Eyectores Quemados | 43 |
| Figura N° 24. Clasificador | 43 |
| Figura N° 25. Atascamiento del paso de grano..... | 44 |
| Figura N° 26. Desalineación de polea..... | 44 |
| Figura N° 27. Rotura de Faja | 45 |
| Figura N° 28. Atascamiento de la base del elevador..... | 45 |
| Figura N° 29. Repuestos - Cribas, Sinfines, trapo industrial, Botella, Criba, Grasa SKF | 61 |
| Figura N° 30. Almacén de repuestos y materiales – Rodamientos NTN..... | 61 |
| Figura N° 31. Árbol de Falla de la Mesa Pre Limpia..... | 62 |
| Figura N° 32. Árbol de Falla de la Descascaradora | 63 |
| Figura N° 33. Árbol de Falla de la Mesa Paddy | 64 |
| Figura N° 34. Árbol de Falla de las Pulidoras | 65 |
| Figura N° 35. Árbol de Falla de la Lustradora..... | 66 |
| Figura N° 36. Árbol de Falla de la Zaranda | 67 |
| Figura N° 37. Árbol de Falla del Clasificador | 68 |
| Figura N° 38. Árbol de Falla de la Selectora | 69 |
| Figura N° 39. Árbol de Falla de los Elevadores de Cangilones..... | 70 |
| Figura N° 40. NPR Total por Máquina del proceso de pilado de arroz. | 89 |
| Figura N° 41. Organigrama del departamento de mantenimiento | 93 |

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mantenimiento industrial ha tomado una mayor importancia en las empresas, de tal manera que ayuda a la mejora y prolongación de la vida útil de la maquinaria, demostrando así lo fundamental que puede ser la existencia de un departamento de mantenimiento en las empresas.

El mantenimiento se analiza como un proceso gerencial, es decir, que busca gestionar efectiva y eficientemente los recursos, por lo tanto resulta ser un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Cabe recalcar que la planificación y la organización constituyen el punto de inicio de la gestión, ya que involucra la necesidad de visualizar y relacionar las probables actividades que habrán de cumplirse para obtener los objetivos y resultados planteados

La razón del estudio de la productividad en una empresa es encontrar las causas que la deterioran, ya que una vez sean conocidas se pueden establecer las bases para incrementarla. En agosto de 2018, la producción de arroz cáscara totalizó 132 705 toneladas y se incrementó en 9,5% con relación a igual mes de 2017, como resultado de los buenos niveles de recursos hídricos, temperaturas normales y mejora en el rendimiento por hectárea. A nivel departamental se expandió en Lambayeque en un 58,5%, según el informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) mediante el Informe Técnico Perú: Panorama Económico Departamental, elaborado con información proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Riego, así como del Ministerio de Energía y Minas. [1]

El Molino EL CHAMESINO S.A.C. ubicado en Av. Víctor Raúl Haya De La Torre 157 – Ferreñafe, se dedica a la prestación de servicios, producción y comercialización de arroz pilado y subproductos como el arrocillo, descarte, ñelen y polvillo. La gerencia persigue como objetivo fundamental obtener en el proceso de pilado el máximo porcentaje de arroz entero, sin embargo es imposible obtener el 100% de arroz entero, ya que siempre habrá porcentajes de quebrado y puntillas en la misma. Por lo tanto la empresa produce además del producto principal que es el arroz entero, los sub productos antes mencionados.

Aceptando el hecho de la importancia que tiene el mantenimiento en cualquier empresa, la presente investigación propone contribuir a la planificación y organización del mantenimiento, el cual incluye distintas variables que nos permitirán alcanzar los objetivos organizacionales de la empresa junto al departamento de mantenimiento.

La línea de producción del proceso de pilado de arroz cuenta con un total de 20 máquinas, las máquinas funcionan 10 horas al día, 6 días a la semana en el horario de 7:00 am – 5:00 pm, teniendo como único día libre los domingos, a medida que son utilizadas presentan problemas

de desgaste de rodamientos, roturas, atascamientos, fugas y desperfectos mecánicos, lo cual provoca paros no programados en la maquinaria, afectando su disponibilidad y por ende la productividad.

El personal de mantenimiento de la empresa enfrenta problemas al no contar con un plan de mantenimiento, ya que el tipo de mantenimiento con el que trabajan es el correctivo, el cual consiste en la reparación de la máquina después de ocurrida la falla. Es imposible no realizar paradas durante la reparación de las máquinas ya que la empresa solo cuenta con una sola línea de pilado. Es por ello que existen paros en la producción que perjudican la productividad de la empresa. Para formular una propuesta que logre el mejoramiento de la planificación y organización del mantenimiento, fue necesario un tiempo de trabajo, en el cual se realizó un análisis continuo y sistemático del manejo de las operaciones involucradas en el departamento de mantenimiento, de manera que se puedan aprovechar aquellas oportunidades de trabajo de forma organizada junto con el soporte de la gerencia de la empresa, y así poder desarrollar lo que vendría a ser el diagnóstico de la gestión de mantenimiento en la empresa en el periodo Agosto 2016 – Setiembre 2017.

El departamento de mantenimiento trabaja sin directrices concretas, lo que no permite tener una orientación más definida de su labor. La posición del departamento de mantenimiento con respecto a sus funciones se encuentra en un estado desfavorable para la empresa ya que no posee una gestión con respecto al registro de órdenes de trabajo ni de reporte de mantenimiento, causando deficiencia en una planificación más detallada. Según el análisis que se realizó de la cantidad de fallas de las máquinas de la línea de producción, se puede observar un total de 161 fallas ocurridas equivalentes a 459,08 horas, destacando las máquinas críticas del proceso a través del Análisis de Modos y Efectos de Falla: Descascaradora y Pulidoras con un tiempo de paro de 101,5 y 63,58 horas respectivamente. Como paso final del diagnóstico, se determinó la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y productividad, la cual sirvió como base para la propuesta.

Por lo tanto, la investigación se centra en proponer un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria, basándonos en el siguiente lineamiento: filosofía de mantenimiento, políticas y objetivos de mantenimiento, jerarquización organizacional del departamento de mantenimiento, plan y cronograma de actividades de mantenimiento, procedimiento de mantenimiento, plan formativo de capacitaciones, y el incremento de la productividad; ya que el objetivo del presente proyecto es incrementarla.

Finalmente se evaluó el costo-beneficio de la propuesta obteniendo un beneficio-costos de s/. 8,57 soles, conllevando a resolver el problema del estudio realizado.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

✓ Viveros P. [2] en su investigación “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” desarrolló progresivamente siete etapas, según el escenario actual de la organización, haciendo énfasis en la gestión y optimización sostenida en el tiempo de procesos asociados a la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Estas etapas son:

1. Análisis de la situación actual. Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento.
2. Jerarquización de equipos.
3. Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto.
4. Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios.
5. Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos.
6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.
7. Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos.

Adicionalmente, el modelo presentado complementó herramientas de apoyo para el desarrollo e implementación de las etapas, y características operacionales reales, las cuales podrían afectar el desempeño de la unidad de mantenimiento. Se concluye que el modelo propuesto consigue alinear los objetivos locales del mantenimiento con los objetivos globales del negocio en un marco de mejora continua. Además, propone algunas herramientas de apoyo en las principales etapas del modelo, dando a conocer las principales bondades y funcionalidad dentro del ciclo propuesto. Mediante estas herramientas, se entrega soporte en la toma de decisiones lógicas y optimización de una manera real y continua en todos los procesos que tienen que ver con la planificación, programación y ejecución del mantenimiento, teniendo en cuenta el contexto operacional y contemplando todas las restricciones que pueden afectar a la eficiencia y/o eficacia de la gestión del mantenimiento.

✓ Moncayo, Novoa y Saldaña [3] en su investigación “Aplicación de la herramienta OEE en el proceso de molienda para el aumento de efectividad de los equipos en la empresa agroindustrial Mecainnova S.A.C.” busca contar con un lineamiento que le permita conocer el estado actual de sus activos, ya que a pesar de tener sus procesos bien definidos, presenta pérdidas tanto físicas como económicas que afectan directamente a su eficiencia, por lo que se ha considerado idóneo la aplicación de una herramienta del mantenimiento

total de la producción (TPM) llamado OEE (Overall Equipment Efficiency) que mediante la combinación de conceptos de disponibilidad, rendimiento de los equipos y la calidad del producto OEE se manifiesta como en una métrica sencilla y fácil de comprender. Aplicando esta herramienta es posible determinar el total del rendimiento desde una máquina hasta la totalidad de una fábrica y que puede ser explicado como el impacto acumulado (producto) de tres factores distintos expresados como porcentajes. Las pérdidas en el proceso de producción se traducen en los 3 componentes de la fórmula para hallar OEE:

- Disponibilidad: fallas de equipos, puesta a punto y ajustes.
- Eficiencia: tiempos ociosos, paros menores y tiempos de velocidad.
- Calidad: defectos en el proceso y reducción de rendimiento.

Los resultados obtenidos del Indicador de OEE aplicados en los molinos de martillos que forman parte del proceso en el que se ha enfocado este estudio: molienda; fueron los siguientes:

En lo que concierne a Disponibilidad, proceso de molienda arroja un valor de OEE de 25,15%. Respecto al Rendimiento, se obtuvo un valor de OEE de 32,63%; y por último en Calidad, se obtuvo un valor de OEE de 50,12%. Es así, que al multiplicar estas razones porcentuales el valor del total de OEE es igual a 41,13%, valor que ubica al proceso de moliendo en un rango inaceptable, lo cual significa que se producen importantes pérdidas económicas sumado a una baja competitividad en el proceso.

- ✓ Chouhan, Kumar and Tripathi [4] in his research “Implementing a Preventive Maintenance Planning Model on an Ageing and Deteriorating Production System” employs a mathematical model to boost the efficiency of the preventive maintenance planning model for an industrial production system. This study focuses on using real data of an industrial Lathe machine to test the effectiveness of the Preventive Maintenance model and its effect on both reliability and maintainability of the machine. The model is tested for different scenarios/cases by changing one of the main parameters during each calculation.

These scenarios/cases are developed by using different values of failure rates to calculate the steady state probability at normal machine operation. This would allow us to calculate the best suitable scheduling time for Preventive Maintenance and improving the reliability of the lathe machine. The timing of the preventive maintenance is important to reduce system's failure and its corrective maintenance. The proposed model helps us to find a good and calculated suitable time, when the preventive maintenance work can be performed rather than having a corrective maintenance action to take place on the lathe machine. This model supports the industrial plant for sustainability and cost effectiveness

with good calculated timing of effective Preventive Maintenance. Therefore, protecting high failure rates in order to decrease the probability of the lathe machine failure and to increase the life-time of the system using the proposed Preventive Maintenance model. Similarly, increasing the reliability would also increase the operational life cycle by reducing down-time during operations, hence dropping the total expenses by improving the availability

Chouhan, Kumar y Tripathi [4], en su investigación “Implementación de un Modelo de Planificación de Mantenimiento Preventivo sobre un Sistema de Producción de Envejecimiento y Deterioro” emplea un modelo matemático para la eficiencia del modelo de planificación de mantenimiento preventivo para un sistema de producción industrial. Este estudio se centra en el uso de datos de una máquina de torno industrial para comprobar la efectividad del modelo de mantenimiento preventivo y su efecto sobre la fiabilidad y mantenimiento de la máquina. El modelo se prueba para diferentes escenarios/casos cambiando uno de los parámetros principales durante cada cálculo.

Estos escenarios/casos se desarrollan utilizando diferentes valores de las tasas de fallo para calcular la probabilidad de estado estacionario en el funcionamiento normal de la máquina. Esto nos permitirá calcular el mejor tiempo de programación adecuado para el mantenimiento preventivo y mejorar la fiabilidad de la máquina de torno. La sincronización del mantenimiento preventivo es importante para reducir el fallo del sistema y su mantenimiento correctivo. El modelo propuesto nos ayuda a encontrar un buen tiempo calculado y adecuado, cuando el trabajo de mantenimiento preventivo puede ser realizado en lugar de tener una acción de mantenimiento correctivo que se llevará a cabo en la máquina de torno. Este modelo soporta la planta industrial para la sostenibilidad y la productividad con buen calendario calculado de mantenimiento preventivo eficaz. Por lo tanto, la protección de altas tasas de falla con el fin de disminuir la probabilidad de la falla de la máquina de torno y aumentar la vida útil del sistema utilizando el modelo de mantenimiento preventivo propuesto. Del mismo modo, el aumento de la fiabilidad también aumentaría el ciclo de vida operacional al reducir el tiempo de inactividad durante las operaciones, por lo tanto, la caída de los gastos totales mediante la mejora de la disponibilidad.

- ✓ According to Kumar [5] in his research “An Optimal Preventive Maintenance Strategy for Efficient Operation of Boilers in Industry” presented optimal preventive maintenance strategy for efficient operation of boilers. Efficient operation of Boiler can be achieved from an optimal preventive maintenance strategy. It would be especially beneficial for

those plants that rely on breakdown or run-to-failure maintenance. There are many advantages for having an optimal preventive maintenance strategy. The advantages apply to every kind and size of plant. The law of preventive maintenance strategy is that the higher the value of plant assets and equipment per square foot of plant, the greater will be the return on a preventive maintenance strategy. The optimal preventive maintenance strategy applied the following:

- Non-destructive testing
- Periodic inspection
- Pre-planned maintenance activities
- Maintenance to correct deficiencies detected by tests.

The amount of preventive maintenance required in a boiler installation varies greatly. You can go from one inspection to a cake from the boiler facilities and the equipment that signals the deficiencies for later correction to the computers that actually shut down the equipment after a certain number of hours or a certain number of units produced, etc.

Según Kumar [5], en su investigación “Una estrategia óptima de mantenimiento preventivo para el funcionamiento eficiente de las calderas en la industria” presentó una estrategia óptima de mantenimiento preventivo para el funcionamiento eficiente de las calderas. El funcionamiento eficiente de la caldera se puede lograr con una estrategia óptima de mantenimiento preventivo. Sería especialmente beneficioso para las plantas que se basan en la ruptura o mantenimiento de funcionamiento a falla. Hay muchas ventajas para tener una estrategia óptima de mantenimiento preventivo. Las ventajas se aplican a todo tipo y tamaño de planta. La ley de la estrategia de mantenimiento preventivo es que cuanto mayor sea el valor de los activos de la planta y el equipo por pie cuadrado de la planta, mayor será el retorno de una estrategia de mantenimiento preventivo. La estrategia óptima de mantenimiento preventivo aplicado presenta lo siguiente:

- Pruebas no destructivas
- Inspección periódica
- Actividades de mantenimiento pre-planificadas
- Mantenimiento para corregir las deficiencias detectadas mediante pruebas

La cantidad de mantenimiento preventivo necesario en una instalación de calderas varía mucho. Puede ir desde una inspección a pie de las instalaciones de la caldera y el equipo señalando las deficiencias para la corrección posterior hasta las computadoras que realmente apagar el equipo después de un número determinado de horas o un cierto número de unidades producidas, etc.

- ✓ According to Fonseca et al. [6], in his research “Maintenance management program through the implementation of predictive tools and TPM as a contribution to improving energy efficiency in power plants” presented an application method of a Maintenance Management Program through the implementation of predictive tools and the Total Productivity Maintenance (TPM) methodology as a contribution for the energy efficiency improvement in thermoelectric power plants. The results of the vibration analysis, lubricating oil condition and of the thermograph analysis are registered as diagnostic methods. The innovative advance in this paper was the application of four pillars from the TPM methodology at the control of the internal combustion engines efficiency at a thermoelectric power plant. This research has the objective to provide a more reliable maintenance process through the implementation of the measurement and control of the operating parameters of the plant resulting in a better management by reducing the stops due unforeseen problems. Some results of the methodology application were shown like: annual maintenance cost reduction due corrective maintenance, increase of the mean time between failure (MTBF) and reduction of the mean time to repair (MTTR) in all applied areas. These results reflected in a more reliable power generation without putting the facilities of the plant at risk with an annual cost reduction for the company.

Según Fonseca et al. [6], En su investigación “Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas” presentó un Programa de Gestión de Mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. Se registran los resultados de análisis de vibraciones, de aceite lubricante y la termografía como métodos de diagnóstico, por otra parte se aplican cuatro de los pilares del TPM, todo lo cual resulta novedoso en el entorno de las plantas termoeléctricas con el uso de motores de combustión interna. Este estudio tiene como objetivo proporcionar un proceso de mantenimiento más fiable a través de la implementación de la medición, el control y de parámetros de funcionamiento de la planta, lo que redundará en una mejor gestión al reducirse el número de paradas por averías imprevistas. Son mostrados algunos resultados de la aplicación de la metodología, tales como: reducción del coste anual de mantenimiento por reducción del mantenimiento correctivo, aumento del tiempo medio entre fallos (MTBF) y menor tiempo medio de reparación (MTTR) en todas las áreas. Estos resultados se reflejan en la generación de energía más confiable sin poner en peligro la seguridad de las instalaciones, a un costo de menos gasto anual para la empresa.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. MANTENIMIENTO

Con la mecanización de la industria y el surgimiento de máquinas modernas, las organizaciones manufactureras y de servicios se han visto presionadas para ser competitivas y ofrecer una entrega oportuna de productos de calidad. Este nuevo entorno ha obligado a los gerentes a optimizar los sistemas que intervienen en sus organizaciones. El mantenimiento, como sistema, tiene una función clave en el logro de metas y objetivos en la empresa. Contribuye a reducir costos, minimizar el tiempo muerto de los equipos, mejorar la calidad, incrementar la productividad y contar con equipo confiable que sea seguro y este bien configurado para lograr la entrega oportuna de los pedidos a los clientes.

Pese a lo anterior, en el pasado no se tomaba tan en cuenta el mantenimiento como sistema por las siguientes posibles razones:

- ✓ El mantenimiento ha sido considerado tradicionalmente como un mal necesario y; en el mejor de los casos, como un sistema impulsado por la producción.
- ✓ El mantenimiento en una organización tiene relaciones complejas con otras funciones
- ✓ El resultado del mantenimiento es difícil de medir y cuantificar

Esta situación ha cambiado en la actualidad, ya que en la última década las empresas han tenido un interés sin precedentes en la investigación del mantenimiento. El mantenimiento actualmente es considerado como un control constante de las instalaciones y/o componentes, así como del conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema. [7]

El mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa.[8]

2.2.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Tradicionalmente, se han distinguido dos tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen cada uno de ellos, los cuales son el mantenimiento correctivo y preventivo. Pero es a partir del mantenimiento preventivo que se derivan distintos tipos de mantenimiento los cuales están enfocados a prevenir las fallas y algunos de manera más planificadas, estos son: Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

A) MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. [7]

Este tipo de mantenimiento tiene ciertas ventajas que son rescatadas:

- ✓ Los elementos y componentes del equipo son explotados hasta el fin de su vida útil
- ✓ Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económico

Además notoriamente tiene sus desventajas las cuales son:

- ✓ La rotura de un elemento puede ocasionar la rotura total o parcial del equipo, y en efecto un bajo rendimiento con respecto a la producción.
- ✓ Los costos por tiempo de parada son altos, ya que estas se producen de manera no programada o imprevista

B) MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se planifica para lograr la intervención con anterioridad a la falla, dicha planificación se realiza teniendo en cuenta la experiencia del operario y siguiendo las normas del fabricante. Es una técnica científica del trabajo industrial, que en especial está dirigida al soporte de las actividades de producción y en general a todas las instalaciones empresarias dónde incluye una inspección periódica de activos de la planta, para descubrir condiciones que conducen a paros imprevistos de producción, o depreciación perjudicial.[7]

Este tipo de mantenimiento tiene ciertas ventajas:

- ✓ Aumenta la disponibilidad de los equipos
- ✓ Se evitan grandes reparaciones que generalmente pudieran haber sido mayores de no ser atendidas a tiempo disminuyendo los costos de estas
- ✓ Se incrementa la vida útil de las máquinas y equipos, generalmente hasta el límite de su amortización

De igual manera tiene algunas desventajas:

- ✓ Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra para poder cumplir con el plan de mantenimiento realizado.
- ✓ Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

C) MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo se basa en predecir el fallo antes de que este se produzca, se trata de conseguir adelantarse al fallo o al momento en el que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. [8]

Este tipo de mantenimiento tiene ciertas ventajas:

- ✓ La intervención en el equipo o cambio de un elemento justo a tiempo de manera que no perjudique la productividad.
- ✓ Obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

De igual forma tiene algunas desventajas:

- ✓ La implementación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante.
- ✓ Los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado, de la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.

D) MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que ayudan a mejorar la competitividad de una organización de industria o de servicio. [8]

Este tipo de mantenimiento tiene ciertas ventajas:

- ✓ Maximiza la eficiencia y eficacia de los equipos.
- ✓ Involucra a todas las personas que diseñan y mantienen los equipos.
- ✓ Involucra a todo el personal, desde los colaboradores a los directivos

De igual manera tiene algunas desventajas:

- ✓ Proceso de implementación lento y costoso.
- ✓ Implicación de trabajar juntos todos los escalafones laborales de la empresa

E) MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

Es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente qué debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. [9]

Este tipo de mantenimiento tiene ciertas ventajas:

- ✓ Mejora la comunicación entre el personal de mantenimiento y operación
- ✓ Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los colaboradores vinculados al proceso RCM
- ✓ Responde a las debilidades derivadas de los enfoques tradicionales de mantenimiento








De cierta manera tiene una desventaja:

- ✓ Su implementación requiere de una planificación extensiva y un involucramiento de todos los actores dentro de la organización, esto requiere de mayores recursos y tiempo de operación para su posterior ejecución.

2.2.3. ÁRBOL DE FALLAS

Esta herramienta es excelente para localizar y corregir fallas. Puede usarse para prevenir o identificar fallas antes de que estas ocurran. Al ocasionarse un accidente o una falla, se puede identificar la causa raíz del evento negativo.

Tabla N° 1. Simbología del Árbol de Fallas

| Eventos/Puertas | Símbolo | Definición |
|-----------------|---|---|
| Puerta Y |  | Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados por debajo de la puerta tienen que estar presentes para que ocurra el evento que se encuentra arriba de la puerta. Es decir, que el evento de resultado ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente. |
| Puerta O |  | Representa una condición en la cual cualquier de los eventos mostrados por debajo de la puerta al evento que se encuentra arriba de la puerta. El evento de resultado ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada ocurren. |
| Rectángulo |  | Es el principal componente del árbol. Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol |
| Círculo |  | Representa un evento base, estos se encuentran en los niveles inferiores y no requieren más desarrollo. No hay puertas o eventos debajo del evento base. |
| Diamante |  | Representa un evento final sin desarrollar debido a la falta de información |
| Óvalo |  | Representa un evento especial que acontece si ocurren ciertas circunstancias. |
| Triángulo |  | Representa una transferencia de una rama del árbol a otro lugar. |

Fuente: Departamento de Seguro de Texas 2006.

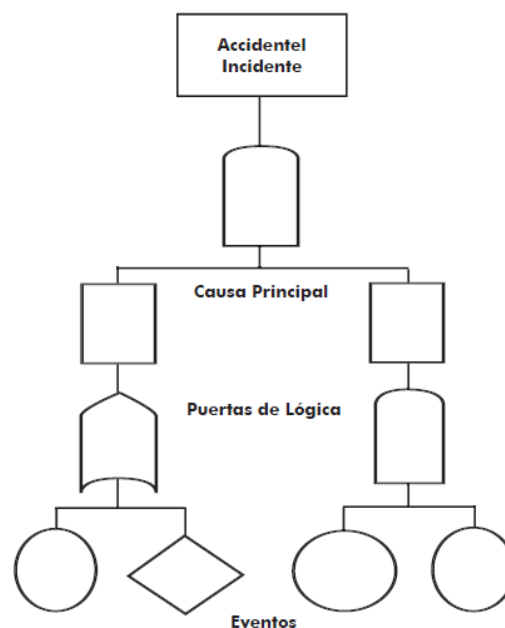


Figura N° 1. Árbol de Falla

Fuente: Departamento de Seguro de Texas 2006.

2.2.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

La Criticidad es una metodología que permite que se establezcan jerarquías entre instalaciones, sistemas, equipos y elementos de un equipo. Además, contribuye a la toma de decisiones para una mejor gestión de mantenimiento, las propuestas de mejora y el rediseño al tener como base el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.[9]

Se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla para determinar la criticidad de una unidad o equipo. En un eje se tiene la frecuencia de cada una de las fallas y en otro las consecuencias en los que incurrirá la unidad o equipo seleccionado para el análisis.



Figura N° 2. Matriz de Criticidad

Fuente: Aprendizaje Virtual – Pemex.

El código de colores que se observa en la Figura N°2 permite identificar la mayor o menor intensidad de riesgo que está relacionado con el valor de Criticidad del equipo, instalación o sistema. Para determinar la criticidad se multiplica la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de fallas por la suma de consecuencias de la misma, como sus efectos en daños al personal, efectos en la población, impacto ambiental, daños en la instalación y pérdida de producción. Se deben seguir los siguientes pasos para realizar el Análisis de Criticidad:

A) Definir el nivel de análisis

Dependiendo si es una instalación, sistema, equipo o elemento. Contar con los registros de ocurrencia de eventos no deseados o las fallas, el impacto en la seguridad del proceso, impacto en la producción, diagrama de flujo de proceso y toda la información que se considere necesaria para el análisis.



Figura N° 3. Niveles de análisis para evaluar criticidad

Fuente: Aprendizaje Virtual – Pemex.

B) Definir la criticidad

Existen diferentes modos de falla para cada equipo, pero el más representativo será el de mayor impacto en el proceso. La frecuencia de ocurrencia del evento se calcula según el número de fallas por año. En la Tabla N° 2 se muestran los criterios utilizados para estimar la frecuencia:

Tabla N° 2. Criterios de Frecuencia

| FRECUENCIA | INTERPRETACIÓN DE PROBABILIDAD |
|------------|--|
| 5 | Es probable que ocurra de 150 a más veces en un año. |
| 4 | Es probable que ocurra de 100 a 150 veces en un año. |
| 3 | Es probable que ocurra de 50 a 100 veces en un año. |
| 2 | Es probable que ocurra de 20 a 50 veces en un año. |
| 1 | Es probable que ocurra de 10 a 20 veces en un año. |

Fuente: Aprendizaje Virtual – Pemex.

Para estimar las consecuencias o impactos de la falla, se utilizan los criterios de la Figura N°4 y su respectiva categorización.

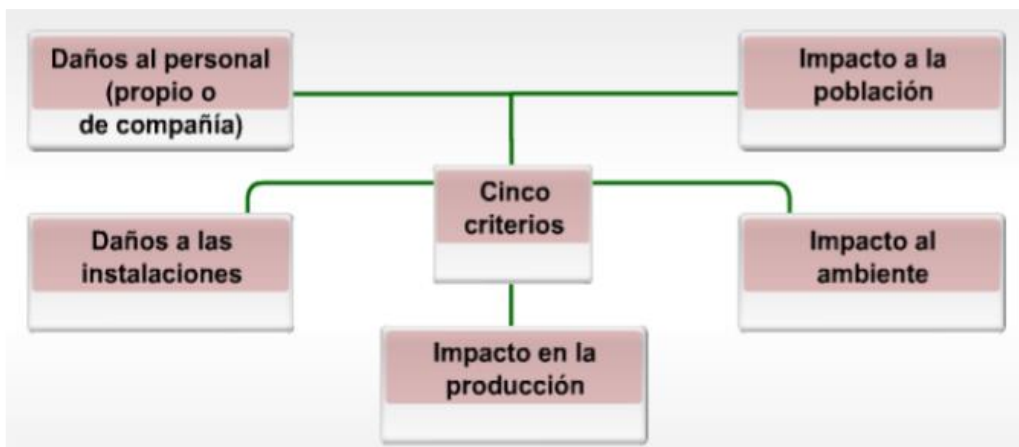


Figura N° 4. Criterios de consecuencias

Fuente: Aprendizaje Virtual – Pemex.

C) Calcular el nivel de criticidad

Se considera la siguiente formula.

$$Criticidad = Frecuencia * Consecuencia$$

Después de obtener el resultado de la multiplicación presentada, de acuerdo con los valores y jerarquización establecida, se busca en la Matriz de Criticidad el nivel de criticidad correspondiente.



Figura N° 5. Matriz de Criticidad

Fuente: Aprendizaje Virtual – Pemex.

D) Analizar y validar los resultados

Este análisis permite validar los resultados que se obtuvieron para evitar cualquier tipo de desviación que obligue a reevaluar la criticidad.

E) Definir el nivel de análisis

Permite dirigir los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo necesiten, de igual forma gerenciar las acciones de mitigación de riesgos.

F) Determinar la criticidad

Cuando el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones van dirigidas a mitigar los diferentes impactos que el evento (modo de falla) genere.

G) Sistema de seguimiento de control

Después de elegir las acciones de mejora en todos los eventos presentados y haber mitigado los impactos, se debe crear y establecer un Seguimiento y Control, para garantizar el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones consecuentes del AC.

Los objetivos de Seguimiento y Control son:

- ✓ Garantizar la aplicación de los planes de acción resultantes de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.
- ✓ Promover la cultura del dato en todos los niveles de la empresa.
- ✓ Monitorear los cambios o mejoras que puedan darse por la aplicación de las acciones de mejora.

H) Análisis y validación de los resultados

Se considera necesario crear un expediente que contenga los registros y documentos del Análisis de Criticidad realizado a las instalaciones, sistema, equipos o elementos.

2.2.5. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

Esta es una técnica empleada para cuantificar y clasificar las fallas críticas o potenciales. Comprende la identificación de las características del equipo, e identifica una lista de fallas potenciales y su impacto en el desempeño.

Su objetivo será, por tanto, identificar las causas de fallos aún no producidos y conocidos, evaluando su criticidad (es decir, teniendo en cuenta su frecuencia de aparición y su gravedad)

Se realiza mediante un cuadro que guía el análisis. A continuación la Tabla N° 3 representa la metodología a seguir:

Tabla N° 3. Formato de Evaluación del Análisis de Modo y Efectos de Falla

| EQUIPO O MÁQUINA | FUNCION | MODO DE FALLA | EFECTO DE FALLA | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | DISEÑO DE CONTROLES | Detección | NPR | ACCIÓN RECOMENDADA | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR |
|------------------|---------|---------------|-----------------|-----------|-----------------------------|------------|---------------------|-----------|-----|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: COLDI LIMITADA 2012.

A) FUNCIÓN

Se describen las especificaciones o características, y expectativas de desempeño que se le exigen al activo físico que se está analizando.

B) MODO DE FALLO

Forma en que el Equipo puede dejar de funcionar o funcionar anormalmente. El tipo de fallo es relativo a cada función de cada elemento. Se expresa en términos físicos: rotura, aflojamiento, atascamiento, fuga, etc.

C) EFECTO DE FALLA

Para cada modo de falla, debe indicarse un efecto de falla, que es una breve descripción de qué pasa cuando ocurre la falla.

D) SEVERIDAD

Estimación subjetiva al efecto de falla, se evalúa sobre una escala de 1-10.

Tabla N° 4. Valorización de la Severidad

| Efecto | Efecto de Severidad | Valor |
|----------------------|---|--------------|
| Peligroso sin alerta | Valor de severidad muy alto cuando un modo de Problema potencial afecta la operación del sistema sin alerta | 10 |
| Peligroso con alerta | Valor de severidad muy alto cuando un modo de Problema potencial afecta la operación del sistema con alerta | 9 |
| Muy alto | Identificar modos de Problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad | 8 |
| Alto | Sistema inoperable con equipo dañado | 7 |
| Moderado | Sistema inoperable con daños menores | 6 |
| Bajo | Sistema inoperable sin daños | 5 |
| Muy bajo | Sistema operable con una significativa degradación de rendimiento | 4 |
| Menor | Sistema operable con una degradación de rendimiento | 3 |
| Muy menor | Sistema operable con mínima interferencia | 2 |
| Ninguno | No hay efectos | 1 |

Fuente: COLDI LIMITADA 2012

E) OCURRENCIA

Estimación subjetiva a la causa real o potencial, se evalúa sobre una escala de 1-10 la probabilidad de ocurrencia de cada falla.

Tabla N° 5. Valorización de la Ocurrencia

| Probabilidad de fallo | Probabilidad de fallo | Valor |
|--|--|--------------|
| Muy alta : Problemas casi inevitables | >1 en 2 | 10 |
| | 1 en 3 | 9 |
| Alta: Fallos repetitivos | Identificar modos de Problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad | 8 |
| | 1 en 20 | 7 |
| Moderadas: Problemas ocasionales | 1 en 80 | 6 |
| | 1 en 400 | 5 |
| | 1 en 2 000 | 4 |
| Baja: Pocas Problemas relativamente | 1 en 15 000 | 3 |
| | 1 en 150 000 | 2 |
| Remota: Problema inverosímil | <1 en 1 500 000 | 1 |

Fuente: COLDI LIMITADA 2012

F) DETECCIÓN

Estimación subjetiva al Diseño de control, se evalúa sobre una escala de 1-10 la probabilidad de ser detectado la falla.

Tabla N° 6. Valorización de la Detección

| Detección | Probabilidad de la Detección | Valor |
|-------------------------------|--|-----------|
| Absoluta incertidumbre | El control del diseño no puede detectar una causa potencial/mecanismo y modo de fallo subsecuente | 10 |
| Muy remota | Muy remota la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 9 |
| Remota | Identificar modos de Problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad | 8 |
| Muy baja | Muy baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 7 |
| Baja | Baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 6 |
| Moderada | Moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 5 |
| Muy moderada | Muy moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 4 |
| Alta | Alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 3 |
| Muy alta | Muy alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 2 |
| Casi seguro | Control de diseño detectará causas potenciales/ mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 1 |

Fuente: COLDI LIMITADA 2012

G) NPR

Número de Prioridad de Riesgos, es el producto de la Severidad, Ocurrencia y Detección. El NPR permite priorizar las acciones a tomar. Teniendo en cuenta que a mayor NPR tenga la máquina analizada, la prioridad deberá ser mayor, por ende se le asignará un tiempo menor en relación con la frecuencia de inspecciones técnicas. Para obtener buenos resultados en cualquier diagnóstico o evaluación de la situación de mantenimiento, se requiere de una correcta gestión de mantenimiento.

2.2.6. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de mantenimiento son útiles en la preparación de informes y brindan una cuantificación razonable del rendimiento de las diferentes funciones de mantenimiento.

Existe una variedad de indicadores que se pueden llevar en la gestión de mantenimiento, estos se implementan para medir el comportamiento de los sistemas productivos, los cuales son utilizados para cumplir con las metas definidas en un plan de trabajo generalmente realizado

anualmente. Previamente se deben llevar registros de datos que permitan el cálculo periódico de los indicadores. [11]

Para entender los siguientes indicadores, se necesita comprender cada ítem involucrado cuando ocurre una falla, teniendo en cuenta un número de fallas “n”:

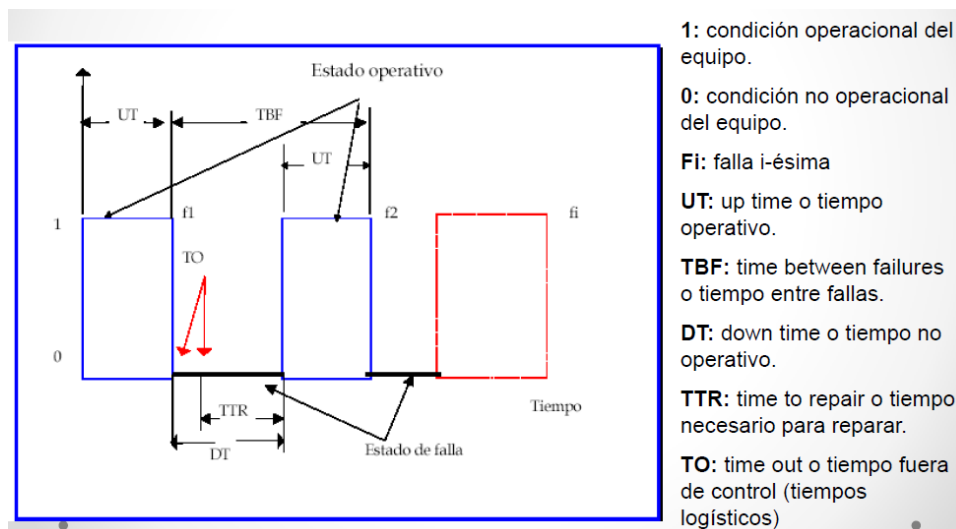


Figura N° 6. UP & DOWN TIME

Fuente: FUTECH GROUP S.A. 2011

A) CONFIABILIDAD

Es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que el equipo se utilice para el fin y con la carga que fue diseñado. Se caracteriza por representar el tiempo promedio entre fallas (MTBF). [10]

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$$

B) MANTENIBILIDAD

Es la probabilidad de que una máquina o equipo que falló pueda ser reparada dentro de un periodo de tiempo determinado. La mantenibilidad representa el tiempo promedio para reparar (MTTR). [10]

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

C) DISPONIBILIDAD

Es la probabilidad de un sistema, equipo o instalación, de estar en estado de funcionamiento siempre que se necesita. Es para un tiempo suficientemente largo, la relación entre el tiempo de buen funcionamiento y este mismo más el tiempo de parada para reparar la falla. [12]

La disponibilidad permite determinar de forma global el porcentaje de tiempo en que se puede esperar que una máquina o equipo esté disponible para cumplir la tarea para el que fue diseñado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas de parada}}{\text{Horas Totales}}$$

2.2.6. PRODUCTIVIDAD

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables. Pudiendo ser medida, según la división de la producción con los insumos y por otro lado los resultados logrados con los recursos empleados. [13]

La productividad con relación a la importancia de su medición, es la evaluación cuantitativa de los cambios en la productividad. La medición de la productividad real permite evaluar, vigilar y controlar cambios. La medición prospectiva mira hacia delante y sirve como un insumo para la toma de decisiones estratégicas. De manera específica, la medición prospectiva permite comparar los beneficios relativos de diferentes combinaciones de insumos, eligiendo insumos y las mezclas de estos que proporcionen el beneficio mayor. Se pueden desarrollar medidas (indicadores) de productividad para cada insumo separado o para todos los insumos de manera conjunta. La medición de la productividad para un insumo a la vez recibe el nombre de medición parcial de la productividad. [14]

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables. Por tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos o servicios producidos}}{\text{Recursos utilizados}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Productividad es el grado de rendimiento con que se emplea los recursos disponibles por alcanzar objetivos premeditados, en este caso es que cada fabricación de artículos sea a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y maquinaria, elementos en los cuales la acción del ingeniero industrial debe enfocar sus esfuerzos para aumentar los índices de productividad actual. La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se fabrica, sino de la eficiencia con la que han combinado y utilizado los recursos para obtener los resultados. La cantidad de recurso empleado puede ser la mano de obra, materia prima e insumos, capital, etc. [15]

Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto – insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

- ✓ Aumentar la producción, utilizando los mismos insumos.
- ✓ Mantener la producción, reduciendo los insumos utilizados.
- ✓ Aumentar la producción, reduciendo los insumos utilizados.

2.2.7. CRITERIOS PARA ANALIZAR LA PRODUCTIVIDAD

Existe una gran variedad de parámetros que tienen que ser analizados para obtener la productividad del trabajo entre estos tenemos los factores conocidos como las “M” mágicas, hombres (men), dinero (money), materiales, métodos, mercados, máquinas, medio ambiente, mantenimiento del sistema y otros.[14]

Otro criterio para analizar la productividad es la medición de la productividad total, que comprende la medición de la productividad de todos los insumos a la vez. De este modo, en términos prácticos, el análisis y medición de la productividad total se puede definir como aquella que concentra la atención en un número de insumos limitado, lo cual, en total, indica el éxito de la organización. [15]

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL EN EL PROCESO DE PILADO DE ARROZ

3.1.1. LA EMPRESA

El Molino EL CHAMESINO S.A.C. ubicado en Av. Víctor Raúl Haya De La Torre 157 – Ferreñafe, se dedica a la prestación de servicios, producción y comercialización de arroz pilado y subproductos como el arrocillo, descarte, ñelen y polvillo. Esta empresa inicia sus actividades en el año 2010 siendo una de las primeras empresas arroceras en la provincia de Ferreñafe de manera que se convierte en un eslabón importante para el desarrollo agroindustrial del departamento de Lambayeque.

El proceso de pilado de arroz cáscara establecido en la empresa está conformado por las siguientes operaciones:

A) RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El arroz cáscara llega del campo en camiones provenientes de diferentes chacras de los distritos de la Provincia de Ferreñafe. Los camiones ingresan a la balanza electrónica que se ubica en la parte exterior de la empresa. Se pesa el camión junto con la materia prima y luego sin esta. De esta manera se calcula el peso de la materia prima que entra. Luego, a medida que se va descargando, se realiza el muestreo correspondiente. Estas muestras tomadas pasan por un control de calidad donde se determina la humedad y porcentaje de impurezas. Cabe resaltar que el tipo de arroz que ingresa al molino es NIR o IR-43, ya que la empresa trabaja con un estándar de porcentaje de quebrado de dicho tipo de arroz.

B) SECADO

El secado de la materia prima se da por el método natural, la energía solar es utilizada directamente sobre el grano. Este proceso requiere de un tiempo prudencial y esto dependerá del clima. Si el secado es muy lento se permite el desarrollo de microorganismo por el alto contenido de humedad, lo cual provocará un calentamiento de la masa y en consecuencia un deterioro del mismo. Cuando se obtiene el porcentaje de humedad menor o igual a 14% se procede a llenar los sacos de yute con el arroz para su posterior almacenamiento.

C) PRE-LIMPIA

Los sacos del almacén son transportados por un camión hasta la tolva para su procesamiento. El arroz es vaciado por los colaboradores de la empresa en la tolva el cual es succionado por un ventilador que succiona el arroz hacia la mesa de pre-limpia, el cual contiene cribas que va separando la materia prima de materiales que no corresponden al proceso.

D) DESCASCARADO

El arroz es descascarado mediante dos rodillos de goma que giran en forma opuesta. La pajilla es retirada mediante un circuito para luego ser expulsada con un ventilador hacia un área específica.

E) CLASIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

El arroz paddy y el arroz descascarado son separados por la mesa paddy, la cual clasifica los granos por diferencia de densidades. Está compuesta por celdas zigzag interiores cuya forma de trabajo consiste en movimientos vaivén. El arroz paddy obtenido en esta etapa, regresa a la Descascaradora y el arroz descascarado es llevado hacia las pulidoras.

F) PULIDO

En esta etapa el arroz cáscara pasa por dos pulidos, donde se remueve los tegumentos, el embrión y partículas de harina que quedan adheridas al grano, para darle un aspecto liso y brillante. Aquí se obtiene el polvillo el cual es transportado hacia otra zona para su posterior envasado.

G) LUSTRADO

El arroz pulido cae en la lustradora la cual le da un último acabado al arroz. El arroz es transportado hacia la Zaranda donde se clasificará por el tamaño.

H) CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO

La zaranda vibradora está formada por cribas cilíndricas. La acción de esta máquina se caracteriza por un movimiento vaivén que separa el arroz entero y el arroz mixto. La clasificación del arroz se realiza con el grano en caída libre dentro del cilindro y si el grosor del grano es menor a la perforación de la criba, atravesará. Aquí se obtiene la separación del grano pequeño (Ñelen).

I) CLASIFICACIÓN POR COLOR

El arroz entero proveniente de la zaranda es clasificado por la Selectora, la cual separa los granos defectuosos como son: arroz tiza y manchado. Aquí se obtiene el arroz clasificado (Descarte), que es transportado hacia la tolva de envasado del mismo.

J) CLASIFICADO DE ARROZ MIXTO

El arroz rechazado de la selectora pasa a una clasificadora para cerciorarse de separar bien el arroz entero, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$. Aquí se obtiene el arroz $\frac{1}{2}$ (Arrocillo), que es transportado hacia la tolva de envasado del mismo.

K) ENVASADO

Es realizado por un operario que se encarga de llenar y coser el arroz, arrocillo, descarte, ñelen y polvillo en sus respectivos envases.

L) ALMACENAMIENTO

El arroz es trasladado hacia el almacén donde se arrumará en camas de 8x20.

Para resumir el proceso de pilado de arroz, se presenta el siguiente diagrama de bloques, de esta manera se muestran los subproductos obtenidos en sus respectivos sub procesos.

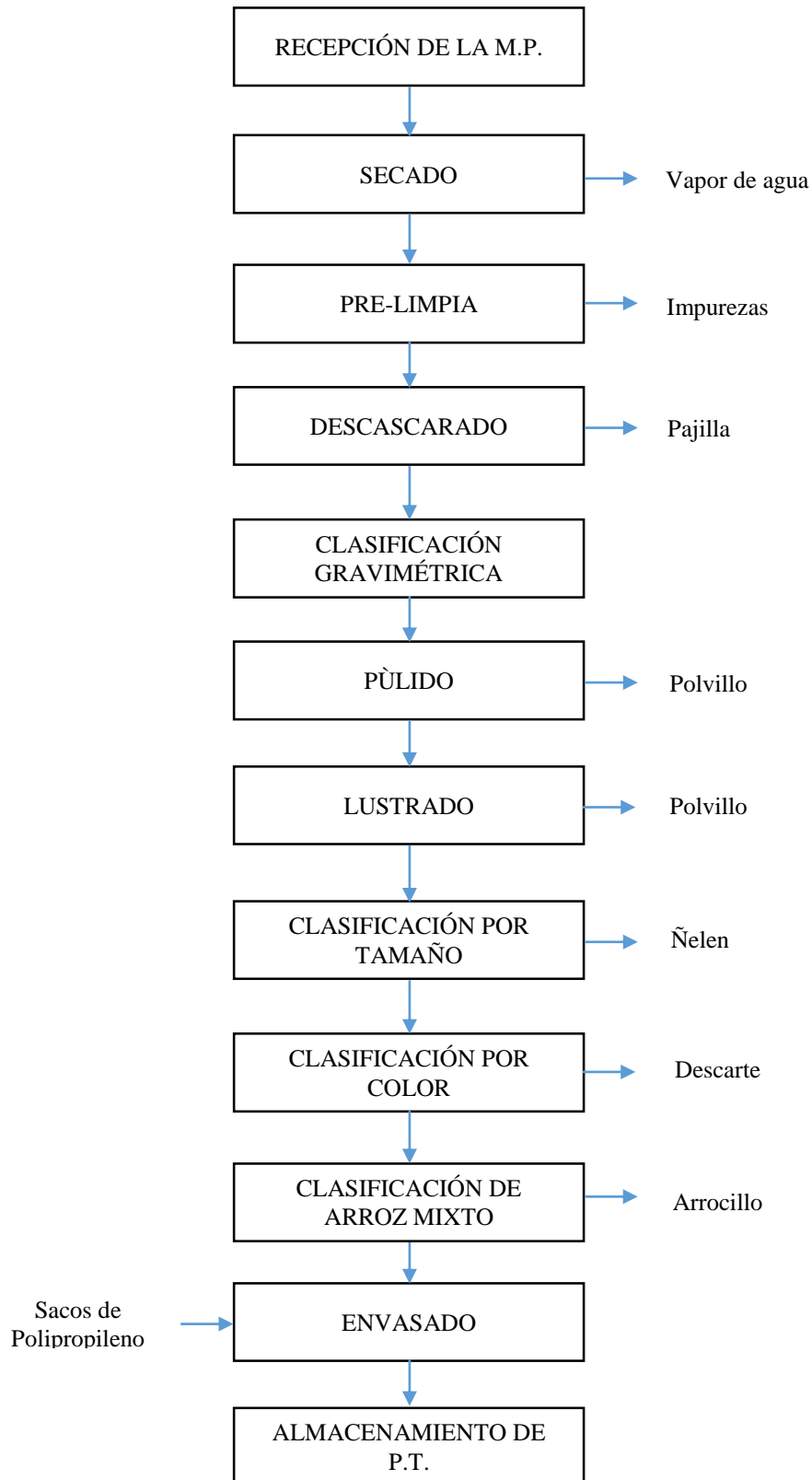


Figura N° 7. Diagrama de Bloques del Proceso de pilado de arroz

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.2. MAQUINARIA DEL ÁREA DE PILADO DE ARROZ

Tabla N° 7. Maquinaria y/o equipos del molino EL CHAMESINO S.A.C.

| Máquina y/o equipo | Cantidad | Motor | Capacidad | Transmisión | Entrada de aire | Marca y serie | Año de adquisición/fabricación |
|--------------------|----------|--------------|-------------------------|--------------------------|---|--|--------------------------------|
| Mesa Pre-limpia | 1 | 12 hp | 4500 Kg/h | 2 Fajas en V | * | * | 2010 / 2005 |
| Descascaradora | 1 | 20 hp y 7 hp | 5 500 Kg/h y 6 000 Kg/h | 3 Fajas en V | * | SATAKE (HU10FHC-L) N°580008 SATAKE (HA10DEB-L) N°590008 | 2014/2014 |
| Mesa Paddy | 1 | 7 hp | 5500 Kg/h | 750 w Sistema Vibratorio | * | SATAKE (PS400D2-L) N°410204 | 2014/2014 |
| Pulidoras | 2 | 25 hp | 4500 Kg/h | Faja plana | * | * | 2010/2005 |
| Lustradora | 1 | 5 hp | 4000 Kg/h | 2 Fajas en V | * | LUTACO | 2010/2005 |
| Zaranda | 1 | 5 hp | 4000 Kg/h | 2 Fajas en V | * | * | 2010/2005 |
| Selectora | 1 | 30 hp | 6000 Kg/h | * | 90 PSI 3.7 m ³ /min a 6 bar | DAEWON GSI Serie NT PUBU 20 | 2010/2010 |
| Clasificador | 1 | 2 hp | 3500 Kg/h | Faja en V | * | * | 2010/2005 |
| Elevadores | 11 | 2 hp | 4500 Kg/h | Faja plana | * | * | 2010/2005 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

A) MÁQUINA PRE-LIMPIA

Ésta máquina se encarga de retirar las impurezas contenidas en el arroz cáscara proveniente del área de secado, estas impurezas son retenidas por las mallas metálicas que poseen cribas con cierta medida en sus orificios para que pueda ingresar solo el arroz cáscara.



Figura N° 8. Mesa de Pre-limpia

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN LA MESA PRE-LIMPIA

El atascamiento del paso de grano es uno de los más concurrentes en ésta máquina debido a que siempre el arroz cáscara está sujeto a traer consigo impurezas las cuales son acumuladas en las mallas metálicas.



Figura N° 9. Atascamiento del paso de grano

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

La rotura del tensor siempre se va a dar debido a que la máquina siempre va a tener un movimiento oscilatorio o vibratorio que con el tiempo agrieta poco a poco el tensor, de manera que cada cierto tiempo se tiene que cambiar inevitablemente.



Figura N° 10. Rotura del tensor

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

B) DESCASCARADORA

Ésta máquina es la responsable de retirar la cáscara del grano arroz, el arroz descascarado tiene un rendimiento del 85 a 90 %. Está conformado por la Descascaradora en la superior, y una cámara de aspiración de cascarilla.



Figura N° 11. Descascaradora

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN LA DESCASCARADORA

El distribuidor se encarga de ingresar correctamente el grano arroz proveniente de la mesa pre-limpia para posteriormente ser descascarado, el distribuidor suele atascarse o atorarse debido a la acumulación de partículas abrasivas retenidas con el paso del tiempo en éste, es por ello que el grano no puede pasar a través del ducto, de manera que surge la falla.



Figura N° 12. Atoramiento en el Distribuidor

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

C) MESA PADDY

Ésta máquina se encarga de separar mediante vibración el arroz paddy y el arroz descascarado a través de sus bandejas que se encuentran en cada brazo de la máquina. La separación se da en función a la densidad del grano.



Figura N° 13. Mesa Paddy

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN LA MESA PADDY

Las planchas o bandejas internas se encargan de separar el arroz paddy y el arroz descascarado, sin embargo esta función trae consigo el agrietamiento de estas mismas, ya que el arroz por ser áspero, a largo plazo rompe las paredes, de manera que afecta el rendimiento y no se da correctamente la separación. Es por ello que siempre se tendrá que soldar nuevas planchas internas en los brazos de la mesa paddy.



Figura N° 14. Rotura de Planchas Internas

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

D) PULIDORAS

Estas máquinas se encargan de retirar la cutícula del arroz descascarado o integral.



Figura N° 15 Pulidoras
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN LAS PULIDORAS

El desgaste de la botella se da a largo plazo debido a la carga de trabajo existente causada por el arroz al momento de pasar a través de ésta para ser pulido.



Figura N° 16. Desgaste de Botella
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

La rotura de cribas siempre van a existir a corto plazo, son las piezas más importantes en esta máquina y las que más fallas registra en esta máquina, la rotura de las cribas tienen un gran impacto en el rendimiento, ya que al no ser correctamente pulidas, el arroz que es pasado a la siguiente etapa no estará del todo pulido producirá más subproductos, cosa que no es favorable para la empresa.



Figura N° 17. Rotura de Cribas
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

El desgaste del sinfín se debe a la carga de trabajo existente causada por el arroz de ser transportado por esta



Figura N° 18. Desgaste del Sinfín
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

E) LUSTRADORA

Ésta máquina se encarga de darle el abrillantado o lustrado final al grano de arroz de manera que pase a ser seleccionado por las siguientes etapas.



Figura N° 19. Lustradora

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN LA LUSTRADORA

El tambor que se encuentra al interior, es aquel responsable de sostener las escobillas, este tambor al pasar el tiempo, poco a poco se va levantando debido a que los frenos se van desajustando por el mismo movimiento oscilatorio que este realiza.



Figura N° 20. Descentrado del Tambor

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

F) ZARANDA

Esta máquina se encarga de separar el arroz entero y el arroz mixto, está compuesta por dos planchas, una sobre otra, las cuales tienen un ducto de salida con distinto



Figura N° 21. Zaranda

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

G) SELECTORA

Ésta máquina se encarga de separar el arroz tiza, manchado o quebrado del arroz entero.

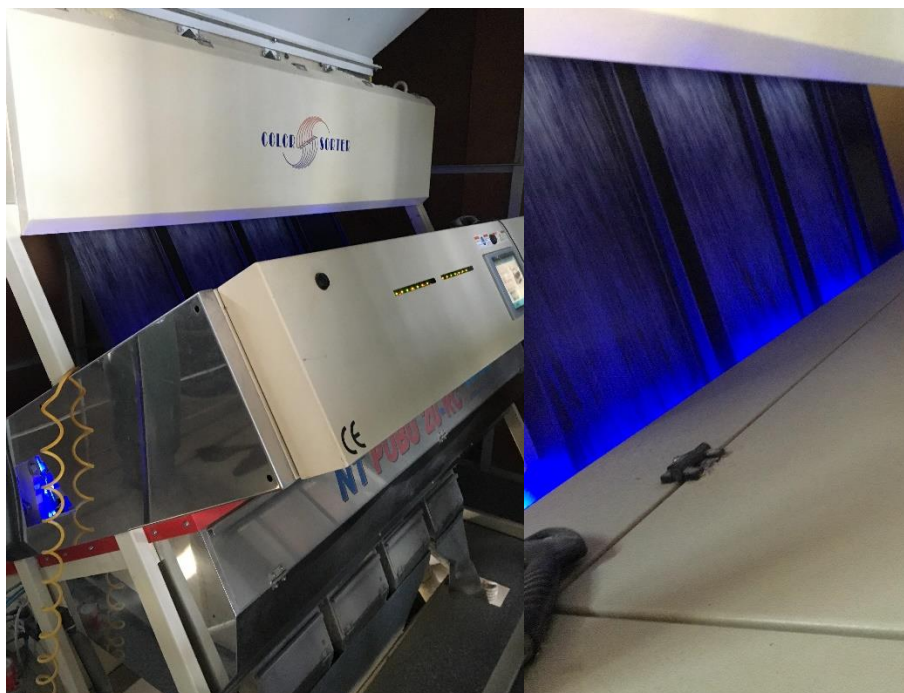


Figura N° 22. Selectora

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN LA SELECTORA

Los eyectores son la parte más importante después de la tarjeta madre, ya que sin estos, el arroz descartado no será separado correctamente. Se sabe que uno más eyectores se han quemado cuando la selectora emite una alarma y deja de funcionar. Al momento de hacer el testeo de los eyectores en el módulo se indica qué eyector se ha quemado o a dejado de funcionar. Son 4 módulos o canales con 64 eyectores cada uno.



Figura N° 23. Eyectores Quemados

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

H) CLASIFICADOR

Ésta máquina se encarga de separar el arroz mixto en entero, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$, estos dos últimos reciben el nombre de arrochillo y ñelen.



Figura N° 24. Clasificador

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ FALLAS EN EL CLASIFICADOR

El atascamiento del paso de grano en las mallas se dan debido a la carga de trabajo existente por el paso del grano de arroz a través de éstas, ya que el arroz aún después de ser lustrado, sigue teniendo cierto porcentaje de tegumento que con el tiempo, poco a poco va cerrando el paso de grano, afectando de esta manera el rendimiento, y en efecto la productividad.



Figura N° 25. Atascamiento del paso de grano

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

I) ELEVADOR DE CANGILONES

Existen 11 elevadores que se encuentran entre cada máquina de la línea de producción.

✓ FALLAS EN LOS ELEVADORES

La desalineación de la polea del eje que lo sostiene se debe a la carga de trabajo existente.

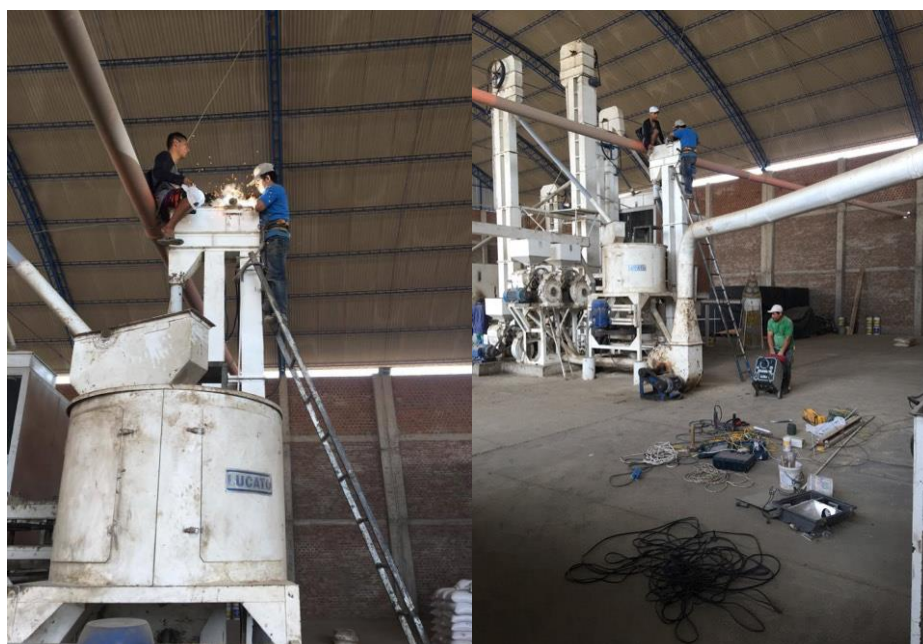


Figura N° 26. Desalineación de polea

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Otra de las fallas más frecuentes en los elevadores es la rotura de la faja, la cual se da siempre por el atascamiento del arroz en la parte inferior del elevador ya que se sobre carga y el cangilón no sigue el curso, por lo tanto en la parte superior el eje del motor que sigue funcionando, rompe la faja debido a que el eje de la polea del elevador se atasca.



Figura N° 27. Rotura de Faja
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.



Figura N° 28. Atascamiento de la base del elevador
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.3. HISTORIAL DE FALLAS EN LA MAQUINARIA DEL PROCESO PRODUCTIVO

A continuación, desde la Tabla N° 8 hasta la Tabla N° 19 se muestra el registro de fallas mensual en el proceso de pilado de arroz, con su respectivo Costo de Materiales y la Actividad Implicada.

Tabla N° 8. Registro de Fallas en el mes de Setiembre de 2016

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (MIN) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de materiales (S/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------|--|---------------------|--|
| SEPTIEMBRE | 05/09/2016 | 09:15 a.m. | 145 | Elevador 3 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 08/09/2016 | 11:20 a.m. | 120 | Descascaradora | Fuga de aire en tubo alimentador | 25 | Cambio de Sujetadores, Limpieza y Ajuste. |
| | 10/09/2016 | 01:25 p.m. | 180 | Pulidora 2 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 12/09/2016 | 08:20 a.m. | 110 | Elevador 4 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 15/09/2016 | 12:15 p.m. | 200 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 16/09/2016 | 12:30 p.m. | 210 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 18/09/2016 | 10:00 a.m. | 180 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |
| | 21/09/2016 | 03:05 p.m. | 125 | Clasificador | Atasque de paso de grano en las mallas | 35 | Sopleteado, Ajuste, Lubricación, Limpieza. |
| | 24/09/2016 | 08:55 a.m. | 125 | Elevador 5 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 27/09/2016 | 01:45 p.m. | 220 | Descascaradora | Desgaste de faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 29/09/2016 | 11:00 a.m. | 180 | Mesa pre-limpia | Rotura del tensor | 35 | Cambio de Tensor, Lubricación, Ajuste y Limpieza |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 9. Registro de Fallas en el mes de Octubre de 2016

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (MIN) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|---------|-------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|---------------------|--|
| OCTUBRE | 02/10/2016 | 11:15 a.m. | 150 | Zaranda | Desgaste de Faja | 20 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 06/10/2016 | 10:55 a.m. | 125 | Elevador 6 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 07/10/2016 | 10:55 a.m. | 280 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 08/10/2016 | 11:25 a.m. | 175 | Lustradora | Desgaste de Faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 10/10/2016 | 10:00 a.m. | 135 | Elevador 10 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 11/10/2016 | 11:15 a.m. | 220 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 13/10/2016 | 11:50 a.m. | 140 | Zaranda | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 15/10/2016 | 12:45 p.m. | 190 | Pulidora 1 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 17/10/2016 | 01:40 p.m. | 210 | Descascaradora | Rotura de perno de portarodillo | 20 | Cambio de perno, lubricación y limpieza. |
| | 19/10/2016 | 10:05 a.m. | 125 | Elevador 2 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 22/10/2016 | 12:10 p.m. | 170 | Lustradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 23/10/2016 | 11:50 a.m. | 220 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 27/10/2016 | 12:40 p.m. | 180 | Selectora | Eyectores malogrados | 200 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| | 29/10/2016 | 02:00 p.m. | 175 | Descascaradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 10. Registro de Fallas en el mes de Noviembre de 2016

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|-----------|-------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|---------------------|---|
| NOVIEMBRE | 01/11/2016 | 12:10 p.m. | 135 | Elevador 3 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 03/11/2016 | 12:05 p.m. | 190 | Clasificador | Rotura de malla de zaranda | 100 | Cambio de Malla, Lubricación |
| | 04/11/2016 | 12:35 p.m. | 350 | Pulidora 1 | Desgaste del sinfín | 180 | Cambio del sinfín, alineamiento, limpieza y Lubricación |
| | 06/11/2016 | 11:00 a.m. | 190 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 07/11/2016 | 11:15 a.m. | 115 | Elevador 4 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 09/11/2016 | 12:00 p.m. | 190 | Pulidora 2 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 10/11/2016 | 01:15 p.m. | 170 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |
| | 13/11/2016 | 12:30 p.m. | 170 | Zaranda | Rotura de malla | 35 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 16/11/2016 | 02:15 p.m. | 145 | Elevador 5 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 17/11/2016 | 11:40 a.m. | 180 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 22/11/2016 | 11:55 a.m. | 180 | Selectora | Eyectores malogrados | 25 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| | 25/11/2016 | 10:40 a.m. | 155 | Elevador 9 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 26/11/2016 | 11:00 a.m. | 190 | Pulidora 1 | Desgaste de la Botella | 45 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 30/11/2016 | 01:40 p.m. | 160 | Lustradora | Descentrado del Tambor | 20 | Ajuste de Frenos, Limpieza del tambor y Lubricación del Eje |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 11. Registro de Fallas en el mes de Diciembre de 2016

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|-----------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|--|
| DICIEMBRE | 02/12/2016 | 01:20 p.m. | 140 | Elevador 1 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 05/12/2016 | 02:20 p.m. | 190 | Descascaradora | Desgaste de faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 07/12/2016 | 12:20 p.m. | 155 | Zaranda | Desgaste de Faja | 20 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 09/12/2016 | 12:10 p.m. | 195 | Clasificador | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 12/12/2016 | 01:15 p.m. | 130 | Elevador 4 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 14/12/2016 | 12:25 p.m. | 250 | Selectora | Lámparas quemadas | 170 | Cambio de Lámparas LED, Limpieza. |
| | 16/12/2016 | 02:40 p.m. | 190 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 18/12/2016 | 12:00 p.m. | 180 | Mesa pre-limpia | Rotura de perno de la plancha | 15 | Cambio de perno, Engrase y Limpieza. |
| | 21/12/2016 | 01:25 p.m. | 130 | Elevador 3 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 24/12/2016 | 12:00 p.m. | 180 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 25/12/2016 | 12:00 p.m. | 190 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 28/12/2016 | 02:55 p.m. | 185 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 30/12/2016 | 01:25 p.m. | 150 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 12. Registro de Fallas en el mes de Enero de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|--|--|--|
| ENERO | 03/01/2017 | 03:15 p.m. | 195 | Clasificador | Atasque de paso de grano en las mallas | 35 | Sopleteado, Lubricación, Limpieza. |
| | 05/01/2017 | 11:00 a.m. | 115 | Elevador 7 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 08/01/2017 | 01:30 p.m. | 120 | Descascaradora | Fuga de aire en tubo alimentador | 25 | Cambio de Sujetadores, Limpieza y Ajuste. |
| | 10/01/2017 | 01:35 p.m. | 250 | Selectora | Eyectores malogrados | 200 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| | 11/01/2017 | 10:25 a.m. | 130 | Elevador 8 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 13/01/2017 | 01:15 p.m. | 160 | Zaranda | Desgaste de Faja | 20 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 16/01/2017 | 01:50 p.m. | 190 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 18/01/2017 | 12:30 p.m. | 210 | Pulidora 1 | Desgaste de la Botella | 45 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 20/01/2017 | 11:40 a.m. | 110 | Elevador 5 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 21/01/2017 | 01:25 p.m. | 130 | Elevador 6 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 25/01/2017 | 01:30 p.m. | 180 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 28/01/2017 | 11:55 a.m. | 175 | Lustradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 29/01/2017 | 10:15 a.m. | 135 | Elevador 9 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| 31/01/2017 | 01:00 p.m. | 210 | Descascaradora | Rotura de perno de portarodillo | 20 | Cambio de perno, lubricación y limpieza. | |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 13. Registro de Fallas en el mes de Febrero de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|---|
| FEBRERO | 03/02/2017 | 01:25 p.m. | 150 | Zaranda | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 06/02/2017 | 03:25 p.m. | 110 | Elevador 4 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 08/02/2017 | 01:45 p.m. | 225 | Selectora | Eyectores malogrados | 200 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| | 09/02/2017 | 10:50 a.m. | 195 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 12/02/2017 | 10:30 a.m. | 160 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |
| | 14/02/2017 | 02:45 p.m. | 190 | Clasificador | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 15/02/2017 | 11:45 a.m. | 180 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 17/02/2017 | 12:50 p.m. | 155 | Zaranda | Desgaste de Faja | 20 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 18/02/2017 | 09:45 a.m. | 135 | Elevador 8 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 19/02/2017 | 09:55 a.m. | 215 | Descascaradora | Rotura de perno de portarodillo | 20 | Cambio de perno, lubricación y limpieza. |
| | 20/02/2017 | 01:00 p.m. | 170 | Lustradora | Descentrado del Tambor | 20 | Ajuste de Frenos, Limpieza del tambor y Lubricación del Eje |
| | 21/02/2017 | 02:00 p.m. | 135 | Elevador 11 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 24/02/2017 | 01:15 p.m. | 185 | Pulidora 1 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 26/02/2017 | 10:35 a.m. | 200 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| 28/02/2017 | 02:10 p.m. | 115 | Elevador 4 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación | |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 14. Registro de Fallas en el mes de Marzo de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|--|
| MARZO | 01/03/2017 | 12:20 p.m. | 175 | Pulidora 2 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 03/03/2017 | 12:15 p.m. | 210 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 04/03/2017 | 01:30 p.m. | 200 | Zaranda | Rotura de malla | 35 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 07/03/2017 | 02:20 p.m. | 190 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 08/03/2017 | 02:20 p.m. | 180 | Lustradora | Desgaste de faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 10/03/2017 | 09:25 a.m. | 180 | Clasificador | Rotura de malla de zaranda | 100 | Cambio de Malla, Lubricación |
| | 12/03/2017 | 01:35 p.m. | 220 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 16/03/2017 | 10:50 a.m. | 190 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7,5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 18/03/2017 | 12:30 p.m. | 180 | Selectora | Lámparas quemadas | 170 | Cambio de Lámparas LED, Limpieza. |
| | 20/03/2017 | 12:25 p.m. | 170 | Zaranda | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 21/03/2017 | 02:45 p.m. | 145 | Lustradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 23/03/2017 | 12:30 p.m. | 180 | Descascaradora | Desgaste de faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 27/03/2017 | 09:45 a.m. | 130 | Elevador 4 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| 29/03/2017 | 09:05 a.m. | 140 | Elevador 9 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación | |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 15. Registro de Fallas en el mes de Abril de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| ABRIL | 04/04/2017 | 04:10 p.m. | 145 | Elevador 6 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 06/04/2017 | 12:55 p.m. | 180 | Pulidora 1 | Desgaste de la Botella | 45 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 07/04/2017 | 01:15 p.m. | 190 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 10/04/2017 | 12:50 p.m. | 120 | Descascaradora | Fuga de aire en tubo alimentador | 25 | Cambio de Sujetadores, Limpieza y Ajuste. |
| | 11/04/2017 | 10:45 a.m. | 185 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |
| | 14/04/2017 | 01:25 p.m. | 185 | Mesa pre-limpia | Rotura del tensor | 35 | Cambio de Tensor, Lubricación, Ajuste y Limpieza |
| | 17/04/2017 | 03:05 a.m. | 130 | Elevador 5 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 19/04/2017 | 01:00 p.m. | 190 | Pulidora 1 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 22/04/2017 | 03:15 p.m. | 130 | Elevador 2 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 23/04/2017 | 12:30 p.m. | 170 | Zaranda | Desgaste de Faja | 20 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 26/04/2017 | 01:40 p.m. | 185 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7,5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 28/04/2017 | 01:45 p.m. | 210 | Selectora | Tarjeta quemada | 500 | Cambio de Tarjeta de Módulo, Limpieza |
| 29/04/2017 | 12:45 p.m. | 200 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza | |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 16. Registro de Fallas en el mes de Mayo de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|--------------------|--|--|--|
| MAYO | 04/05/2017 | 10:45 a.m. | 130 | Elevador 10 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 05/05/2017 | 11:20 a.m. | 190 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 07/05/2017 | 03:05 p.m. | 135 | Elevador 11 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 11/05/2017 | 09:50 a.m. | 190 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 13/05/2017 | 10:00 a.m. | 145 | Lustradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 15/05/2017 | 11:00 a.m. | 195 | Clasificador | Atasque de paso de grano en las mallas | 35 | Sopleteado, Lubricación, Limpieza. |
| | 17/05/2017 | 10:35 a.m. | 115 | Elevador 4 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 18/05/2017 | 01:25 p.m. | 210 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 20/05/2017 | 01:15 p.m. | 215 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 23/05/2017 | 01:45 p.m. | 125 | Elevador 3 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 24/05/2017 | 10:20 a.m. | 195 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 27/05/2017 | 12:40 p.m. | 205 | Selectora | Eyectores malogrados | 200 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| 30/05/2017 | 12:20 p.m. | 195 | Descascaradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza | |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 17. Registro de Fallas en el mes de Junio de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|-------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| JUNIO | 01/06/2017 | 11:00 a.m. | 190 | Lustradora | Descentrado del Tambor | 20 | Ajuste de Frenos, Limpieza del tambor y Lubricación del Eje |
| | 02/06/2017 | 11:30 a.m. | 180 | Clasificador | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 06/06/2017 | 12:30 p.m. | 165 | Zaranda | Desgaste de Faja | 20 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 08/06/2017 | 02:15 p.m. | 190 | Mesa pre-limpia | Atasque de paso de grano en la malla metálica | 20 | Limpieza, Sopleteado, Lubricación. |
| | 10/06/2017 | 03:45 p.m. | 145 | Elevador 11 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 13/06/2017 | 12:45 p.m. | 180 | Pulidora 1 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 15/06/2017 | 12:35 p.m. | 125 | Elevador 8 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 17/06/2017 | 01:10 p.m. | 185 | Pulidora 1 | Desgaste de la Botella | 45 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 18/06/2017 | 08:40 a.m. | 130 | Elevador 4 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 20/06/2017 | 12:15 p.m. | 170 | Clasificador | Rotura de malla de zaranda | 100 | Cambio de Malla, Lubricación |
| | 22/06/2017 | 12:35 p.m. | 175 | Selectora | Eyectores malogrados | 200 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| | 25/06/2017 | 08:45 a.m. | 130 | Elevador 3 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 28/06/2017 | 02:25 p.m. | 150 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |
| | 30/06/2017 | 11:40 a.m. | 115 | Elevador 10 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 18. Registro de Fallas en el mes de Julio de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|------------|-------------|----------------------|---------------------|--------------------|--|--|---|
| JULIO | 01/07/2017 | 01:25 p.m. | 195 | Descascaradora | Descalibración del paso de grano | 7.5 | Ajuste de Rodillos y Limpieza |
| | 05/07/2017 | 10:50 a.m. | 180 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 07/07/2017 | 09:45 a.m. | 165 | Clasificador | Atasque de paso de grano en las mallas | 35 | Sopleteado, Lubricación, Limpieza. |
| | 09/07/2017 | 12:20 p.m. | 180 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 11/07/2017 | 01:50 p.m. | 150 | Lustradora | Desgaste de faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |
| | 13/07/2017 | 04:05 p.m. | 125 | Elevador 7 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 17/07/2017 | 02:15 p.m. | 190 | Pulidora 1 | Desgaste del sinfín | 180 | Cambio del sinfín, alineamiento, limpieza y Lubricación |
| | 18/07/2017 | 01:00 p.m. | 110 | Elevador 11 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 20/07/2017 | 12:45 p.m. | 200 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 21/07/2017 | 12:20 p.m. | 175 | Selectora | Lámparas quemadas | 170 | Cambio de Lámparas LED, Limpieza. |
| | 24/07/2017 | 08:55 a.m. | 205 | Clasificador | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 27/07/2017 | 02:00 p.m. | 200 | Descascaradora | Desgaste de rodillo | 115 | Cambio de Rodillo, Ajuste y Limpieza |
| | 28/07/2017 | 08:45 a.m. | 125 | Elevador 9 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| 30/07/2017 | 01:25 p.m. | 175 | Pulidora 1 | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza | |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 19. Registro de Fallas en el mes de Agosto de 2017

| FECHA | HORA INICIO | TIEMPO DE PARO (min) | EQUIPO / MAQUINARIA | FALLA | Costo de Materiales (s/.) | ACTIVIDAD IMPLICADA | |
|--------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|--|
| AGOSTO | 01/08/2017 | 11:10 a.m. | 150 | Elevador 1 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 03/08/2017 | 12:30 p.m. | 165 | Lustradora | Desgaste de rodaje | 45 | Cambio de rodamiento, Lubricación y Limpieza |
| | 06/08/2017 | 10:50 a.m. | 175 | Clasificador | Rotura de malla de zaranda | 100 | Cambio de Malla, Lubricación |
| | 07/08/2017 | 11:50 a.m. | 180 | Selectora | Eyectores malogrados | 200 | Cambio de Módulo de 64 eyectores |
| | 10/08/2017 | 01:30 p.m. | 185 | Mesa pre-limpia | Rotura del tensor | 35 | Cambio de Tensor, Lubricación, Ajuste y Limpieza |
| | 14/08/2017 | 10:45 a.m. | 125 | Elevador 5 | Rotura de faja | 25 | Cambio de Faja y Lubricación |
| | 18/08/2017 | 02:20 p.m. | 195 | Pulidora 1 | Rotura de cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 19/08/2017 | 02:15 p.m. | 120 | Elevador 6 | Desalineación de polea | 25 | Soldado, Limpieza y Lubricación |
| | 21/08/2017 | 01:20 p.m. | 185 | Mesa Paddy | Rotura de Planchas internas | 25 | Cambio y Soldado de bandejas, Limpieza. |
| | 22/08/2017 | 10:45 a.m. | 220 | Pulidora 2 | Rotura de Cribas | 25 | Cambio de Laminas de Cribas, Limpieza |
| | 23/08/2017 | 12:00 p.m. | 180 | Lustradora | Desgaste de escobillas | 75 | Cambio de Escobillas, Sopleteado, Limpieza |
| | 28/08/2017 | 10:50 a.m. | 200 | Descascaradora | Desgaste de faja | 25 | Tensión, Lubricación, Limpieza |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

A) RESUMEN DEL NÚMERO DE FALLAS

En la Tabla N° 20 se muestra un resumen de fallas con respecto al periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017. Siendo la Descascaradora, los elevadores y las pulidoras, las máquinas con más frecuencia de fallas. El total de fallas en dicho periodo suman 161.

Tabla N° 20. Resumen del Número de Fallas

| MÁQUINAS | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | TOTAL |
|-----------------|-----------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
| Mesa Pre-limpia | 1 | - | - | 1 | - | - | - | 1 | - | 1 | - | 1 | 5 |
| Descascaradora | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | - | 2 | 1 | 32 |
| Mesa Paddy | - | 1 | - | 1 | - | - | 1 | - | 1 | - | 2 | 1 | 7 |
| Pulidoras | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 | 2 | 23 |
| Zaranda | - | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | | 1 | - | - | 11 |
| Lustradora | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 18 |
| Selectora | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| Clasificador | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | 2 | 1 | 12 |
| Elevadores | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 3 | 42 |
| Total | 11 | 14 | 14 | 13 | 14 | 15 | 14 | 13 | 13 | 14 | 14 | 12 | 161 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

B) RESUMEN DEL TIEMPO DE PARO POR FALLAS

En la Tabla N° 21 se muestra un resumen del tiempo de paro por fallas con respecto al periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017. Siendo la Descascaradora, los elevadores y las pulidoras, las máquinas con más tiempo de paro. El total del tiempo de paro por fallas en dicho periodo suma 459,08 horas.

Tabla N° 21. Resumen del Tiempo de Paro por Fallas

| Máquinas | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Total (min) | Total (h) |
|-----------------|-----------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|-----------|
| Mesa Pre-limpia | 180 | - | - | 180 | - | - | - | 185 | - | 190 | - | 185 | 920 | 15,33 |
| Descascaradora | 550 | 885 | 370 | 565 | 700 | 790 | 560 | 305 | 770 | - | 395 | 200 | 6 090 | 101,5 |
| Mesa Paddy | - | 220 | - | 180 | - | - | 210 | - | 210 | - | 380 | 185 | 1 385 | 23,08 |
| Pulidoras | 380 | 190 | 730 | 190 | 210 | 185 | 395 | 760 | 215 | 365 | 545 | 415 | 4 580 | 76,33 |
| Zaranda | - | 290 | 170 | 155 | 160 | 305 | 370 | 170 | - | 165 | - | - | 1 785 | 29,75 |
| Lustradora | 180 | 345 | 330 | 150 | 175 | 330 | 325 | 185 | 145 | 340 | 150 | 345 | 3 000 | 50 |
| Selectora | - | 180 | 180 | 250 | 250 | 225 | 180 | 210 | 205 | 175 | 175 | 180 | 2 210 | 36,83 |
| Clasificador | 125 | - | 190 | 195 | 195 | 190 | 180 | - | 195 | 350 | 370 | 175 | 2 165 | 36,08 |
| Elevadores | 380 | 385 | 550 | 400 | 620 | 495 | 270 | 405 | 505 | 645 | 360 | 395 | 5 410 | 90,17 |
| Total | 1 795 | 2 495 | 2 520 | 2 265 | 2 310 | 2 520 | 2 490 | 2 220 | 2 245 | 2 230 | 2 375 | 2 080 | 27 545 | 459,08 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.4. ÁREA DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento, en el molino CHAMESINO S.A.C. en la actualidad está bajo la dirección del área de producción, que a su vez se encuentra bajo órdenes del Jefe de Producción. Se cuenta con un jefe de mantenimiento y un asistente.

A) JEFE DE MANTENIMIENTO

Tiene a su cargo al asistente de mantenimiento, y la responsabilidad de delegarle o asignarle tareas en función a sus habilidades o especialidades. Lleva el control de cada máquina, de las reparaciones y cambios que se les ha hecho, y tiene la función de programar de acuerdo a eso, los paros de emergencia de cada una de ellas, según lo requieran. Además, lleva el registro de las fallas de cada máquina con su respectivo tiempo de reparación, el cual es reportado al Jefe de producción.

B) ASISTENTE DE MANTENIMIENTO:

Es un técnico con habilidades múltiples y marcadas. Realiza las funciones de electricista y soldador al momento de llevar a cabo algún tipo de mantenimiento. Conoce al detalle el funcionamiento del proceso productivo del arroz.

En la Actualidad la gestión del mantenimiento se maneja de la siguiente manera:

C) MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

El Jefe de producción se da cuenta de la ocurrencia de una falla al escuchar ruidos y vibraciones anormales. De manera que inmediatamente comunica al Jefe de Mantenimiento, quien identifica la máquina y ordena a su asistente acudir al tablero de control para presionar el botón de emergencia y detener el funcionamiento para su posterior revisión y reparación. Las reparaciones se realizan dentro de las horas de producción que consta desde las 7:00 am hasta las 5:00 pm que se realiza el apagado de todas las máquinas.

D) ACCIONES A TOMAR EN EL MOMENTO DE REPARAR UNA FALLA

La primera opción en cuanto a reparar las fallas, es la de reacondicionar (parchar) las cosas, es decir, seguir con la misma pieza o componente, hasta que éste no de más.

Un ejemplo (**ver Figura N°26**), es la polea que existe en la parte superior del elevador que cada cierto periodo se descentra del eje y golpea con las paredes del elevador, es por ello que la acción de reacondicionamiento inmediata para no parar la producción es soldar la polea al centro del eje hasta que ocurran más fallas de la misma y de otras máquinas para proceder al traslado de las máquinas al área de mantenimiento y repararlas todas a la vez.

E) PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN DE LAS FALLAS:

La reparación general de las máquinas se da de la siguiente manera:

- Desmontar las piezas averiadas de la máquina
- Traslado al área de mantenimiento
- Revisión de las piezas averiadas
- Reparar dichas piezas averiadas
- Montar las piezas reparadas en la máquina
- Verificar el correcto funcionamiento de la máquina

F) REPUESTOS:

Respecto a los componentes, piezas de repuesto, parches de reacondicionamiento u otros materiales para la reparación, se tiene un Almacén dentro del área de mantenimiento donde se tienen la mayoría de componentes, y es ahí donde acude el asistente para adquirir los mismos. Cuando no tienen un stock de las piezas o materiales que necesitan, se dirigen al Área de Logística por medio de un formato de requerimiento de materiales realizado por el Jefe de mantenimiento para pedir lo que se necesita, los cuales son entregados en el Almacén de Logística. Cuando el área de Logística no posee estos materiales, se tiene que esperar un tiempo indefinido, hasta que se consigan.

En la tabla N° 22. Se nombran algunos de los repuestos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento general en las máquinas.

Tabla N° 22. Repuestos y Materiales

| REPUESTOS / MATERIALES | UNIDAD |
|---|--------|
| Fajas de transmisión | unidad |
| Sinfines de Pulidora | unidad |
| Cribas de Pulidora | unidad |
| Botella de Pulidora | unidad |
| Mangueras corrugadas | unidad |
| Rodamientos NTN | unidad |
| Rodillos de goma de Descascaradora | unidad |
| Malla para clasificadora | unidad |
| Spray Lubricante 3M-08878 | Unidad |
| Pernos y tuercas (hexagonal) | Unidad |
| Soldadura (Electrodo punto azul o 6011) | Unidad |
| Grasa (SKF) | Kg |
| Tensores | unidad |
| Trapo Industrial | unidad |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.



Figura N° 29. Repuestos - Cribas, Sifines, trapo industrial, Botella, Criba, Grasa SKF
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

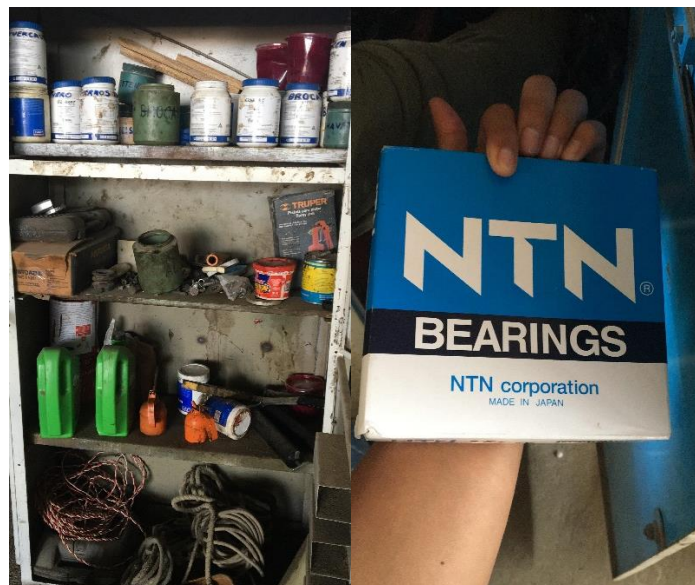


Figura N° 30. Almacén de repuestos y materiales – Rodamientos NTN
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.5. ÁRBOL DE FALLAS

Teniendo la data de las fallas ocurridas, se procede a analizarlas mediante la realización de un árbol de fallas por cada máquina

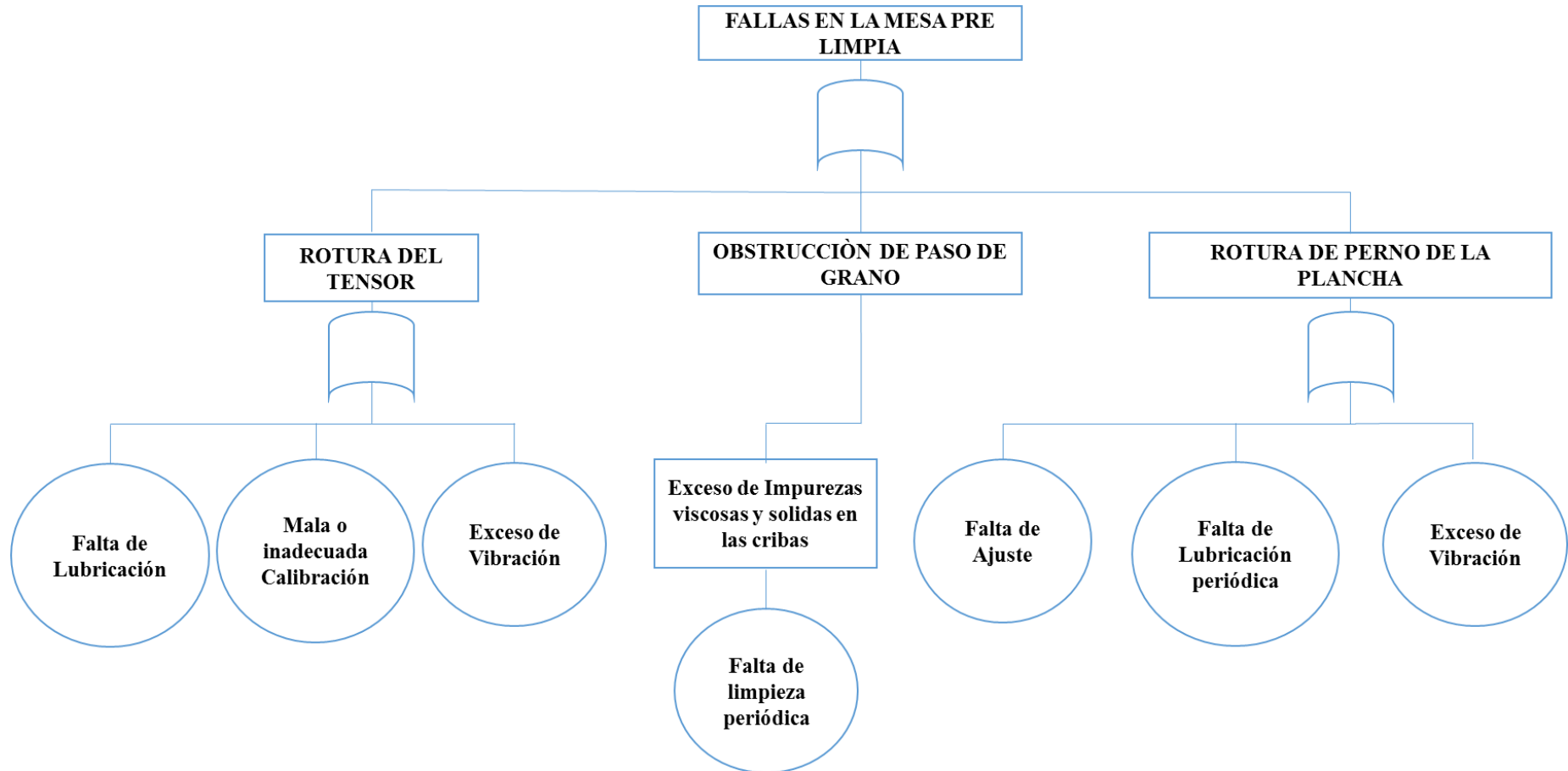


Figura N° 31. Árbol de Falla de la Mesa Pre Limpia

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

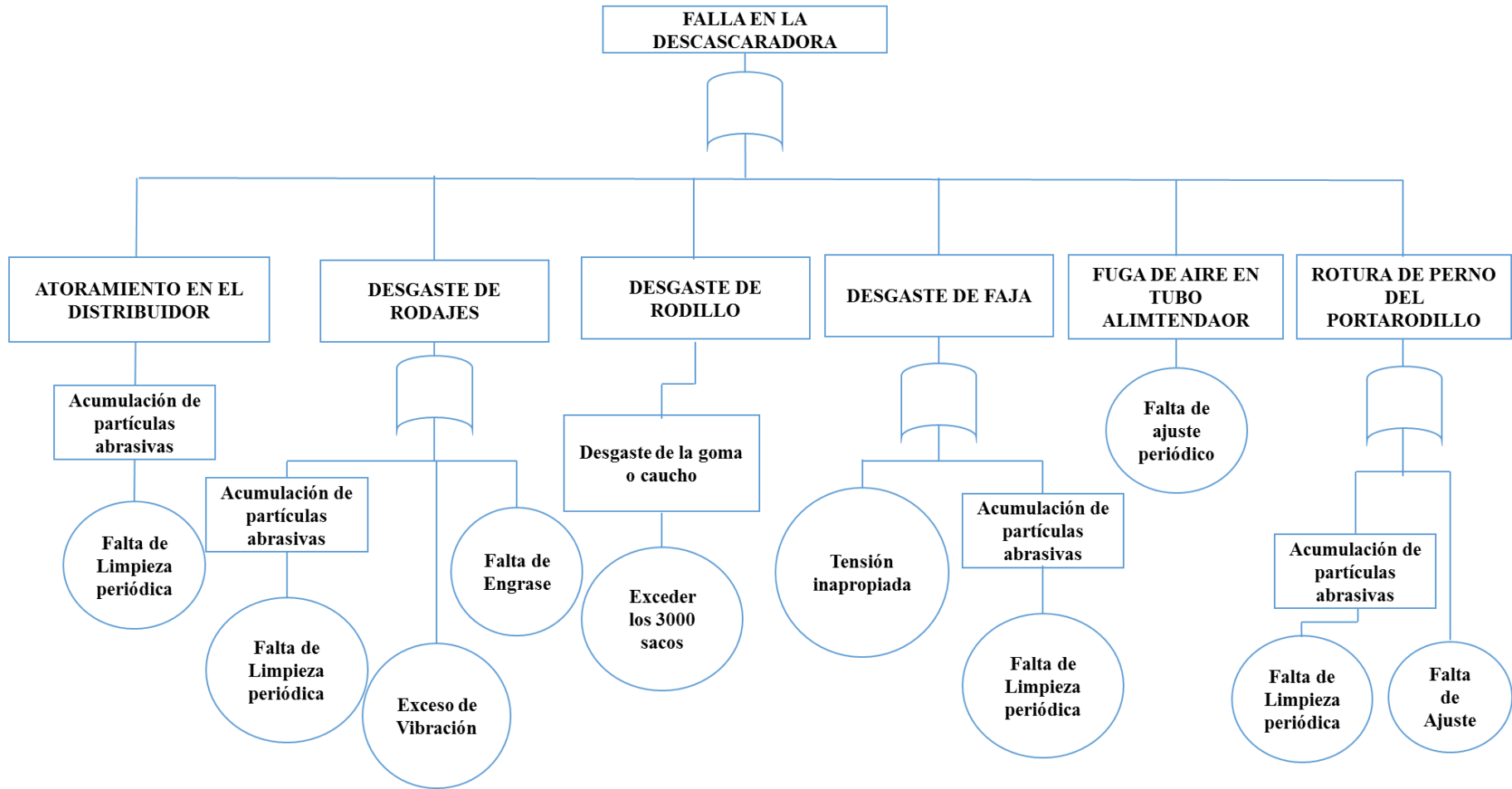


Figura N° 32. Árbol de Falla de la Descascaradora
 Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

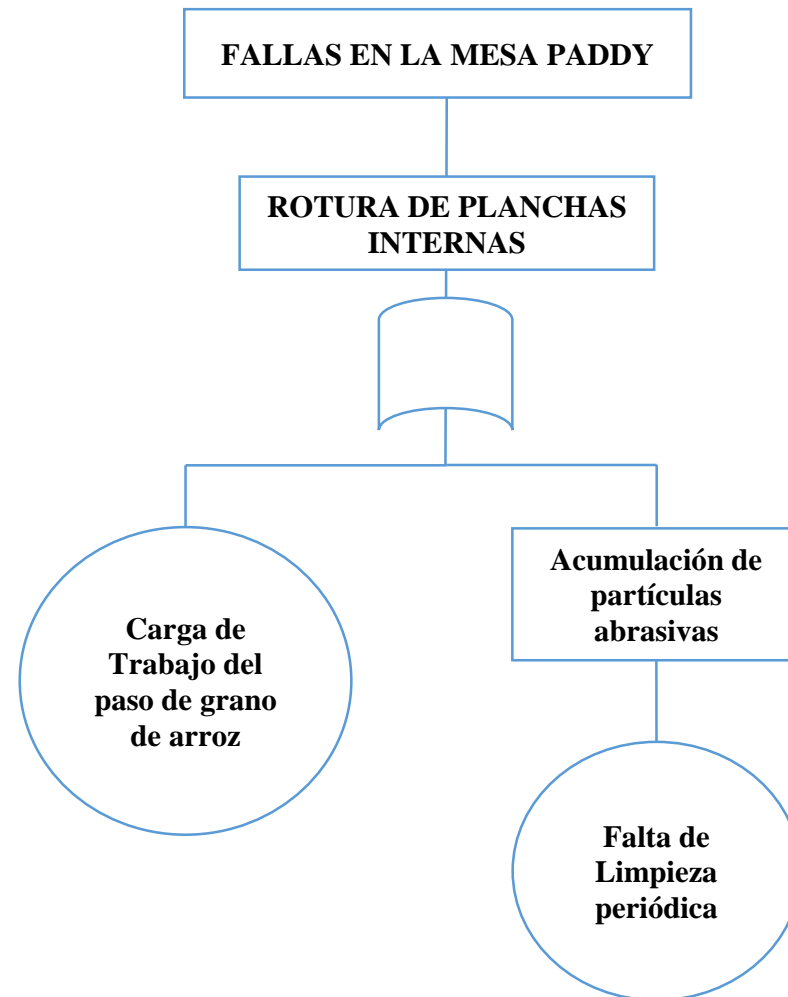


Figura N° 33. Árbol de Falla de la Mesa Paddy
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

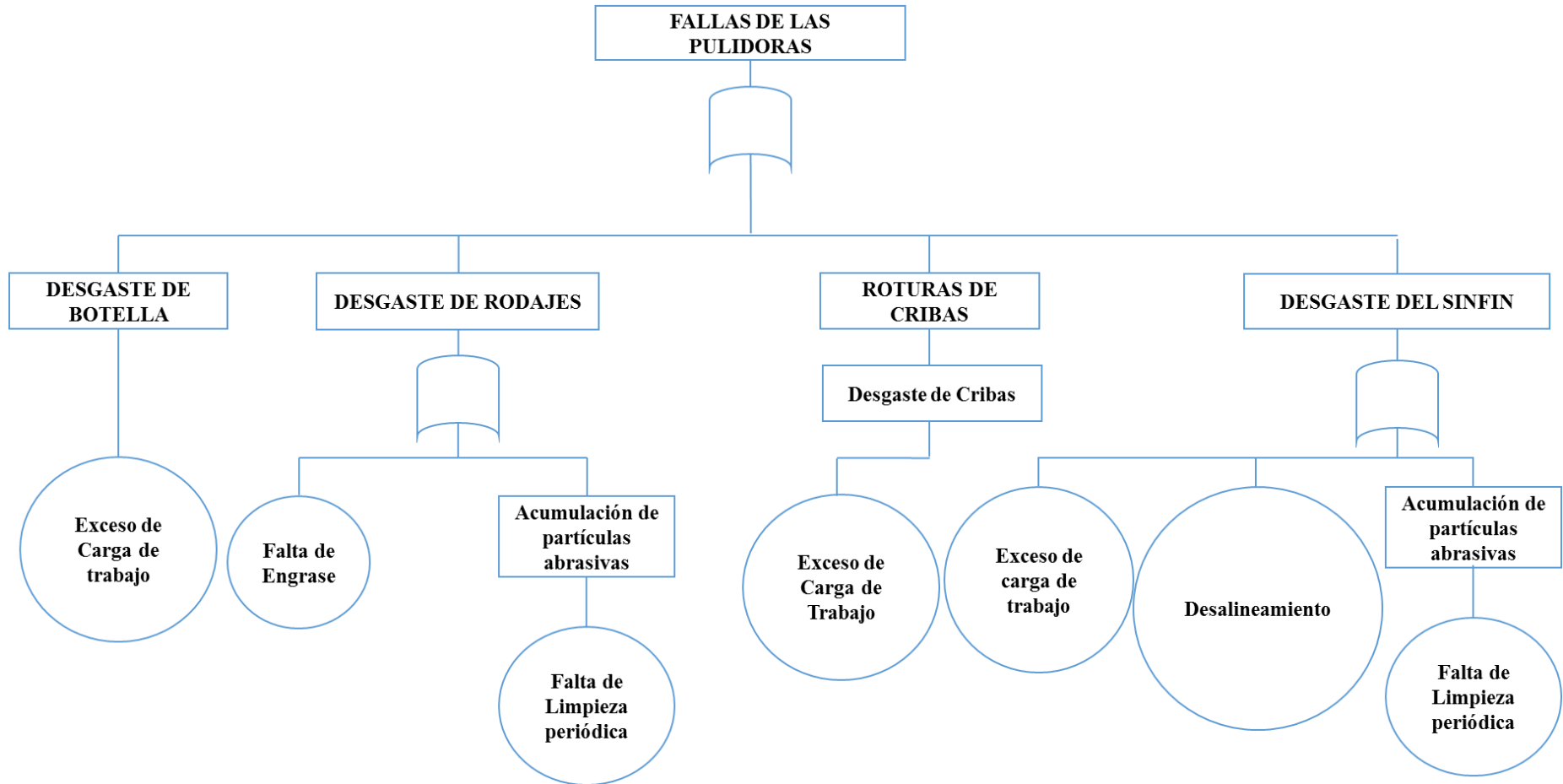


Figura N° 34. Árbol de Falla de las Pulidoras
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

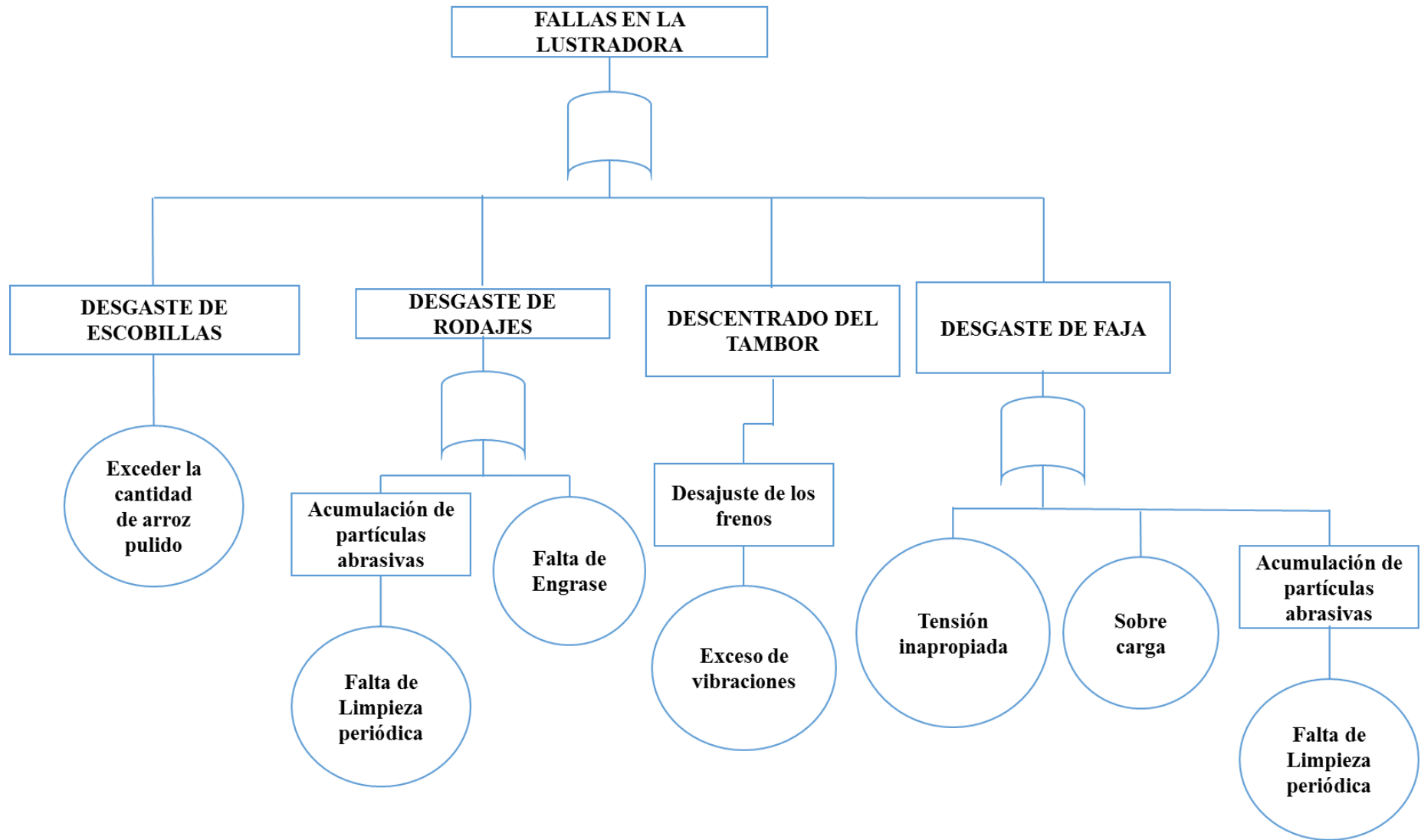


Figura N° 35. Árbol de Falla de la Lustradora

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

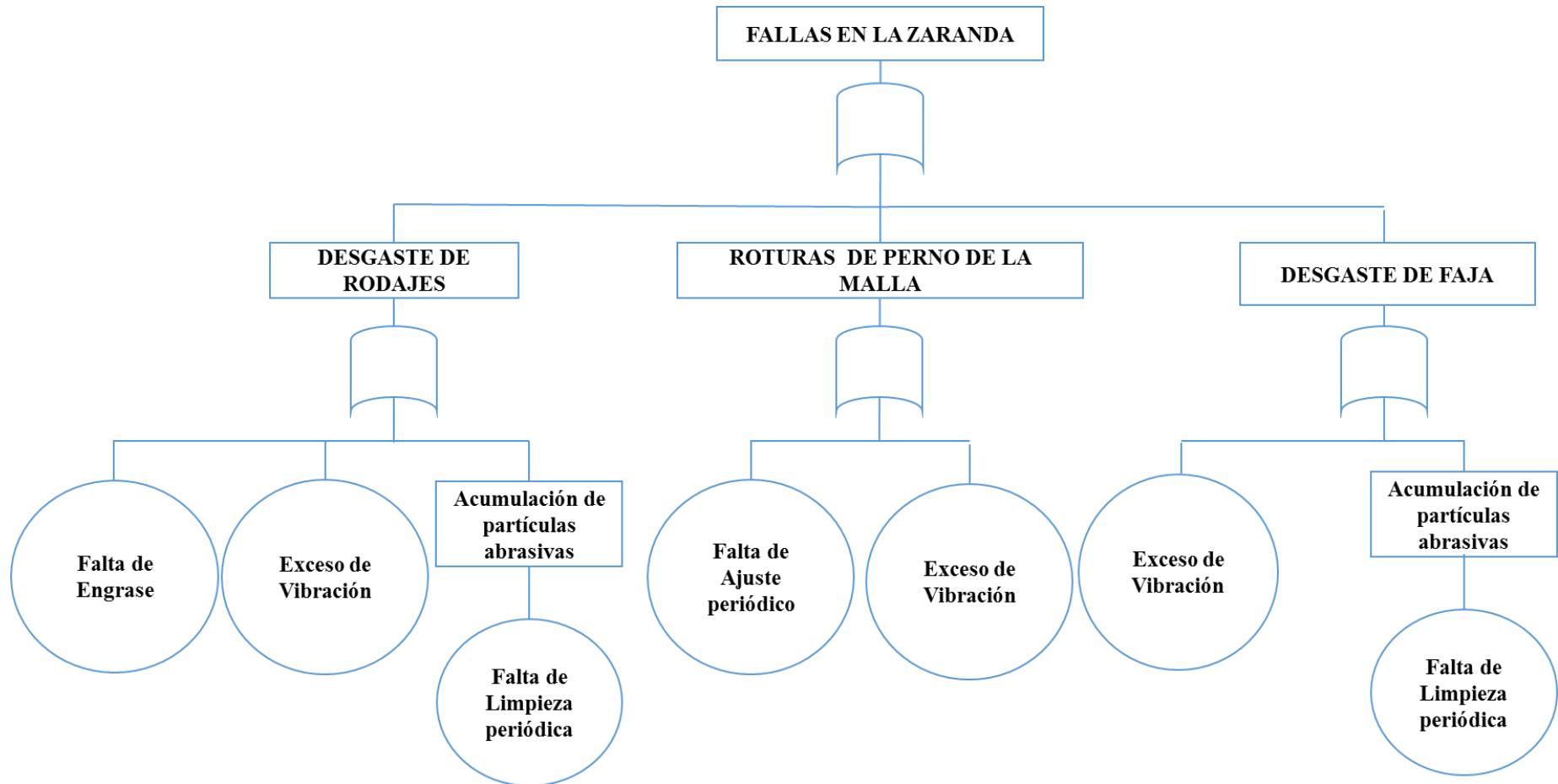


Figura N° 36. Árbol de Falla de la Zaranda
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

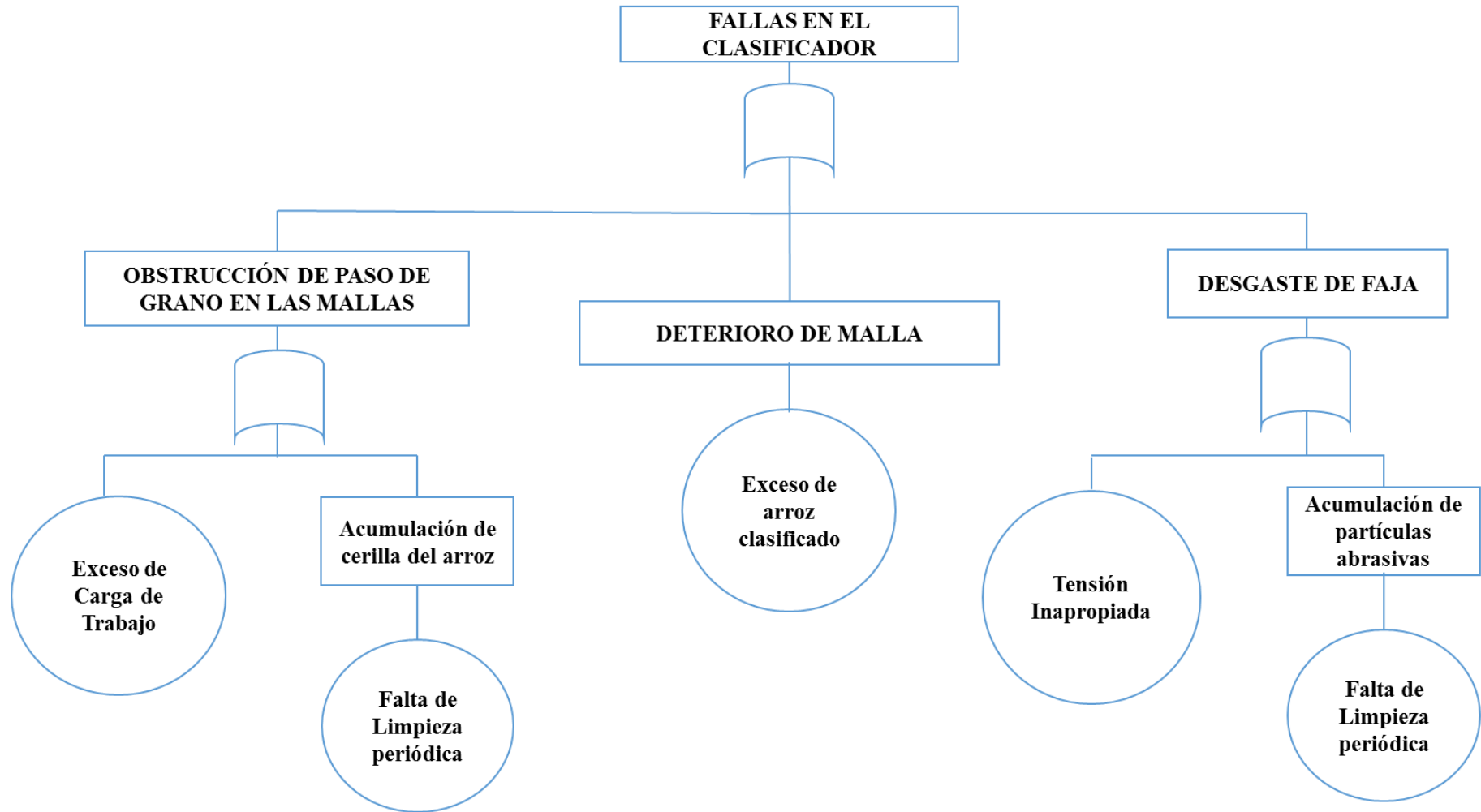


Figura N° 37. Árbol de Falla del Clasificador
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

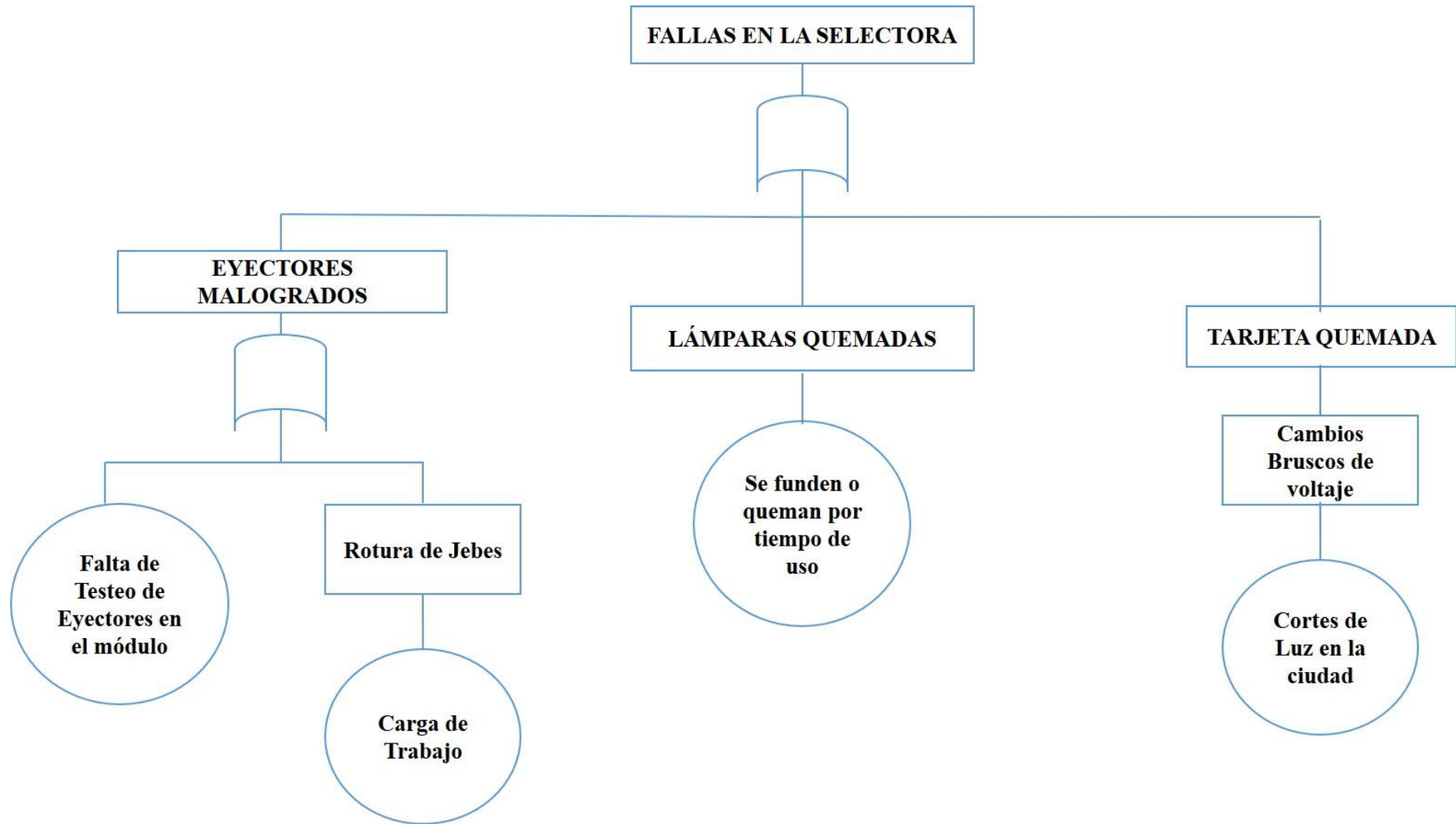


Figura N° 38. Árbol de Falla de la Selectora
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

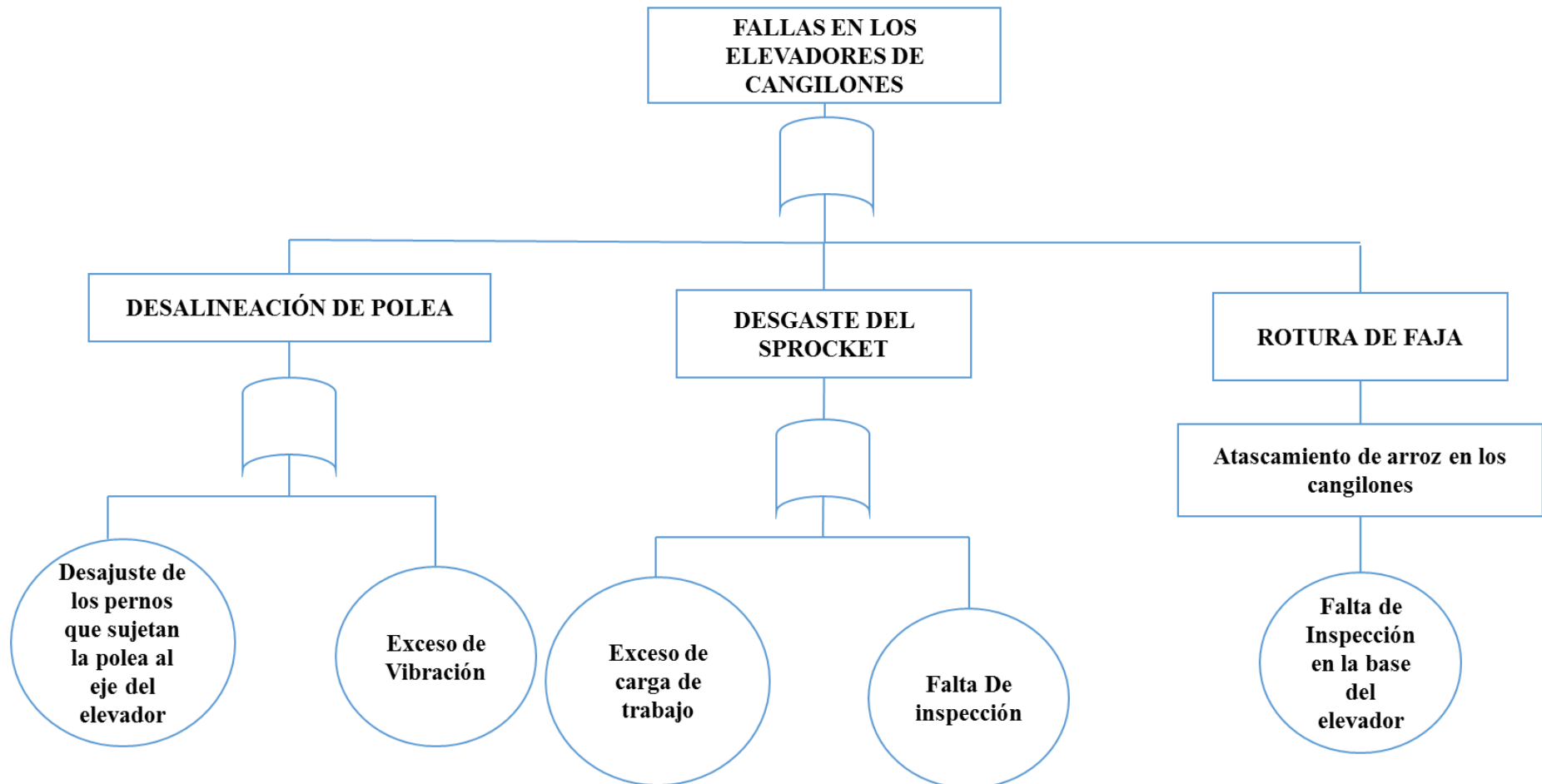


Figura N° 39. Árbol de Falla de los Elevadores de Cangilones
Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.6. COSTO DE MANO DE OBRA Y MATERIALES

En la Tabla N° 23. Se muestra un costo total de mano de obra de **s/. 30 333,33**

Tabla N° 23. Costo total de mano de obra en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| PERSONAL DE MANTENIMIENTO | COSTO DE M.O MENSUAL (S/.) | COSTO DE M.O ANUAL (S/.) | GRATIFICACIONES (2 AL AÑO) (S/.) | CTS (REMUNERACION COMPUTABLE EN 12 MESES) (S/.) | COSTO TOTAL DE M.O ANUAL (S/.) |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Jefe de mantenimiento | 1 200 | 14 400 | 2 400 | 1 400 | 18 200 |
| Asistente de mantenimiento | 800 | 9 600 | 1 600 | 933,33 | 12 133,33 |
| Total | 2 000 | 24 000 | 4 000 | 2 333,33 | 30 333,33 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

En la Tabla N° 24, se obtiene un costo total de materiales de **s/. 7 405**, estos costos se recopilan de las tablas del diagnóstico de fallas (**Ver Tabla N° 08 a la Tabla N° 19**).

Tabla N° 24. Costo total de Materiales en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| MES | NUMERO DE FALLAS | COSTO TOTAL DE MATERIALES (S/.) |
|-----------|------------------|---------------------------------|
| Setiembre | 11 | 455 |
| Octubre | 14 | 667,5 |
| Noviembre | 14 | 727,5 |
| Diciembre | 13 | 577,5 |
| Enero | 14 | 462,5 |
| Febrero | 15 | 505 |
| Marzo | 14 | 712,5 |
| Abril | 13 | 877,5 |
| Mayo | 13 | 537,5 |
| Junio | 14 | 500 |
| Julio | 14 | 752,5 |
| Agosto | 12 | 630 |
| TOTAL | 161 | 7 405 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.7. UNIDADES NO PROCESADAS

En la Tabla N° 25, para hallar las unidades no procesadas se ha tomado en cuenta la capacidad máxima de producción al día, tiempo de producción diario y el tiempo total de paro anual (**Ver Tabla N° 21**).

Tabla N° 25. Unidades no procesadas en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| CAPACIDAD MÁXIMA AL DÍA (UND) | TIEMPO DE PRODUCCIÓN DIARIO (H) | UNIDADES (UND/H) | TIEMPO DE PARO (H) | UNIDADES NO PROCESADAS (SACOS) | |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|
| Arroz Pilado (Sacos 50 Kg) | 680 | 10 | 68 | 459,08 | 31 218 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.8. UTILIDAD BRUTA NO PERCIBIDA

Para hallar la utilidad no percibida se necesita el costo de producción de un saco de arroz de 50 Kg (**Ver Anexo 02**). De esta manera se obtendrá la utilidad bruta no percibida por las unidades no procesadas determinadas en la Tabla N° 25.

En la Tabla N° 26 se muestra la utilidad del producto principal. Se tiene en cuenta que el costo de producción y el precio de venta no han variado en el transcurso del periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017.

Tabla N° 26. Utilidad Bruta por cada saco de arroz de 50 Kg

| PRODUCTO PRINCIPAL | PESO (KG) | COSTO PRODUCCIÓN (S/.) | PRECIO DE VENTA (S/.) | UTILIDAD BRUTA (S/.) |
|--------------------|-----------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Arroz | 50 | 91 | 110 | 19 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

En la Tabla N° 27 se determina la utilidad bruta no percibida, la cual es el resultado del producto entre el tiempo de paro y las unidades no procesadas. Se observa que existe un total de s/. 593 136 de utilidad que no percibe la empresa por las unidades no procesadas.

Tabla N° 27. Utilidad no percibida en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| MES | NUMERO DE PAROS | TIEMPO DE PARO (MIN) | TIEMPO DE PARO (H) | UNIDADES NO PROCESADAS | UTILIDAD NO PERCIBIDA (s/.) |
|-----------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|
| Setiembre | 11 | 1 795 | 29,92 | 2 034 | 38 652 |
| Octubre | 14 | 2 495 | 41,58 | 2 828 | 53 726 |
| Noviembre | 14 | 2 520 | 42 | 2 856 | 54 264 |
| Diciembre | 13 | 2 265 | 37,75 | 2 567 | 48 773 |
| Enero | 14 | 2 310 | 38,5 | 2 618 | 49 742 |
| Febrero | 15 | 2 520 | 42 | 2 856 | 54 264 |
| Marzo | 14 | 2 490 | 41,5 | 2 822 | 53 618 |
| Abril | 13 | 2 220 | 37 | 2 516 | 47 804 |
| Mayo | 13 | 2 245 | 37,42 | 2 544 | 48 342 |
| Junio | 14 | 2 230 | 37,17 | 2 527 | 48 019 |
| Julio | 14 | 2 375 | 39,58 | 2 692 | 51 142 |
| Agosto | 12 | 2 080 | 34,67 | 2 357 | 44 789 |
| | 161 | 27 545 | 459,08 | 31 218 | 593 136 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

En la Tabla N° 28 se muestra el Resumen de lo que le cuesta en total a la empresa el no contar con un plan de mantenimiento. Se tiene un total de s/. 630 874,33.

Tabla N° 28. Costo Total de Diagnóstico

| RESULTADO | VALOR (s/.) |
|--|-------------------|
| Costo de mano de obra | 30 333,33 |
| Costo de materiales | 7 405 |
| Utilidad bruta no percibida por las unidades no procesadas | 593 136 |
| TOTAL | 630 874,33 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.9. PRODUCTIVIDAD

A) Productividad en relación al tiempo

En la Tabla N°29 se determina la productividad teniendo en cuenta la producción real de sacos de arroz de 50 Kg y las horas programadas designadas a cada mes. Se observa una productividad muy variable, siendo febrero y setiembre los meses de menor y mayor productividad con 56 y 60 sacos/hora respectivamente.

Cabe resaltar que la producción esperada es el producto de las horas programadas del respectivo mes y la capacidad máxima alcanzada de 68 sacos/día.

Tabla N° 29. Productividad por hora en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| MES | PRODUCCIÓN ESPERADA | PRODUCCIÓN REAL | HORAS PROGRAMADA | HORAS DE PARO | HORAS REALES | PRODUCTIVIDAD (SACOS/HORA) |
|-----------|---------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------|----------------------------|
| Setiembre | 17 680 | 15 646 | 260 | 29,92 | 230,08 | 60 |
| Octubre | 17 680 | 14 852 | 260 | 41,58 | 218,42 | 57 |
| Noviembre | 17 680 | 14 824 | 260 | 42 | 218 | 57 |
| Diciembre | 18 360 | 15 793 | 270 | 37,75 | 232,25 | 58 |
| Enero | 17 680 | 15 062 | 260 | 38,5 | 221,5 | 58 |
| Febrero | 16 320 | 13 464 | 240 | 42 | 198 | 56 |
| Marzo | 18 360 | 15 538 | 270 | 41,5 | 228,5 | 58 |
| Abril | 17 000 | 14 484 | 250 | 37 | 213 | 58 |
| Mayo | 18 360 | 15 816 | 270 | 37,42 | 232,58 | 59 |
| Junio | 17 680 | 15 153 | 260 | 37,17 | 222,83 | 58 |
| Julio | 17 680 | 14 988 | 260 | 39,58 | 220,42 | 58 |
| Agosto | 18 360 | 16 003 | 270 | 34,67 | 235,33 | 59 |
| TOTAL | 212 840 | 165 977 | 3130 | 459,08 | 2 670,92 | 53 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.10. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio Para Reparar (MTTR) son dos indicadores claves de rendimiento en el mantenimiento de planta. Para poder hallarlos, consideramos el Tiempo total programado, el tiempo entre fallas (TBF), el tiempo para reparar (TTR) y el número de fallas durante el periodo. De tal manera que se aplicarán las respectivas fórmulas las cuales darán a lugar a la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

En la **Tabla N° 30** se determinan los indicadores de mantenimiento con respecto a el tiempo promedio entre falla (MTBF) el cual corresponde a la confiabilidad y el tiempo promedio para reparar (MTTR) que corresponde a la Mantenibilidad.

Se observa que la Descascaradora y la Pulidora 1 tienen un tiempo promedio entre falla de 9,46 y 16,14 horas respectivamente. Siendo las máquinas con menor confiabilidad del proceso.

Por otro lado, La Selectora y la Pulidora 1 tienen un tiempo promedio para reparar de 3,35 cada una, siendo las máquinas con mayor mantenibilidad en reparación del proceso.

Tabla N° 30. Confiabilidad y Mantenibilidad en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| Máquina | Tiempo Programado (h) | Σ TTR (h) | Σ TBF (h) | Número de Fallas (n) | MTBF (h) | MTTR (h) | MTBF (Días) | MTTR (Días) |
|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|----------|----------|-------------|-------------|
| Elevador 1 | 3 130 | 4,83 | 3 125,17 | 2 | 1 562,58 | 2,42 | 156,26 | 0,24 |
| Mesa Pre-limpia | 3 130 | 15,33 | 3 114,67 | 5 | 622,93 | 3,07 | 62,29 | 0,31 |
| Elevador 2 | 3 130 | 4,25 | 3 125,75 | 2 | 1 562,88 | 2,13 | 156,29 | 0,21 |
| Descascaradora | 3 130 | 101,50 | 3 028,5 | 32 | 94,64 | 3,17 | 9,46 | 0,32 |
| Elevador 3 | 3 130 | 11,08 | 3 118,92 | 5 | 623,78 | 2,22 | 62,38 | 0,22 |
| Elevador 4 | 3 130 | 15,92 | 3 114,08 | 8 | 389,26 | 1,99 | 38,93 | 0,20 |
| Mesa paddy | 3 130 | 23,08 | 3 106,92 | 7 | 443,85 | 3,30 | 44,38 | 0,33 |
| Elevador 5 | 3 130 | 10,58 | 3 119,42 | 5 | 623,88 | 2,12 | 62,39 | 0,21 |
| Pulidora 1 | 3 130 | 63,58 | 3 066,42 | 19 | 161,39 | 3,35 | 16,14 | 0,33 |
| Pulidora 2 | 3 130 | 12,75 | 3 117,25 | 4 | 779,31 | 3,19 | 77,93 | 0,32 |
| Elevador 6 | 3 130 | 8,67 | 3 121,33 | 4 | 780,33 | 2,17 | 78,03 | 0,22 |
| Lustradora | 3 130 | 50 | 3 080 | 18 | 171,11 | 2,78 | 17,11 | 0,28 |
| Elevador 7 | 3 130 | 4 | 3 126 | 2 | 1 563 | 2 | 156,30 | 0,20 |
| Zaranda | 3 130 | 29,75 | 3 100,25 | 11 | 281,84 | 2,70 | 28,18 | 0,27 |
| Elevador 8 | 3 130 | 6,5 | 3 123,5 | 3 | 1 041,17 | 2,17 | 104,12 | 0,22 |
| Clasificador | 3 130 | 36,08 | 3 093,92 | 12 | 257,83 | 3,01 | 25,78 | 0,30 |
| Elevador 9 | 3 130 | 9,25 | 3 120,75 | 4 | 780,19 | 2,31 | 78,02 | 0,23 |
| Elevador 10 | 3 130 | 6,33 | 3 123,67 | 3 | 1 041,22 | 2,11 | 104,12 | 0,21 |
| Selectora | 3 130 | 36,83 | 3 093,17 | 11 | 281,2 | 3,35 | 28,12 | 0,33 |
| Elevador 11 | 3 130 | 8,75 | 3 121,25 | 4 | 780,31 | 2,19 | 78,03 | 0,22 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

En la Tabla N° 31 la disponibilidad de la línea de producción en los distintos meses del año entre dicho periodo se encuentran por debajo del 90%

Tabla N° 31. Disponibilidad en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017

| Mes | Horas Programadas | Horas inoperativas | Disponibilidad (%) |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Setiembre | 260 | 29,92 | 88,49 |
| Octubre | 260 | 41,58 | 84,01 |
| Noviembre | 260 | 42 | 83,85 |
| Diciembre | 270 | 37,75 | 86,02 |
| Enero | 260 | 38,5 | 85,19 |
| Febrero | 240 | 42 | 82,5 |
| Marzo | 270 | 41,5 | 84,63 |
| Abril | 250 | 37 | 85,2 |
| Mayo | 270 | 37,42 | 86,14 |
| Junio | 260 | 37,17 | 85,71 |
| Julio | 260 | 39,58 | 84,78 |
| Agosto | 270 | 34,67 | 87,16 |
| Total | 3 130 | 459,08 | 85,33 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.11. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Se realiza el Análisis de Criticidad en las Tablas N° 32 al 40, siendo los equipos Críticos, la Descascaradora y las Pulidoras con un nivel de criticidad de 60 y 54 respectivamente. De manera que este resultado servirá para validar el Análisis de Modos y Efectos de Falla.

Tabla N° 32. Análisis de Criticidad - Elevadores

| ANALISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | ELEVADORES |
|---|-----------|--|------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 1 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | 2 |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | 2 |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | 2 |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 15 |
| Nivel de Criticidad | | | 15 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 33. Análisis de Criticidad - Mesa Pre-Limpia

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | MESA PRE-LIMPIA |
|---|-----------|--|-----------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 2 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | 2 |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | 2 |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | 2 |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 15 |
| Nivel de Criticidad | | | 30 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 34. Análisis de Criticidad - Descascaradora

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | DESCASCARADORA |
|---|-----------|--|----------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 3 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | 3 |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | 4 |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | 4 |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 20 |
| Nivel de Criticidad | | | 60 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 35. Análisis de Criticidad - Mesa Paddy

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | MESA PADDY |
|---|-----------|--|------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 2 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | 2 |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | 2 |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | 2 |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 15 |
| Nivel de Criticidad | | | 30 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 36. Análisis de Criticidad - Pulidoras

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | PULIDORAS |
|---|-----------|--|------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 3 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | 3 |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | 3 |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | 3 |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 18 |
| Nivel de Criticidad | | | 54 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 37. Análisis de Criticidad - Lustradora

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | LUSTRADORA |
|---|-----------|--|------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 2 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | 3 |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | 3 |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | 3 |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 18 |
| Nivel de Criticidad | | | 36 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 38. Análisis de Criticidad - Zaranda

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | ZARANDA |
|---|-----------|--|------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 2 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | 2 |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | 2 |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | 2 |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 15 |
| Nivel de Criticidad | | | 30 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 39. Análisis de Criticidad - Clasificador

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | CLASIFICADOR |
|---|-----------|--|--------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 2 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | 3 |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | 2 |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | 2 |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 16 |
| Nivel de Criticidad | | | 32 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C

Tabla N° 40. Análisis de Criticidad - Selectora

| ANÁLISIS DE CRITICIDAD - MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | SELECTORA |
|---|-----------|--|------------|
| CRITERIO | CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FRECUENCIA |
| | | | 2 |
| Daños al personal | 5 | Muerte o incapacidad total permanente. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente. Requiere suspensión laboral. | |
| | 3 | Heridas o enfermedades severas en uno o más miembros de la empresa. Daños reportables. | |
| | 2 | El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables. | 2 |
| | 1 | No se esperan heridas o daños físicos. | |
| Impacto en la Población | 5 | Muerte o incapacidad total permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad. | |
| | 4 | Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos tres miembros de la población. | |
| | 3 | Hospitalización de al menos 1 persona, requiere tratamiento médico o primeros auxilios. | |
| | 2 | Pueden resultar en heridas o enfermedades leves. | 2 |
| | 1 | Sin efecto a la población. | |
| Impacto al ambiente | 5 | Daños irreversibles al ambiente y que violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 4 | Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales. | |
| | 3 | Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada. | 3 |
| | 2 | Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones. | |
| | 1 | Sin daños ambientales ni violación de leyes ambientales. | |
| Daños a las instalaciones | 5 | Mayor de 5 000 soles. | |
| | 4 | Con daños que puedan ascender de 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 3 | Con daños que puedan ascender de 500 a 1 000 soles. | 3 |
| | 2 | Con daños que puedan llegar hasta 500 soles. | |
| | 1 | Sin daños en las instalaciones. | |
| Impacto de Producción | 5 | Mayor de 10 000 soles. | 5 |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Costo de materiales y repuestos | 5 | Mayor de 10 000 soles. | |
| | 4 | De 8 000 a 10 000 soles. | |
| | 3 | De 5 000 a 8 000 soles. | 3 |
| | 2 | De 1 000 a 5 000 soles. | |
| | 1 | Hasta 1 000 soles. | |
| Impacto Total | | | 18 |
| Nivel de Criticidad | | | 36 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.12. ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)

Ya conocidas las fallas de la maquinaria, se procedió a analizarse a través del análisis de los modos y efectos de fallas, con ayuda del encargado de mantenimiento, explicándole los diferentes parámetros del análisis. El AMEF, con la ayuda del Jefe de Mantenimiento y el asistente, nos reveló los siguientes datos, dónde se determinaron las fallas funcionales, los modos de fallas, efectos de fallas y las principales causas. Los valores de Severidad, Ocurrencia y Detección se explican en función a su tabla de valorización (**Ver Valores en las Tablas N° 03, 04, 05 y Anexo N°03**)

Tabla N° 41. ANALISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLAS EN LA MAQUINARIA DEL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C.

| EQUIPO O MÁQUINA | FUNCION | MODO DE FALLA | EFECTO DE FALLA | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | DISEÑO DE CONTROLES | Detección | NPR | ACCIÓN RECOMENDADA | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR |
|------------------|---|---------------|---|-----------|--|------------|---------------------|-----------|-----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Mesa Pre-Limpia | Separar las impurezas del arroz cáscara | 1 | Rotura del tensor | 6 | Falta de lubricación periódica al tensor. No cambian los tensores en los tiempos de inoperatividad | 3 | Verificación Visual | 8 | 144 | Lubricación periódica a los 4 tensores. Reemplazar tensores cada cierto periodo | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | 2 | Atasque de paso de grano en la malla metálica | 4 | Falta de limpieza periódica en las cribas de la malla metálica de cada plancha del equipo | 2 | Verificación Visual | 8 | 64 | Limpieza periódica a base del plan de mantenimiento realizado | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 3 | Rotura de perno de la plancha | 6 | Falta de ajuste y engrase periódico de los pernos de las planchas. Las vibraciones causan el desajuste a largo plazo. | 2 | Verificación Visual | 8 | 96 | Ajuste y engrase periódico de los pernos | 3 | 2 | 4 | 24 |
| Descascaradora | Separar la cáscara del arroz | 1 | Atoramiento en el distribuidor | 4 | Genera la disminución del flujo de arroz paddy, visible solo a través del visor y en las siguientes máquinas de muestreo, en donde se ve que el flujo de arroz descascarado ha disminuido. | 7 | Verificación Visual | 8 | 224 | Limpieza periódica del distribuido para permitir el paso del arroz paddy | 2 | 3 | 4 | 24 |

| EQUIPO O MÁQUINA | FUNCION | MODO DE FALLA | EFEECTO DE FALLA | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | DISEÑO DE CONTROLES | Detección | NPR | ACCIÓN RECOMENDADA | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR | |
|------------------|------------------|---------------|---|--|---------------------------------|--|---------------------|---|-----|---------------------|---|-----------|---|-----------|----|
| | | 2 | Desgaste de rodajes | Se percibe un ruido a modo de pequeños golpes, seguidamente aumenta la temperatura del rodaje y de la chumacera, el motor aumenta de amperaje a causa del mayor esfuerzo que debe de realizar por lo que su temperatura también aumenta. | 5 | Carga de trabajo y, falta de limpieza y engrase periódica a los rodajes que tienden a desgastarse. | 3 | Verificación Visual | 8 | 120 | Limpieza y correcto engrase periódico. | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 3 | Desgaste de rodillo | Genera un incremento en el flujo de arroz paddy y a la vez una disminución en el flujo de arroz descascarado. | 5 | Desgaste excesivo de la goma de los rodillos por ya haber excedido los 3000 de sacos de arroz cáscara y por ende no desprende las cascarilla de arroz. | 8 | Verificación Visual | 8 | 320 | Cambio de rodillos con respecto a los 3000 sacos de arroz cascara | 3 | 6 | 4 | 72 |
| | | 4 | Fuga de aire en tubo alimentador | Genera un mal descascarado, afectando la producción, por el incremento en el flujo de arroz paddy. | 4 | Falta de ajuste periódico de los sujetadores del tubo alimentador | 3 | Verificación Visual | 8 | 96 | Ajuste periódico de los sujetadores del tubo alimentador | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 5 | Desgaste de faja | La mala transmisión por el desgaste de la banda, genera un paro temporal de la maquinaria, para su reemplazo y respectivo ajuste operacional. | 4 | Carga de trabajo y tensión inapropiada | 3 | Verificación Visual | 8 | 96 | Tensión y ajuste periódica de la faja | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 6 | Rotura de perno del porta rodillo | Al romperse uno, dos o tres pernos no es notoria la falla, sin embargo al romperse totalmente los cuatro existentes en el porta rodillo, ocasiona el desprendimiento del rodillo a la parte externa de la máquina, rompiendo la puerta de la Descascaradora. | 7 | Carga de trabajo y por la presión que debe descascarar y la oposición del perno con respecto al rodillo | 3 | Verificación Visual | 8 | 168 | Inspección y ajuste periódico de los pernos del porta rodillo | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | Mesa paddy | Separar el grano de arroz paddy del grano de arroz descascarado | 1 | Rotura de las planchas internas | Al tomarse una muestra del flujo de grano descascarado, se observa que existe una disminución porque no se genera un movimiento uniforme provocando golpes y causando una mala separación. | 9 | El arroz paddy que ingresa, por ser áspero raspa las planchas internas y con el tiempo rompe las planchas | 4 | Verificación Visual | 8 | 288 | Cambio y soldado periódico de planchas internas | 3 | 3 |
| 2 | Desgaste de faja | | | Pierde revoluciones. Baja revoluciones. No genera el movimiento necesario ocasionando que se carguen las bandejas y que el producto no se separe bien | 4 | Carga de trabajo y tensión inapropiada. | 2 | Verificación Visual | 8 | 64 | Tensión y ajuste periódica de la faja | 2 | 2 | 4 | 16 |

| EQUIPO O MÁQUINA | FUNCION | MODO DE FALLA | EFECTO DE FALLA | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | DISEÑO DE CONTROLES | Detección | NPR | ACCIÓN RECOMENDADA | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR | |
|------------------|------------------------------|---------------|------------------------|--|-----------------------------|---|---------------------|---------------------|-----|--------------------|---|-----------|-----------|-----------|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pulidoras | Pulir el grano de arroz | 1 | Desgaste de Botella | Al desgastarse la botellas, el flujo de arroz descascarado la fricción entre la botellas y las cribas pierde su eficacia, por lo tanto el arroz no es pulido correctamente. | 5 | Carga de trabajo, al momento de pasar el arroz del sinfín hacia el interior de la pulidora, la botella se desgasta con el tiempo por la misma aspereza del grano de arroz | 6 | Verificación Visual | 8 | 240 | Limpieza y cambio periódico de la botella antes de ser desgastada totalmente para darle su recubrimiento con la soldadura correspondiente | 3 | 4 | 4 | 48 |
| | | 2 | Rotura de cribas | Se percibe un flujo de arroz descascarado sin pulir en las tolvas entre pulidora, y en la zaranda de clasificación de la siguiente etapa, por lo tanto se detiene la producción para hacerse el cambio de criba. Además esto afecta a la producción, ya que todo el arroz a partir del pulido hacia adelante se vierte y se vuelve a reprocesar después de haber hecho el mantenimiento correctivo correspondiente | 10 | Carga de trabajo, el arroz al momento de ser pulido a largo plazo va agrietando las cribas por la misma aspereza del grano de arroz | 6 | Verificación Visual | 8 | 480 | Limpieza periódica y cambio de cribas antes de ser rotas totalmente, evitando el flujo de material de acero en las siguientes etapas | 5 | 3 | 4 | 60 |
| | | 3 | Desgaste de rodajes | Se percibe un ruido a modo de pequeños golpes, seguidamente aumenta la temperatura del rodaje y de la chumacera, el motor aumenta de amperaje a causa del mayor esfuerzo que debe de realizar por lo que su temperatura también aumenta. | 5 | Carga de trabajo y, falta de limpieza y engrase periódica a los rodajes que tienden a desgastarse. | 3 | Verificación Visual | 8 | 120 | Limpieza y correcto engrase periódico. | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 4 | Desgaste del sinfín | No transporta correctamente el grano de arroz, rompiéndolo en ocasiones por la presencia de exceso de partículas de polvillo | 4 | Carga de trabajo y excesiva presencia de polvillo que raspa el acero y a largo plazo desgasta y agrieta el sinfín | 2 | Verificación Visual | 8 | 64 | Limpieza periódica y cambio del sinfín antes de ser roto totalmente, evitando el flujo de material de acero en las siguientes etapas | 2 | 2 | 4 | 16 |
| Lustradora | Dar brillo al grano de arroz | 1 | Desgaste de escobillas | Al tomarse una muestra del flujo de grano lustrado, se observa que no se está dando correctamente el lustrado al grano de arroz de manera que genera un exceso en los subproductos al momento de ser seleccionado en las siguientes etapas | 4 | Desgaste de las escobillas por haber superado el límite de la cantidad de arroz del que es capaz brindar brillo. | 6 | Verificación Visual | 8 | 192 | Cambio periódico de las escobillas, evitando la presencia de material abrasivo perjudicial para las siguiente etapas | 2 | 3 | 4 | 24 |

| EQUIPO O MÁQUINA | FUNCION | MODO DE FALLA | | EFECTO DE FALLA | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | DISEÑO DE CONTROLES | Detección | NPR | ACCIÓN RECOMENDADA | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR |
|------------------|--|---------------|--|--|-----------|--|------------|---------------------|-----------|-----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Desgaste de rodajes | Se percibe un ruido a modo de pequeños golpes, seguidamente aumenta la temperatura del rodaje y de la chumacera, el motor aumenta de amperaje a causa del mayor esfuerzo que debe de realizar por lo que su temperatura también aumenta. | 5 | Carga de trabajo y, falta de limpieza y engrase periódica a los rodajes que tienden a desgastarse. | 4 | Verificación Visual | 8 | 160 | Limpieza y correcto engrase periódico. | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 3 | Desajuste de los frenos del Tambor | Desajuste de los frenos causa que el tambor se eleve y golpee contra su recubrimiento y alarma a los operarios | 4 | Exceso de vibraciones al punto de que mueve todo el cilindro lustrador y no lustra correctamente el arroz pulido | 3 | Verificación Visual | 8 | 96 | Ajuste periódico de los frenos del tambor | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 4 | Desgaste de faja | Disminuye del movimiento vibratorio de la lustradora, por ende no se da un correcto lustrado del arroz pulido | 4 | Desajuste de los frenos causa la elevación del eje del cilindro, por tanto la faja pierde tensión | 3 | Verificación Visual | 8 | 96 | Tensión y ajuste periódica de la faja | 2 | 2 | 4 | 16 |
| Zaranda | Separar el arroz entero del arroz mixto | 1 | Desgaste de rodajes | Se percibe un ruido a modo de pequeños golpes, seguidamente aumenta la temperatura del rodaje y de la chumacera, el motor aumenta de amperaje a causa del mayor esfuerzo que debe de realizar por lo que su temperatura también aumenta. | 5 | Carga de trabajo y, falta de limpieza y engrase periódica a los rodajes que tienden a desgastarse. | 3 | Verificación Visual | 8 | 120 | Limpieza y correcto engrase periódico. | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 2 | Desgaste de Fajas | Disminuye del movimiento vibratorio de la Zaranda, por ende no se da una correcta separación del arroz entero y el arroz mixto | 4 | Las vibraciones son muy intensas al punto de que existen ruidos entre la plancha y los pilares que la sostienen | 5 | Verificación Visual | 8 | 160 | Ajuste periódico de las fajas de transmisión | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | | 3 | Rotura de perno de la malla | ocasiona el desprendimiento de la plancha, causando de esta manera que haya una Descalibración al momento de separar correctamente el arroz entero del arroz mixto | 6 | Falta de ajuste periódico de los pernos de la malla. Las vibraciones causan el desajuste. | 3 | Verificación Visual | 8 | 144 | Ajuste periódico de los pernos, evitando las vibraciones y posibles desastres | 3 | 2 | 4 | 24 |
| Clasificador | Separar el arroz mixto en entero, 3/4, 1/2 | 1 | Atasque de paso de grano en las mallas | El exceso de cutícula en el grano de arroz descascarado crea una especie de cerilla en las mallas, disminuyendo el flujo de separación del arroz mixto | 4 | Carga de trabajo y Falta de limpieza | 3 | Verificación Visual | 8 | 96 | Limpieza periódica de las mallas de los distintos niveles | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | 2 | Desgaste de faja | Disminuye el movimiento vibratorio, por ende no se da una correcta separación del arroz mixto. | 4 | Carga de trabajo y tensión inapropiada | 3 | Verificación Visual | 8 | 96 | Tensión y ajuste periódica de la faja | 3 | 2 | 4 | 24 |

| EQUIPO O MÁQUINA | FUNCION | MODO DE FALLA | | EFECTO DE FALLA | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | DISEÑO DE CONTROLES | Detección | NPR | ACCIÓN RECOMENDADA | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR |
|------------------------|---|---------------|------------------------|---|-----------|---|------------|--------------------------|-----------|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Deterioro de malla | La mala separación genera un exceso en el flujo de los subproductos afectando a la productividad | 7 | Carga de trabajo y falta de reemplazo periódico de mallas | 3 | Verificación Visual | 8 | 168 | Cambio periódico de la malla de clasificación | 3 | 2 | 4 | 24 |
| Selectora | Clasifica al arroz por el color | 1 | Eyectores malogrados | El eyector no dispara aire, por lo tanto el flujo disminuye dependiendo del número de eyectores malogrados por cada módulo. | 9 | Rotura de los jebes debido al desgaste que enrollan cada eyector | 3 | Verificación electrónica | 10 | 270 | Verificación y test periódico de los eyectores | 5 | 2 | 4 | 40 |
| | | 2 | Lámparas quemadas | La selectora no separa de manera correcta, ya que se necesita de la luz para poder identificar y separar el arroz tiza o manchado. Al quemarse una lámpara envía una alarma en forma de sonido emitida por la selectora | 9 | Las lámparas se funden cada cierto periodo porque ya cumplieron su tiempo de uso | 2 | Verificación Visual | 10 | 180 | Cambio periódico de lámparas | 5 | 2 | 4 | 40 |
| | | 3 | Tarjeta quemada | El sistema de selección se apaga al momento de quemarse la tarjeta, esto se ve reflejado en el tablero de control al verse la alarma a través del panel de control de la selectora | 9 | La tarjeta se quema por los cambios bruscos de voltaje (subidas y bajadas o corte de luz) | 1 | Verificación Visual | 10 | 90 | Tener al menos 1 o 2 tarjetas en stock para poder ser reemplazadas en caso llegue a quemarse la tarjeta | 5 | 1 | 4 | 20 |
| Elevador de Cangilones | Transporta el arroz entre cada subproceso | 1 | Desalineación de Polea | La desalineación de la polea del eje del elevador, causa el incorrecto transporte del arroz, quebrándolo por las excesivas vibraciones, | 7 | Desajuste de los pernos que sujetan la polea al eje del elevador | 3 | Verificación Visual | 8 | 168 | Ajuste periódico de los pernos de los sujetadores de la polea al eje del elevador | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | 2 | Rotura de faja | El arroz no es transportado a causa de la rotura de la faja, sin embargo el eje del motor sigue oscilando | 6 | El atascamiento del arroz en los cangilones no permite que el eje del elevador de cangilones siga su curso, por lo tanto la faja de transmisión es rota a causa del sobrecalentamiento por el eje del motor | 3 | Verificación Visual | 8 | 144 | inspección periódico en la base de los elevadores para verificar la existencia de arroz y evitar el atascamiento | 3 | 2 | 4 | 24 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.1.13. ANÁLISIS DE NPR

Luego de haber realizado el análisis (AMEF), se determinará la criticidad por máquina en base a los NPR que se hallaron:

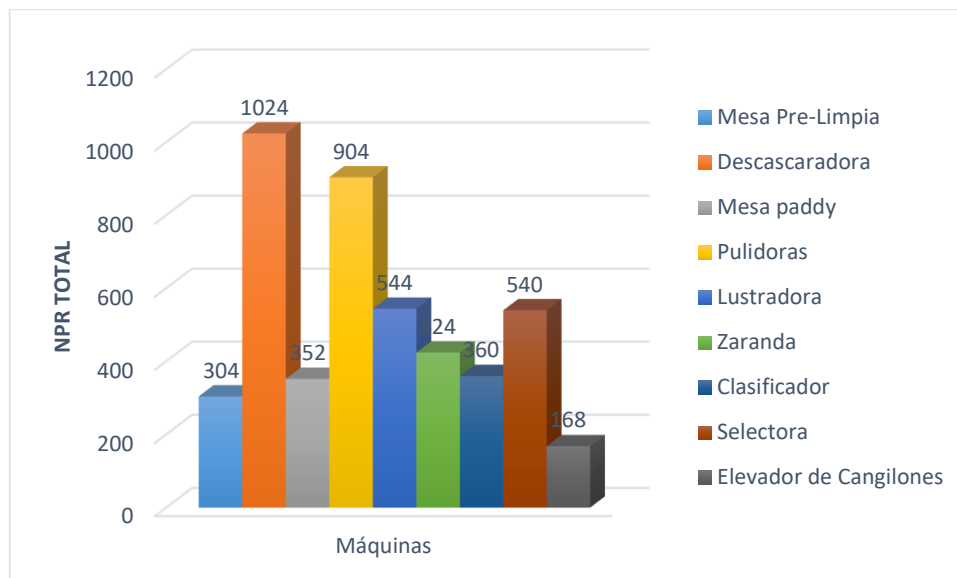


Figura N° 40. NPR Total por Máquina del proceso de pilado de arroz.

Recordando que el NPR es la prioridad del riesgo, y mide que prioridad deberá dársele a cada máquina, dependiendo del valor de su severidad, ocurrencia y probabilidad de detección.

La máquina que presenta una mayor criticidad es la Descascaradora, si observamos en la tabla AMEF de su análisis, veremos que su criticidad radica en su frecuencia de falla ocurrente, y que sus fallas poseen una severidad y detección importante.

La segunda máquina con mayor NPR o criticidad es la Pulidora. Esta máquina que en orden de proceso es la consecuente a la Descascaradora, su criticidad radica de mayor manera en la detección debido a que las fallas potenciales determinadas, se dificulta encontrarlas, y no se determinan con una inspección sencilla, de manera que requiere un mayor trabajo para ser encontradas. Además la severidad de sus fallas, aumentan su criticidad.

Como se observa las máquinas que también tienen una alta criticidad, son la Lustradora y la Selectora. La Lustradora presenta una ocurrencia y severidad moderada de sus fallas, sin embargo su detección es remota ya que es alta la dificultad de detectar las causas potenciales de las fallas.

Por otro lado, la Selectora presenta una incertidumbre en su detección ya que no se puede detectar una causa potencial en sus fallas, además de presentar una severidad peligrosa en sus fallas pero con una ocurrencia muy baja.

Con esto podemos determinar que pese a que estos cuatro tipos de máquinas de carácter relevante para el proceso presentan una alta valorización de NPR o criticidad, la situación de la criticidad de las máquinas en el pilado de arroz no es tan alarmante, y también luego del análisis, estas máquinas no presentan una gran complejidad en sus funcionamientos.

3.2. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

3.2.1. FILOSOFÍA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Para definir la correcta estructuración de este departamento de mantenimiento, se debe considerar que los colaboradores pertenecientes a este deben seguir una filosofía de mantenimiento, de manera que todos los trabajos de mantenimiento sean realizados correctamente y que reflejen los resultados previstos en el plan de mantenimiento aplicado. A continuación se presentan la estructuración del departamento de mantenimiento:

En primer lugar, la filosofía de mantenimiento. Se ha elaborado una filosofía que pueda describir la razón del mantenimiento del departamento que engloba conceptos de mantenimiento, como su enfoque a la mejora continua. La filosofía es la siguiente:

“Somos el departamento que brinda la total confiabilidad de las operaciones de los equipos de producción y el buen estado operativo de estos, evitando fallas o averías imprevistas, y haciendo que el trabajo de mantenimiento sea realizado correctamente en los periodos planificados”

Como se observa, la filosofía describe lo que quiere cumplir el departamento de mantenimiento, siendo la confiabilidad de las operaciones de la maquinaria el punto más importante. Teniendo como base dicha filosofía, departamento se desempeñará de una manera adecuada al momento de desarrollar lo planificado.

3.2.2. POLÍTICAS Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

El planteamiento de políticas en el departamento de mantenimiento es necesario para orientar toda actividad, así mismo, el cumplimiento de estas servirá para alcanzar los objetivos planificados.

Los objetivos son aquellos que identifican la finalidad hacia la cual deben dirigirse los recursos y esfuerzos para obtener resultados deseados. Es por ello, que el establecer objetivos es esencial para la empresa, además de que servirán como fuente de motivación para los miembros del departamento.

Como se establece previamente los objetivos se dividirán en principal y específicos:

A) OBJETIVO PRINCIPAL

Mantener la maquinaria operativa y las instalaciones en el mejor estado posible durante el horario de producción para evitar el retraso de ésta, preservando así la vida útil de los mismos.

B) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar periódicamente a través del análisis de los modos y efectos de fallas, las diferentes causas potenciales que las originan.
2. Cumplir con el plan de mantenimiento estipulado por el Jefe de Mantenimiento.
3. Planificar de forma conveniente y efectiva el proceso de mantenimiento.
4. Proporcionar servicios de limpieza planificada en las distintas instalaciones.
5. Determinar de manera correcta los bienes e insumos requeridos para desempeñar la labor de mantenimiento.
6. Evaluar sistemáticamente el proceso de mantenimiento con los indicadores establecidos.
7. Controlar eficientemente los recursos utilizados para el proceso de mantenimiento.

Se proponen siete objetivos específicos con el fin de lograr el objetivo general.

- ✓ El primer objetivo radica en un concepto del mantenimiento preventivo, de mejora continua, que consiste en buscar las causas potenciales de las fallas a través de un AMEF y buscar las acciones que se tomarán para disminuir la probabilidad de vuelvan a suceder.
- ✓ El segundo objetivo se establece para marcar una exigencia dentro del departamento, que es el cumplimiento del plan de mantenimiento, de manera que la labor sea más eficiente.
- ✓ El tercer objetivo trata de que la base de un buen mantenimiento preventivo se basa en la correcta aplicación de la planificación, y por ende la programación de tareas.
- ✓ El cuarto objetivo se centra en un servicio necesario tanto para la maquinaria como para las instalaciones, ya que la acumulación de suciedad afecta el buen desempeño de las máquinas, y por efecto causar mayor fricción en los mecanismos de éstas, además toda empresa requiere de puesto de trabajos limpios.
- ✓ El quinto objetivo se estipula con el fin de responder a la organización correcta de insumos, luego de planificar de manera adecuada. Se busca con este objetivo que la designación de los recursos sea la correcta, en base a la planificación previamente estipulada.

- ✓ El sexto objetivo se realiza con la finalidad de mejorar la labor de mantenimiento, que sirve para medir resultados de todo el proceso, al evaluar y medir en base a diferentes indicadores de mantenimiento establecidos.
- ✓ El Séptimo y último objetivo responde a la última variable que es la necesidad de controlar resultados, y la labor realizada por los miembros del departamento, siempre en búsqueda de la eficiencia de este, ya que se busca que los resultados a lo largo del tiempo se mantengan de manera que sean buenos y por ende beneficiosos para la empresa.

Cabe destacar que la propuesta pretende dar las pautas necesarias para que el departamento de mantenimiento logre el desarrollo de los cinco primeros objetivos, y tenga indicios para el desarrollo de los dos últimos.

Por otro lado, las políticas estarán acordes a un buen funcionamiento de un departamento porque su correcta aplicación de éstas servirá para mejorar la interacción por parte de los miembros al momento de realizar sus labores,

C) POLÍTICAS GENERALES:

1. El mantenimiento de la maquinaria y de las instalaciones de la empresa es responsabilidad directa del departamento de mantenimiento.
2. El mantenimiento preventivo deberá ser planificado, de manera que cada máquina sea inspeccionada por lo menos una vez por semana.
3. La planificación del mantenimiento preventivo deberá estar impreso en un formato, dónde se dará a conocer a los responsables: Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento y Gerente General de la empresa.
4. Los desperfectos que ameriten mantenimiento correctivo serán dados a conocer de inmediato al Jefe de Producción y al Gerente General.
5. Las operaciones de mantenimiento correctivo serán consensuadas entre el Jefe de Producción, el Jefe de mantenimiento y el Gerente General, a fines de no obstaculizar, en la medida de lo posible, las labores propias de producción.
6. Es obligación del departamento de mantenimiento, la limpieza y el perfecto estado de la maquinaria y las instalaciones, de manera que garanticen su óptimo funcionamiento.
7. La reparación de la maquinaria, que sea posible su movimiento, se realizará en el área de mantenimiento aislada del área de producción.
8. El personal de mantenimiento estará siempre dispuesto para la reparación de cualquier desperfecto en el área de producción.

Cabe resaltar que ésta política debe ser una cultura en el departamento de la empresa, ya que de nada sirven las políticas si no son comunicadas y comprendidas por todos los miembros del departamento. Comprendidas significa que cada miembro deba ser capaz de describir, con sus propias palabras, de qué manera su trabajo contribuye al cumplimiento de las políticas de la empresa.

3.2.3. JERARQUIZACIÓN ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Un organigrama es una representación gráfica de una organización, empresa u otra entidad. Es un sistema de organización que presenta lo siguiente:

- ✓ La división de funciones
- ✓ Los niveles jerárquicos
- ✓ Las líneas de responsabilidad y autoridad

Por lo tanto, es necesario tener un organigrama en el departamento ya que este debe funcionar de manera organizada para ser conformado como un sistema integral, adecuándose a la carga de trabajo, y pensando en que conforme pasa el tiempo, la carga de mantenimiento crece.

Actualmente los puestos en el departamento de mantenimiento son:

- ✓ Jefe de mantenimiento
- ✓ Asistente de mantenimiento

La propuesta del organigrama lleva consigo la inclusión de nuevos cargos en el departamento, y por ende de nuevos miembros. Se propone el siguiente organigrama:

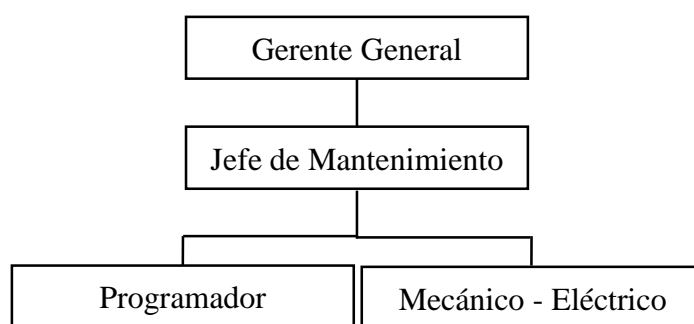


Figura N° 41. Organigrama del departamento de mantenimiento

En este organigrama se destacan una nueva división de funciones, así mismo una nueva línea de responsabilidad en los diferentes cargos de mantenimiento.

Las funciones de cada cargo del departamento de mantenimiento son las siguientes:

A) JEFE DE MANTENIMIENTO

Supervisado por el Gerente General, siendo su jefe inmediato.

a) Funciones principales:

- ✓ Supervisar las labores de mantenimiento en las instalaciones
- ✓ Diseñar el plan de mantenimiento periódico

b) Funciones específicas:

- ✓ Cumplir con el plan de mantenimiento en el periodo planificado.
- ✓ Coordinar y supervisar las labores realizadas por el personal de mantenimiento
- ✓ Llenar órdenes de trabajo y revisar trabajos realizados.
- ✓ Coordinar junto con el Jefe de Producción el horario de las paradas programadas de las máquinas, para el respectivo mantenimiento preventivo.
- ✓ Verificar junto con el programador el estado actual de la maquinaria.
- ✓ Llevar el registro del mantenimiento de cada una de las maquinas en una base de datos.
- ✓ Realizar procedimientos e instrucciones para el mantenimiento preventivo.
- ✓ Realizar los controles de seguridad en las máquinas e instalaciones
- ✓ Reportar en conjunto con el Jefe de Producción las labores de mantenimiento al Gerente General

B) PROGRAMADOR

Supervisado por el Jefe de Mantenimiento, siendo su jefe inmediato.

a) Funciones Principales:

- ✓ Registrar los planes de mantenimiento realizados.
- ✓ Facilitar el desarrollo del plan mantenimiento vigente.

b) Funciones específicas:

- ✓ Supervisar el cumplimiento y efectividad del plan de mantenimiento
- ✓ Reportar directamente al jefe de mantenimiento sobre el cumplimiento del plan de mantenimiento vigente
- ✓ Conocer a detalle los modos y efectos de las fallas existentes, su severidad, ocurrencia y probabilidad de detección.
- ✓ Verificar junto al Jefe de Mantenimiento el estado de la maquinaria.
- ✓ Registrar los reportes de mantenimiento y las órdenes de trabajos.

C) MECÁNICO - ELECTRICISTA

a) Función Principal:

- ✓ Realizar el mantenimiento operativo mecánico de las instalaciones
- ✓ Brindar el mantenimiento necesario a las instalaciones eléctricas.
- ✓ Realizar todo tipo de trabajos de soldadura de las piezas.

b) Funciones específicas:

- ✓ Realizar el mantenimiento correctivo o preventivo de la maquinaria y el sistema eléctrico de la planta.
- ✓ Organizar y realizar las labores previas para el proceso de soldadura.
- ✓ Realizar las órdenes de trabajo entregadas por el Jefe de mantenimiento.
- ✓ Calibrar y lubricar la maquinaria según el periodo establecido.
- ✓ Mantener el área de trabajo ordenado.
- ✓ Supervisar y mantener operativa la iluminación de la empresa.

Con esta propuesta en ésta área, se pretende dar un mayor enfoque a la planificación, al contar con un cargo de Programador que en coordinación con el Jefe de Mantenimiento realizarán con mayor efectividad el plan de mantenimiento planificado por este último.

3.2.4. PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento se establece con el fin de incrementar la confiabilidad de la maquinaria, y así mismo reducir las utilidades no percibidas que se generan por las paradas de producción.

En la **Tabla N° 43** se describe las actividades de mantenimiento a desarrollar, los materiales y herramientas para el desarrollo de estas, el periodo en la que se deben realizar, el personal que va a efectuar el trabajo, condición de la máquina, y el tiempo de dichas actividades.

Las observaciones se deben tomar en cuenta cada vez que se realiza una actividad, ya que contiene recomendaciones para que el personal sepa que debe hacer bien su trabajo por el bien de la empresa.

A) PARA LAS ACTIVIDADES

Se ha considerado la utilización de las acciones tomadas descritas en el AMEF. Además, se tuvo en cuenta las sugerencias de los operarios por el hecho de tener más contacto con la maquinaria.

B) PARA EL PERIODO

Se calculó el tiempo medio entre falla (MTBF) de la maquinaria para saber cuándo aproximadamente ocurriría la siguiente falla y así poder establecer el periodo de mantenimiento de manera que contrarreste la falla antes que ocurra. **(Ver Tabla N° 30)**

Además, Se ha calculado el tiempo medio para reparar (MTTR) de la máquina para saber cuánto es lo que dura aproximadamente la reparación. **(Ver Tabla N° 30)**

C) PERSONAL RESPONSABLE

Se ha tenido en cuenta las operaciones a realizar, es decir si la actividad demanda parte del soldador o del mecánico-electricista. Además, este personal experimentado interviene de manera que cumpla con los tiempos que se establecerán en el plan de mantenimiento con respecto a las labores de mantenimiento en cada máquina o instalación.

3.2.5. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

El Cronograma de mantenimiento es una herramienta que facilita realizar de una manera planificada y organizada las labores de revisión e intervención de la maquinaria, de manera que las acciones de mantenimiento se den en los tiempos establecidos, reduciendo así los posibles desperfectos que afecten a la producción.

En la **Tabla N° 43** se describen las actividades que deberán ser realizadas respecto al periodo establecido en el plan de mantenimiento **(Ver Tabla N° 42)**. Se ha empleado colores para distinguir el periodo de las actividades, para que se pueda apreciar de mejor manera el periodo en el que se va a dar las tareas del plan de mantenimiento.

Tabla N° 42. Plan de Actividades de Mantenimiento

| PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA EN EL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------|--|----------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|--|
| Equipo | Actividad | Trabajo a realizar | Materiales | Herramientas | Periodo | Personal | Condición de máquina | Tiempo aproximado de trabajo | Observaciones |
| Mesa Pre Limpia | Lubricación a los tensores anteriores y posteriores | Lubricación | Trapo Industrial, Spray Lubricante | Llave 17", Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se retiran los pernos con la llave, se desmonta el tensor y se rocía lubricante en las paredes. Se monta el tensor y se ajusta fuertemente. |
| | Limpieza de la malla metálica | Limpieza | Trapo Industrial, Escobilla industrial | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | La malla o rampa metálica pre-limpia debe estar siempre limpia, ya que las impurezas u otro material abrasivo podría mezclarse con el arroz, pudiendo afectar gravemente el sistema |
| | Ajuste de los pernos de los tensores | Ajuste | Trapo Industrial | Llave 17" | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Los pernos que sujetan los tensores siempre van a necesitar ser ajustados antes de empezar el proceso porque previamente han estado vibrando sin parar 10 horas consecutivas dónde la carga de trabajo influye en el desajuste de estos. |
| | Lubricación de los pernos de la plancha | Lubricación | Trapo Industrial, Grasa SKF | Llave 17", Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se retiran los pernos de la plancha, se rocía el lubricante por todo el cuerpo del perno y se vuelve a montar ajustándolo fuertemente. |
| | Cambio de los tensores anteriores y posteriores | Cambio | Trapo Industrial, Tensores, Spray Lubricante. | Llave 17" | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 150" | Los tensores con el tiempo se desgastarán y en efecto se romperán, sin embargo deben ser cambiados a tiempo porque la rotura de estas piezas puede causar un desalineamiento de las mallas y por ende perjudicar el rendimiento |
| Descascaradora | Limpieza del Distribuidor | Limpieza | Trapo Industrial, Mascarillas y Lentes. | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | El distribuidor debe estar siempre en buena condición porque es de quién depende el flujo planificado, ya que si no está en perfectas condiciones, afectará el rendimiento y por ende la productividad |
| | Engrase de rodamiento | Lubricación | Trapo Industrial, Grasa SKF | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se desmonta el circuito de la Descascaradora para retirar el rodamiento, se engrasan y se vuelve a montar el rodamiento. |
| | Cambio de rodamiento | Cambio | Trapo Industrial, Rodamiento NTN 1215, Grasa SKF | Aire comprimido, Llave 17" | Semestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el rendimiento, y por ende la productividad |
| | Cambio de rodillos con respecto a los 3000 sacos de arroz cascara | Cambio | Trapo Industrial, Rodillos de goma 10" | Llave 24" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Los rodillos tienen un ciclo de vida que varía entre los 2950 y 3020 sacos, por lo tanto debe cambiarse a tiempo y evitar que perjudique el rendimiento y la productividad |
| | Ajuste de los sujetadores del tubo alimentador | Ajuste | Trapo Industrial, Spray Lubricante | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | El tubo alimentador es el responsable de hacer funcionar correctamente el distribuidor es por eso que debe mantenerse en buenas condiciones |

| PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA EN EL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------|---|---------------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|---|
| Equipo | Actividad | Trabajo a realizar | Materiales | Herramientas | Periodo | Personal | Condición de máquina | Tiempo aproximado de trabajo | Observaciones |
| | Tensión de la faja | Ajuste | Trapo Industrial | Llave 24" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 15" | La faja de transmisión debe estar siempre ajustada y tensa de manera que no afecte el desempeño de la máquina y por ende la productividad |
| | Limpieza de faja | Limpieza | Trapo Industrial, Escobilla industrial, Mascarillas y Lentes. | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se retira la faja de transmisión del circuito y con ayuda del trapo se limpia la pared externa, con la escobilla la pared interna, se utiliza aire comprimido para retirar las partículas abrasivas y se vuelve a montar la faja. |
| | Cambio de faja | Cambio | Faja SKF, Trapo Industrial | Aire comprimido | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Se retira la faja desgastada del circuito, se limpia la polea con el trapo industrial, y se monta la nueva faja SKF tensionándola correctamente. |
| | Ajuste periódico de los pernos del portarodillo | Ajuste | Trapo Industrial, Spray Lubricante | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Los pernos del porta rodillo debe estar ajustado correctamente ya que su encaje es opuesto al oscilamiento de los rodillos y por ende con el tiempo se van a desajustar, y en efecto perjudicaría gravemente al sistema. |
| Mesa Paddy | Limpieza de planchas internas | Limpieza | Trapo Industrial, Mascarilla y Lentes | Aire comprimido | Diaria | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Las planchas con el tiempo se agujeran su plataforma por la falta de limpieza, es por eso que deben estar siempre en buen estado para que no afecte el rendimiento y la productividad |
| | soldado de planchas internas | Soldado | Trapo Industrial, Soldadura Electrodo Punto azul o 6011 | Soldador Arco Eléctrico | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 60" | El soldado de las planchas en la mesa paddy deben darse correctamente ya que por lo contrario podría desprenderse y afectaría gravemente la máquina y por ende la productividad |
| Pulidora | Cambio de Botella | Cambio | Trapo Industrial | Destornillador, Aire comprimido | Mensual | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | La botella siempre va a sufrir el desgaste ya que el arroz de por sí es áspero y desgasta las paredes exteriores al momento de funcionamiento por el acto de fricción para el pulido |
| | Cambio de cribas | Cambio | Trapo Industrial | Aire comprimido, Llave 17" | Mensual | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Las cribas se agujeran con el tiempo por el desgaste, es por eso que deben ser cambiadas a tiempo para evitar que se mezclen materiales abrasivos que afectaría gravemente al sistema y por ende la productividad |
| | Engrase de rodamiento | Lubricación | Trapo Industrial, Grasa SKF | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se engrasa el rodamiento de manera que retrase el desgaste y rozamiento de esta. |
| | Cambio de rodamientos | Cambio | Trapo Industrial, Rodamiento NTN 1217, Grasa SKF | Aire comprimido, Llave 17" | Semestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el rendimiento, y por ende la productividad |

| PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA EN EL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------|---|--|------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|--|
| Equipo | Actividad | Trabajo a realizar | Materiales | Herramientas | Periodo | Personal | Condición de máquina | Tiempo aproximado de trabajo | Observaciones |
| | Cambio del sinfín | Cambio | Trapo Industrial, Sinfín de Pulidora | Aire comprimido, Llave 17" y Llave 24" | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | El sinfín debe estar perfectamente alineado para que pueda transportar correctamente el arroz, ya que de lo contrario afectará el desempeño de la máquina y en efecto la productividad |
| | Soldado de sinfines | Soldado | Trapo Industrial, Guantes, Casco Soldador | Soldador Arco Eléctrico | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en operativa | 60" | El soldado de los sinfines debe darse correctamente, ya que servirán como repuestos al momento de querer ser cambiados y no afectar así la productividad. El soldado del sinfín siempre se hace fuera del tiempo de operación ya que se tiene para el momento que se retira el que se está usando. |
| | Soldado de Botella | Soldado | Trapo Industrial, Guantes, Casco Soldador | Soldador Arco Eléctrico | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en operativa | 60" | El soldado de la botella darse correctamente, ya que servirán como repuestos al momento de querer ser cambiados y no afectar así la productividad. El soldado de la botella siempre se hace fuera del tiempo de operación ya que se tiene para el momento que se retira el que se está usando. |
| Lustradora | Cambio de las escobillas | Cambio | Trapo Industrial, Guantes, Visor, Manta de Escobillas de Tambor | Aire comprimido, Llave 24" | Mensual | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 150" | Las escobillas se van desprendiendo por el desgaste, es por ello que se deben cambiar a tiempo para que no se mezclen con el arroz y afecte el rendimiento y productividad |
| | Engrase de rodamiento | Lubricación | Trapo Industrial, Grasa SKF | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se engrasa el rodamiento de manera que retrase el desgaste y rozamiento de esta. |
| | Cambio de rodamientos | Cambio | Trapo Industrial, Rodamiento NTN 1222, Grasa SKF | Aire comprimido, Llave 17" | Semestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 150" | Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el flujo y rendimiento del arroz pulido |
| | Ajuste de los frenos del tambor | Ajuste | Trapo Industrial, Guantes, Visor | Aire comprimido, Llave 24" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Los frenos que sujetan el tambor de la lustradora deben ajustarse constantemente, de lo contrario el eje vertical del tambor se elevará y afectará el desempeño |
| | Limpieza de faja | Limpieza | Trapo Industrial, Escobilla industrial | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se retira la faja de transmisión del circuito y con ayuda del trapo se limpia la pared externa, con la escobilla la pared interna, se utiliza aire comprimido para retirar las partículas abrasivas y se vuelve a montar la faja. |
| | Tensión de la faja | Ajuste | Trapo Industrial | Llave 24" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | La faja de transmisión debe estar siempre ajustada y tensa de manera que no afecte el desempeño de la máquina |
| | Cambio de faja | Cambio | Faja SKF, Trapo Industrial | Aire comprimido | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 150" | Se retira la faja desgastada de la polea, se limpia la polea con el trapo industrial, y se monta la nueva faja SKF tensionándola correctamente. |

| PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA EN EL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------|--|--|------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|---|
| Equipo | Actividad | Trabajo a realizar | Materiales | Herramientas | Periodo | Personal | Condición de máquina | Tiempo aproximado de trabajo | Observaciones |
| Zaranda | Limpieza de la malla metálica | Limpieza | Trapo Industrial, Escobilla industrial, Spray Lubricante | Aire comprimido | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | La malla de la zaranda es la más grande de todas, es por ello que es la que más debe ser cuidada por el hecho de que si estuviera agujerada afectaría gravemente el sistema y la productividad |
| | Engrase de rodamiento | Lubricación | Trapo Industrial, Grasa SKF | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se engrasa el rodamiento de manera que retrase el desgaste y rozamiento de esta. |
| | Cambio de rodamientos | Cambio | Trapo Industrial, Rodamiento NTN 1715, Grasa SKF | Aire comprimido, Llave 17" | Semestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 150" | Los rodamientos al desgastarse afectan el desempeño de la máquina, el rendimiento, y por ende la productividad |
| | Limpieza de faja | Limpieza | Trapo Industrial, Escobilla industrial | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se retira la faja de transmisión del circuito y con ayuda del trapo se limpia la pared externa, con la escobilla la pared interna, se utiliza aire comprimido para retirar las partículas abrasivas y se vuelve a montar la faja. |
| | Tensión de la faja | Ajuste | Trapo Industrial | Llave 24" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | La faja de transmisión debe estar siempre ajustada y tensa de manera que no afecte el desempeño de la máquina y por ende la productividad |
| | Cambio de faja | Cambio | Faja SKF, Trapo Industrial | Aire comprimido | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 150" | Se retira la faja desgastada de la polea, se limpia la polea con el trapo industrial, y se monta la nueva faja SKF tensionándola correctamente. |
| | Ajustes de los pernos de la malla | Ajuste | Trapo Industrial | Llave 17" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Los pernos de la malla debe estar ajustado correctamente ya que las excesivas vibraciones con el tiempo desajustan a los pernos y en efecto desalinearían la plancha o malla metálica |
| Clasificador | Limpieza de las mallas de los distintos niveles | Limpieza | Trapo Industria, Escobilla Industrial, Spray Lubricante | Aire comprimido | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Las mallas deben estar correctamente puestas para que puedan existir un correcto flujo y clasificación del arroz mixto y arroz entero |
| | Limpieza de faja | Limpieza | Trapo Industrial, Escobilla industrial | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Se retira la faja de transmisión del circuito y con ayuda del trapo se limpia la pared externa, con la escobilla la pared interna, se utiliza aire comprimido para retirar las partículas abrasivas y se vuelve a montar la faja. |
| | Tensión de la faja | Ajuste | Trapo Industrial | Llave 24" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | La faja de transmisión debe estar siempre ajustada y tensa de manera que no afecte el desempeño de la máquina y por ende la productividad |
| | Cambio de faja | Cambio | Faja SKF, Trapo Industrial | Aire comprimido | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Se retira la faja desgastada de la polea, se limpia la polea con el trapo industrial, y se monta la nueva faja SKF tensionándola correctamente. |
| | Cambio de la malla de clasificación | Cambio | Escobilla Industrial, Guantes, Malla de clasificación, | Aire comprimido, Martillo, clavos 1/8" | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Las mallas con el tiempo se agujeran por el desgaste, es por eso que la malla debería cambiarse correctamente para no afectar la productividad |

| PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA EN EL MOLINO EL CHAMESINO S.A.C. | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------|---|--|------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|---|
| Equipo | Actividad | Trabajo a realizar | Materiales | Herramientas | Periodo | Personal | Condición de máquina | Tiempo aproximado de trabajo | Observaciones |
| Selectora | Limpieza de las rampas metálicas de selección | Limpieza | Trapo Industrial | Aire comprimido, Aspiradora Industrial | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Las rampas o mallas metálicas de la selectora con el tiempo llegan a acumularse gran cantidad de cerilla del arroz que se queda pegado en las paredes de las rampas, es por eso que deben mantenerse en buen estado |
| | Verificación y test periódico de los eyectores | Inspección | Trapo Industrial, Spray Eléctrico | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina operativa | 30" | La verificación de los eyectores es muy importante ya que si algún módulo tiene un eyector que no responde al test de eyectores que se hace en el panel del módulo central, no puede encenderse la máquina |
| | Cambio de eyectores | Cambio | Trapo Industrial, Daewon Color Sorter Ejector | Aire Comprimido | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Los eyectores son piezas que si no se cuidan se malograrán fácilmente, es por ello que debe mantenerse siempre limpio |
| | Cambio de lámparas | Cambio | Trapo Industrial, Lámpara LED, Spray Eléctrico | Aire comprimido | Semestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Las lámparas azules son los responsables de clasificar el arroz descartado, ya que de contrario el arroz entero se mezclaría, y así no afectar la productividad |
| | Cambio de tarjeta del módulo | Cambio | Trapo Industrial, Tarjeta de selectora, Spray Eléctrico | Aire comprimido | Anual | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 180" | Los pines de cada tarjeta de los módulos necesitan reestructurarse por la corrosión que puede existir por la humedad en el ambiente |
| Elevador de cangilones | Ajuste de los pernos de los sujetadores de la polea al eje del elevador | Ajuste | Trabajo Industrial, Spray Lubricante | Llave 17", Llave 14" | Semanal | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Los pernos de la malla debe estar ajustado correctamente ya que las excesivas vibraciones con el tiempo desajustan a los pernos y en efecto desalinearían la plancha o malla metálica |
| | inspección en la base de los elevadores para verificar la existencia de arroz | Inspección | Trapo Industrial | Aire comprimido | Diario | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 30" | Esta inspección es primordial previo al encendido de las máquinas, ya que se evita un atascamiento y por efecto un fallo de gran severidad en el sistema |
| | Cambio de faja | Cambio | Faja SKF, Trapo Industrial | Aire comprimido | Trimestral | Mecánico-Electricista | Máquina en parada | 120" | Se limpia la polea con el trapo industrial, y se monta la nueva faja SKF tensionándola correctamente con el eje del motor. |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.2.6. PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO

Este procedimiento se enfoca en el cronograma de mantenimiento, en el cual establece las frecuencias de Limpieza, inspección, cambio y soldado de la maquinaria. Dichas actividades concretas buscan mejorar la confiabilidad de los equipos, tratando de evitar fallas repentinas que afectan a la productividad de la empresa.

Las actividades del cronograma de mantenimiento son planeadas por el Jefe de mantenimiento, quien se encarga de valorar el desempeño y condición de la maquinaria, con el fin de programar con anticipación la mano de obra y los repuestos requeridos para la actividad correspondiente. A su vez el Jefe de Mantenimiento junto con el Jefe de Producción y personal involucrado planean la parada de los equipos de acuerdo a las condiciones productivas de la empresa.

Además, el personal de mantenimiento llevará a cabo el seguimiento del mantenimiento para cada máquina, a través de la documentación y registros involucrados para tener la hoja de vida del activo actualizada. (**Ver anexo 01: FORMATOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**)

A continuación se muestra el diagrama de flujo, en el que se especifica cada una de las etapas durante el procedimiento del plan de mantenimiento, y las personas responsables de cada área.

Tabla N° 44. Diagrama de Flujo del mantenimiento

| Diagrama de Flujo | Descripción de la Actividad | Responsable |
|-------------------|---|--|
| | Revisión y preparación del personal para realizar las actividades del cronograma de mantenimiento | Personal de mantenimiento |
| | Revisión del Plan de Mantenimiento para la asignación de recursos para el desarrollo de la actividad | Jefe de Mantenimiento |
| | Se informa al personal operativo involucrado, las actividades a desarrollar | Jefe de Mantenimiento |
| | Se inicia el mantenimiento supervisado por el Jefe de Mantenimiento (MP) | Personal de Mantenimiento |
| | ¿Se ha detectado alguna otra falla en la máquina? | |
| | Se culmina el mantenimiento | Personal de mantenimiento |
| | Se solicita el mantenimiento y se genera una Orden de Trabajo | Jefe de mantenimiento |
| | ¿El repuesto se encuentra en almacén? | |
| | Se solicitan repuestos al departamento de Logística | Jefe de mantenimiento |
| | El jefe de mantenimiento supervisa el trabajo realizado por el personal | Jefe de Mantenimiento |
| | El área de logística se encarga de buscar el repuesto en la ciudad o realiza una cotización | Jefe de Logística |
| | Al efectuar la compra, el repuesto llega a la empresa y es entregado al Jefe de Mantenimiento para realizar la actividad correctiva | Jefe de logística, Jefe de mantenimiento |
| | Se culmina el mantenimiento | Personal de mantenimiento |
| | Terminado el mantenimiento, se verifican las actividades desarrolladas y el estado final del equipo | Jefe de mantenimiento |
| | Se recopila toda la información con el objetivo de realizar el reporte de mantenimiento correspondiente. | Jefe de Mantenimiento |
| | Registro de falla ocurrida en el software RENOVFREE v4.9 | Programador |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.2.7. PLAN FORMATIVO DE CAPACITACIÓN

Tabla N° 45. Capacitación de Análisis Vibracional

| MÓDULO FORMATIVO DE LA CAPACITACIÓN - TECSUP | | |
|--|---|---|
| Nombre | ANÁLISIS VIBRACIONAL | |
| Duración | 36 horas | |
| Días | Domingo | |
| Fechas | 1° y 2° semana de Marzo y 1° y 2° semana de Octubre | |
| Precio | S/. 1400 | |
| Competencia del módulo | El curso abarca los diferentes aspectos para la utilización de la técnica del análisis vibracional en la implementación del mantenimiento predictivo. | |
| TÉCNICA | CRITERIOS | CONTENIDO |
| El cuidado y monitoreo de la maquinaria rotativa requiere de una adecuada utilización de las diferentes técnicas del mantenimiento predictivo. El análisis de vibraciones permite la presentación de recomendaciones adecuadas y oportunas, necesarias e imprescindibles para la toma de decisiones respecto a la maquinaria rotativa. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar medidas de vibración en ruta y fuera de ruta para efecto de análisis de fallas de maquinaria rotativa. ✓ Diagnosticar los modos de falla de la maquinaria rotativa mediante el análisis de las señales de vibración. ✓ Redactar el informe técnico del análisis vibracional de maquinaria rotativa. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fundamentos de análisis de vibraciones. ✓ Adquisición de la data. ✓ Procesamiento de la señal. Aplicación y Representación. ✓ Normas y estándares de vibración. ✓ Diagnóstico de Maquinaria Industrial por análisis vibracional. ✓ El informe de análisis vibracional. |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 46. Capacitación de Gestión de mantenimiento

| MÓDULO FORMATIVO DE LA CAPACITACIÓN - INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA | | |
|---|---|---|
| Nombre | GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | |
| Duración | 16 horas (4 capacitaciones de 4 horas) | |
| Días | Domingo | |
| Fechas | 1° y 2° semana de Abril y 1° y 2° semana de Noviembre | |
| Precio | S/. 3000 (S/. 750 cada capacitación) | |
| Competencia del módulo | Aplicar la gestión de mantenimiento en la empresa según el área dispuesta. | |
| TÉCNICA | CRITERIOS | CONTENIDO |
| El método de enseñanza busca promover la participación activa del estudiante durante el desarrollo de las sesiones, mediante el desarrollo de trabajos individuales y en grupo, la participación en clase y las discusiones acerca de las lecturas propuestas en cada sesión. Se busca que el participante asimile los conceptos analizando y criticando las lecciones impartidas | El objetivo principal de este curso es desarrollar en el participante una visión moderna sobre la gestión centrada en la creación de valor para el mantenimiento. El curso se orienta hacia la revisión del modelo para la gestión estratégica del mantenimiento y así poder derivar de dicho modelo sistemas efectivos de dirección. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión de conceptos de mantenimiento y conservación industrial. Modelo general de mantenimiento. ✓ Procesos claves y la Auditoria del Mantenimiento ✓ Indicadores de Gestión de Mantenimiento. Mantenimiento – Producción. Modelo OEE. ✓ Análisis de Criticidad. Equipos Críticos. <ul style="list-style-type: none"> • Modelo Lean Manufacturing, Lean Maintenance y el Mantenimiento Productivo Total. TPM ✓ Mantenimiento centrado en Confiabilidad, RCM. ✓ Análisis de Costo de Ciclo de Vida en Mantenimiento y Criterios de reemplazo de equipos ✓ Logística para el Mantenimiento ✓ La Gestión de Activos y la Norma PAS 55 / ISO 55 000 ✓ La Seguridad en el mantenimiento. |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Tabla N° 47. Capacitación de Electricidad

| MÓDULO FORMATIVO DE LA CAPACITACIÓN - SENATI | | |
|---|--|--|
| Nombre | ELECTRICIDAD INDUSTRIAL | |
| Duración | 16 horas (4 capacitaciones de 4 horas) | |
| Días | Domingo | |
| Fechas | 1° y 2° semana de Mayo y 1° y 2° semana de Diciembre | |
| Precio | S/. 3000 (S/. 750 cada capacitación) | |
| Competencia del módulo | Aplicar conocimientos prácticos de electricidad en la empresa según el área dispuesta. | |
| TÉCNICA | CRITERIOS | CONTENIDO |
| El método de enseñanza busca la participación activa del estudiante mediante el desarrollo de trabajos individuales y grupales en un balance entre lo teórico y lo práctico | El objetivo principal de este curso es desarrollar habilidades y dominio en la electricidad para poder realizar los mantenimientos relacionados con esto en la práctica. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dimensionamiento de componentes y tableros eléctricos. ✓ Fundamentos de motores eléctricos de 6 bornes - 12 bornes ✓ Reconocimiento y armado/desarmado de motores jaula de ardilla ✓ Tipos de arranques de motores eléctricos, cableados y esquemáticos. ✓ Reconocimiento y detección de fallas en el arranque de motores eléctricos ✓ Reducción de la corriente de arranque en motores trifásicos y arranque estrella – triángulo ✓ Corrección de factor de potencia en la industria ✓ Esquemas industriales de bombas en secuencia y bombas alternadas ✓ Diseño y ejemplos de secuencias y procesos industriales ✓ Ejemplos de diseño y eficiencia en las soluciones de procesos industriales |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.2.8. INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

El objetivo de este plan es lograr incrementar la productividad al mantener la producción por hora esperada que logró alcanzar la empresa pocas veces por no decir casi nunca, ya que fue alcanzada en días donde las máquinas se encontraban en su mejor condición de trabajo.

Para el cálculo de la productividad se ha tomado como referencia los 12 meses de diagnóstico:

$$P = \text{Días Laborables} * \text{Horas de producción al día} * \text{Producción por hora esperada}$$

$$P = 313 \text{ días} * 10 \text{ hora/día} * 68 \text{ sacos/ hora}$$

$$P = 212\ 840 \text{ sacos/año}$$

A) LA NUEVA PRODUCTIVIDAD EN RELACIÓN AL TIEMPO

En la Tabla N° 48 se observa la nueva productividad teniendo en cuenta la producción mensual de sacos de arroz de 50 Kg y las horas de producción las cuáles siempre estarán operativas gracias al plan de mantenimiento preventivo, ya que el mantenimiento se realiza fuera de las horas de operación.

La productividad incrementó en un 56 %, sin embargo puede variar sea el caso si es que la empresa necesita producir aún más por alguna orden requerida por algún cliente.

Tabla N° 48. Nueva Productividad por hora en el periodo Setiembre 2017 – Agosto 2018

| MES | PRODUCCIÓN (SACOS DE ARROZ DE 50 KG) | HORAS DE PRODUCCIÓN | PRODUCTIVIDAD (SACOS/HORA) |
|-----------|---|------------------------|-------------------------------|
| Setiembre | 17 680 | 260 | 68 |
| Octubre | 17 680 | 260 | 68 |
| Noviembre | 17 680 | 260 | 68 |
| Diciembre | 18 360 | 270 | 68 |
| Enero | 17 680 | 260 | 68 |
| Febrero | 16 320 | 240 | 68 |
| Marzo | 18 360 | 270 | 68 |
| Abril | 17 000 | 250 | 68 |
| Mayo | 18 360 | 270 | 68 |
| Junio | 17 680 | 260 | 68 |
| Julio | 17 680 | 260 | 68 |
| Agosto | 18 360 | 270 | 68 |
| | 212 840 | 3130 | 68 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

B) NUEVOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Si bien sabemos que el objetivo del plan es obtener “Cero Fallas o Averías”, esto se traduce en indicadores de la siguiente manera: se obtiene un confiabilidad del 98 %, una mantenibilidad se reduce en 20 %, y la disponibilidad obtenida es de 98%.

3.3. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA

3.3.1. COSTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Puesto que no se debe dejar pasar desapercibido el costo de la inversión que implica el plan de mantenimiento preventivo para el proceso de mantenimiento, a continuación se explayará todos los costos implicados en esta investigación.

Tabla N° 49. Costo Anual de Repuestos y Materiales

| MÁQUINA | REPUESTO/MATERIAL | PRECIO | CANTIDAD | PRECIO TOTAL |
|------------------------|--------------------------------------|--------|----------|--------------|
| Mesa Pre Limpia | Tensores | 20 | 4 | 80 |
| | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Escobilla Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Spray Lubricante 3M -08878 | 45,5 | 2 | 91 |
| | Grasa SKF | 20 | 2 | 40 |
| Descascaradora | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Rodamiento NTN 1217 | 35 | 4 | 140 |
| | Rodillos de goma 10" SATECOL | 28 | 48 | 1 344 |
| | Faja de transmisión SKF | 25 | 4 | 100 |
| | Grasa SKF | 20 | 2 | 40 |
| | Spray Lubricante 3M -08878 | 45,5 | 2 | 91 |
| Mesa Paddy | Planchas de Separación | 45 | 4 | 180 |
| | Electrodo Punto Azul 6011 | 13,9 | 1 | 13,9 |
| Pulidora | Cribas de Pulidora | 20 | 12 | 240 |
| | Botella de Pulidora | 25 | 4 | 100 |
| | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Rodamiento NTN 1517 | 38 | 4 | 152 |
| | Grasa SKF | 20 | 2 | 40 |
| | Sinfín | 15 | 4 | 60 |
| | Electrodo Punto Azul 6011 | 13,9 | 1 | 13,9 |
| Lustradora | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Manta de escobillas de Tambor | 50 | 12 | 600 |
| | Rodamiento NTN 1724 | 45 | 4 | 180 |
| | Faja de transmisión SKF | 25 | 4 | 100 |
| | Grasa SKF | 20 | 2 | 40 |
| Zaranda | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Escobilla Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Spray Lubricante 3M -08878 | 45,5 | 2 | 91 |
| | Faja de transmisión SKF | 25 | 4 | 100 |
| | Grasa SKF | 20 | 2 | 40 |
| Clasificador | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Escobilla Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Spray Lubricante 3M -08878 | 45,5 | 2 | 91 |
| | Faja de transmisión SKF | 25 | 4 | 100 |
| | Malla discernidora | 18 | 12 | 216 |
| Selectora | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Spray Eléctrico VISTONY | 17 | 2 | 34 |
| | Eyector clasificador de color DAEWON | 150 | 4 | 600 |
| | Lámpara LED | 90 | 1 | 90 |
| | Tarjeta de Módulo - DAEWON GSI | 525 | 1 | 525 |
| Elevador de Cangilones | Trapo Industrial | 5 | 10 | 50 |
| | Faja de transmisión SKF | 25 | 44 | 1 100 |
| | Spray Lubricante 3M -08878 | 45.5 | 2 | 91 |
| TOTAL | | | | 7 273,8 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

La Tabla Anterior muestra los costos anuales de repuestos y materiales para el mantenimiento de las máquinas con respecto al plan propuesto, los datos son brindados por la empresa según las actividades a realizar en el plan de mantenimiento. Teniendo como resultado un costo de s/. 7 273,8

Tabla N° 50. Costo Anual de Mano de Obra

| Cargo | Salario Anual (s/.) | Horas Extras Anual (s/.) | Capacitación Anual (s/.) | Total (s/.) |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Jefe de Mantenimiento | 14 400 | 13 500 | 4 400 | 32 300 |
| Programador | 10 800 | - | - | 10 800 |
| Mecánico Electricista | 10 800 | 9 000 | 3 000 | 22 800 |
| Total | - | - | - | 65 900 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

En la Tabla Anterior se muestra el costo anual de mano de obra con respecto al plan de mantenimiento propuesto. El costo de las capacitaciones varía con respecto al cargo, ya que el tipo de capacitación no es el mismo (gestión de mantenimiento, electricidad y análisis vibracional). Las horas extras representa el tiempo total por cada cargo con respecto al cronograma de mantenimiento, ya que las actividades de mantenimiento se realizarán fuera del horario de producción debido a que es viable pagar horas extras a perder horas de producción.

Tabla N° 51. Costo de Ejecución del Plan de Mantenimiento

| Descripción | Precio (s/.) | Cantidad | Total (s/.) |
|---|--------------|----------|-------------|
| Archivador para formatos de mantenimiento | 30 | 2 | 60 |
| Útiles de Oficina | - | - | 100 |
| Impresión de formatos para la ejecución del plan de mantenimiento | - | - | 100 |
| Papel bond A4 | 15 | 10 | 150 |
| Total | - | - | 410 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

En la Tabla Anterior se observa el costo de ejecución del Plan de mantenimiento, este cuadro tiene en cuenta los archivadores para los formatos de mantenimiento, se consideraron 2 archivadores porque existen tanto Ordenes de trabajo como Reportes de Mantenimiento. Además, se tiene en cuenta los útiles de oficina (lapiceros, correctores, etc.), la impresión de los formatos y las resinas de hojas bond. Resultando un total de s/. 410.

En la siguiente tabla se muestra el costo total del plan de mantenimiento, de manera que el total final es de s/. 73 583,8.

Tabla N° 52. Costo Total del plan de mantenimiento

| Costo | Total(s/.) |
|------------------------|------------|
| Repuestos y Materiales | 7 273,8 |
| Mano de Obra | 65 900 |
| Ejecución | 410 |
| Total | 73 583,8 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

3.3.2. CÁLCULO COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el Molino EL CHAMESINO S.A.C., se realizó debido a que la empresa no cuenta con una planificación de mantenimiento en sus equipos y máquinas. El beneficio que se dará es minimizar las horas de mantenimiento no programado por fallas en la maquinaria de la empresa, lo cual mejorará el funcionamiento de éstas, presentando un ahorro de tiempo para la realización eficaz de su desempeño en el proceso de pilado.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{630\,874,33}{73\,583,8}$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = 8,57$$

Lo anterior nos indica que por cada sol que se invierte en el plan de mantenimiento preventivo, el beneficio será de 8,57 soles.

3.3.3. OTROS BENEFICIOS NO CUANTIFICABLES

La propuesta de mantenimiento preventivo genera de por sí más beneficios:

- ✓ Incremento de la satisfacción del cliente interno, pues los involucrados en el área de producción y mantenimiento se encontrarán con una maquinaria en las mejores condiciones.
- ✓ Incremento del tiempo de vida útil de la maquinaria
- ✓ Reducción casi a su totalidad de los mantenimientos correctivos, ya que siempre puede que ocurra uno que otro en un año ya sea por parte del sistema eléctrico o mecánico.

IV. CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo al diagnóstico realizado. el departamento de mantenimiento trabaja sin directrices concretas, lo que no le permite tener una orientación más definida de su labor. Se determinó que la cantidad de fallas de las máquinas de la línea de producción, son de 161 fallas equivalentes a 459,08 horas, destacando que las máquinas críticas del proceso a través del Análisis de Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Falla son: La Descascaradora y Pulidoras con un tiempo de paro de 101,5 y 63,58 horas respectivamente en el periodo Setiembre 2016 – Agosto 2017. El no contar con un plan de mantenimiento representa un costo de s/. 630 874,33 dónde se incluye el costo de mano de obra, material y repuesto, y las utilidades no percibidas por unidades no procesadas. Se determinaron los indicadores de Productividad, Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad
- ✓ Con el plan de mantenimiento preventivo la productividad se incrementó en 56%, éste propone la inclusión de una filosofía de mantenimiento en el departamento y junto a ello, políticas y objetivos que ayudarán a gestionar de manera correcta el proceso mantenimiento, de manera que el uso de la órdenes de trabajos y los reportes de mantenimiento se elaboren y archiven, y sirvan para la siguiente planificación anual de mantenimiento en base a los nuevos indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad. Se propuso una nueva jerarquización organizacional: Jefe mantenimiento, Programador, Mecánico-Electricista, a los cuáles se les impone responsabilidades y funciones para poder cumplir con el plan de actividades del plan de mantenimiento propuesto. Además, se incluyó un nuevo y mejorado proceso de mantenimiento de tal forma que sirva como un instructivo al momento de ocurrida una falla.
- ✓ Finalmente, mediante el análisis costo-beneficio se determinó que con la aplicación de la propuesta de mantenimiento preventivo el costo será de s/. 73 583,8 dónde se incluye los costos de repuestos y materiales, costo de mano de obra y costo de ejecución. El beneficio-costos en términos monetarios representa s/. 8,57 soles de beneficio por cada sol invertido.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ Se propone investigar una gestión de aprovisionamiento para que los repuestos lleguen a tiempo y no haya quiebres de stock, de manera que se cumpla con el plan definido.

VI. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] INEI. 2018. Producción de arroz cáscara – Octubre 2018. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n-10_panorama-economico-departamental-ago2018.pdf
- [2] P. Viveros. 2013. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Chile: Ingeniare.
- [3] G. Moncayo; G. Novoa y A. Saldaña. 2014. Aplicación de la herramienta OEE en el proceso de molienda para el aumento de efectividad de los equipos en la empresa agroindustrial Mecainnova S.A.C. Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- [4] R. Chouhan; K. Manoj y T. Rohit. 2013. Implementing a Preventive Maintenance Planning Model on an Ageing and Deteriorating Production System. India: ISBN.
- [5] A. Kumar. 2012. An Optimal Preventive Maintenance Strategy for Efficient Operation of Boilers in Industry. India: Department of Mechanical Engineering M.A.N.I.T.
- [6] M. Fonseca; U. Holanda; J. Cabral y T. Reyes. 2015. Maintenance management program through the implementation of predictive tools and TPM as a contribution to improving energy efficiency in power plants. Colombia: Dyna.
- [7] S. Duffuaa; A. Raouf y J. Campbell. 2010. Sistemas de mantenimiento. Planificación y control. México: Limusa.
- [8] P. Oliverio. 2012. Gestión de Mantenimiento Moderna del Mantenimiento Industrial. Colombia, Bogotá: Ediciones de la U.
- [9] C. Parra. 2005. Implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un Sistema de Producción. España, Sevilla.
- [10] C. Pérez. 2007. Curso de indicadores de gestión. Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- [11] K. Jiménez y M. Teddy. 2006. Planificación y gestión del mantenimiento industrial. Un enfoque estratégico y operativo. Venezuela: Panapo.
- [12] L. Martínez. 2007. Organización y planificación de sistemas de mantenimiento. Centro de altos estudios gerenciales. Venezuela: Instituto Superior de Investigación y Desarrollo.
- [13] H. Koontz. 2008. Administración: Una Perspectiva Global y Empresarial. México: McGraw-Hill Interamericana.
- [14] F. García. 2013. Dirección y Gestión de la Producción: Una aproximación mediante simulación. México: Alfaomega.
- [15] W. Ramos. 2013. Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una Empresa Courier. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

VII. ANEXOS

**ANEXO 01.
FORMATOS PARA
LAS ACTIVIDADES
DE
MANTENIMIENTO**

| ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO | | | | | | |
|---|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------------------|
| Nº de Orden | Nombre del Equipo o Máquina | | | Día | Mes | Año |
| Descripción general del problema | Prioridad | Urgente | | Normal | | Programada |
| | | Trabajo a realizarse | Inspección técnica | Reparación o sustitución de piezas | Lubricación General | Ajustes y limpieza |
| | Nombre del solicitante | | | | Firma | |
| | Medidas de seguridad | | | | | |
| | Mano de obra | | | Refacciones o piezas | | Herramientas |
| Nombre del Responsable asignado | Puesto o Cargo | Firma | Descripción | Cantidad | Descripción | Cantidad |
| Descripción del trabajo a realizar | | | | | | |
| Elemento(s) a cambiar o reparar | | | | | | |
| Origen o causa de la falla | | | | | | |
| Recibido por | | | Firma | | | |
| Aprobado por | | | Firma | | | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| REPORTE DE MANTENIMIENTO | | Fecha: DD/MM/YYYY | Nº de Reporte | 00001 |
| Nombre del Responsable | | Firma | | |
| Nombre de la máquina o equipo | | Prioridad | | |
| Problema del equipo | | | | |
| Materiales y repuestos utilizados | Materiales y repuestos | | Cantidad | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Hora de inicio | | Hora de Fin | | |
| Observaciones | | | | |
| Recibido por | | Firma | | |
| Aprobado por | | Firma | | |

**ANEXO N°02.
CÁLCULO DEL
COSTO DE
PRODUCCIÓN DE
UN SACO DE
ARROZ**

✓ Recepción de Materia Prima

En la Tabla N°44 se tiene los diferentes costos que intervienen en el proceso de recepción de materia prima desde la compra en la chacra hasta la desestiba en el molino.

Tabla N° 53. Costos del proceso de recepción de Materia Prima en Agosto del año 2017

| | PESO (KG) | COSTO (S./KG) | COSTO TOTAL (S./) |
|--------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| Arroz Cáscara | 35 030 | 1,15 | 40 284,50 |
| Flete | 35 030 | 0.035 | 1 226,05 |
| Pesaje | - | - | 18 |
| Guía | - | - | 30 |
| Comisión Proveedor | 35 030 | 0,0085 | 297,76 |
| Estiba | 35 030 | 0,007 | 245,21 |
| Desestiba | 35 030 | 0,0045 | 157,64 |
| Total | - | - | 42 259,15 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Como objeto de costo se considera el saco de 50 Kg de arroz con una producción de 450 sacos. Por lo tanto, si dividimos el costo total del proceso de recepción de materia prima entre la producción obtenemos el costo por saco.

Tabla N° 54. Costo por saco en la recepción de MP en Agosto del año 2017

| COSTO TOTAL (S./) | PRODUCCIÓN (SACOS) | COSTO POR SACO (S./) |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 42 259,15 | 430 | 98,27 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ Secado de Materia Prima

La empresa tiene un estándar humedad en la materia prima que ingresa al molino. La humedad inicial es de 22% y la humedad final es de 14 %. Entonces:

$$\text{Peso seco} = \text{Peso Húmedo} (100 - H_i\%) / (100 - H_f\%)$$

$$\text{Peso seco} = 35\ 030 (100 - 22\%) / (100 - 14\%)$$

$$\text{Peso seco} = \mathbf{31\ 771,4\ Kg}$$

$$\text{Costo} = \text{s/. } 18,5 \times T$$

$$\text{Cálculo} = \text{s/. } 18,5 \times 35,03\ T$$

$$\text{Costo Total} = \text{s/. } 648,06$$

$$\text{Costo x saco} = \text{s/. } 648,06 / 430 \text{ sacos de arroz}$$

$$\text{Costo x saco en el secado de MP} = \text{s/. } \mathbf{1,51}$$

✓ **Pilado**

Ingresar Arroz seco = 31 771,4 Kg

Costo = s/. 5 x T

Cálculo = 5 x 31,77

Costo Total = s/. 158,86

Costo x saco = s/. 158,86 / 430

Costo x saco en el pilado = s/. 0,37

Del Pilado se obtiene:

Tabla N° 55. Producción obtenida del proceso de pilado

| PRODUCCIÓN | PESO (Kg) | CANTIDAD (sacos) | TOTAL (Kg) |
|--------------|-----------|------------------|---------------|
| Arroz | 50 | 430 | 21 500 |
| Descarte | 49 | 10 | 490 |
| Arrocillo | 49 | 50 | 2 450 |
| Ñelen | 49 | 5 | 245 |
| Polvillo | 30 | 85 | 2550 |
| Total | | | 27 235 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

✓ **Suministros: Costo de los sacos de polipropileno**

En la tabla N° 47 podemos concluir que el costo total de envases es de s/. 795.

Tabla N° 56. Costo Total de sacos de polipropileno en Agosto del año 2017

| PRODUCCIÓN | CANTIDAD (sacos) | PRECIO ENVASE (s/.) | TOTAL (s/.) |
|------------|------------------|---------------------|-------------|
| Arroz | 430 | 1,5 | 645 |
| Descarte | 10 | 1 | 10 |
| Arrocillo | 50 | 1 | 50 |
| Ñelen | 5 | 1 | 5 |
| Polvillo | 85 | 1 | 85 |
| Total | | | 795 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Por lo tanto:

Costo Total de envases = 795

Costo x saco = 795/430

Costo x saco = s/. 1,85

✓ **Venta de subproductos**

En la tabla N° 48 se determinan los ingresos extras por la venta de los subproductos, el cual reduce el costo de producción del saco de arroz de 50 Kg.

Tabla N° 57. Ingreso por ventas de los subproductos en Agosto del año 2017

| PRODUCCIÓN | CANTIDAD (sacos) | PRECIO (/s.) | TOTAL (s/.) |
|-------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| Descarte | 10 | 60 | 600 |
| Arrocillo | 50 | 48 | 2 400 |
| Ñelen | 5 | 45 | 225 |
| Polvillo | 85 | 20 | 1 700 |
| Total | - | - | 4 925 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

Entonces:

Reducción del costo por saco = s/. 4925 / 430 sacos

Reducción del costo por saco = s/. 11,4

En la tabla N° 49 se obtiene un costo total de producción de s/. 90,6. Sin embargo, teniendo en cuenta una cierta variación que pueda existir, se toma como referencia el valor de s/. 91 por saco de arroz de 50 Kg.

Tabla N° 58. Costo total por saco de 50 Kg

| TIPO DE COSTO | COSTO X SACO |
|------------------------------|---------------------|
| Recepción de MP | 98,27 |
| Secado MP | 1,51 |
| Pilado | 0,37 |
| Suministros | 1,85 |
| Reducción del costo por saco | -11,4 |
| Total | 90,6 |

Fuente: Molino EL CHAMESINO S.A.C.

**ANEXO N°03.
EXPLICACIÓN DE
LOS VALORES DEL
ANÁLISIS AMEF**

Tabla N° 59. Explicación de los Valores NPR

| MÁQUINA | FALLA | SEVERIDAD | EXPLICACIÓN | OCURENCIA | EXPLICACIÓN | DETECCIÓN | EXPLICACIÓN |
|-----------------|---|-----------|---|-----------|---|-----------|---|
| Mesa Pre-Limpia | Rotura del tensor | 6 | La mesa pre limpia queda inoperable debido a la rotura del tensor siendo un daño menor porque es algo que no involucra al sistema completamente, solo necesita del reemplazo de este componente. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Atasque de paso de grano en la malla metálica | 4 | La mesa pre limpia sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que las cribas de la malla están cubiertas por impurezas de manera que no pasa el grano. | 2 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es muy baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Rotura de perno de la plancha | 6 | La mesa pre limpia queda inoperable debido a la rotura del perno de la plancha siendo un daño menor porque es algo que no involucra al sistema completamente, solo necesita del reemplazo de este componente. | 2 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es muy baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Descascaradora | Atoramiento en el distribuidor | 4 | La Descascaradora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que el distribuidor se obstruye por la presencia de material particulado abrasivo retenido | 7 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre moderada y alta siendo un problema ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de rodajes | 5 | La Descascaradora queda inoperable, sin embargo no existen daños en el sistema ya que el efecto del desgaste de rodaje solo necesita el cambio de éste y así poder seguir operando correctamente. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de rodillo | 5 | La Descascaradora queda inoperable, sin embargo no existen daños en el sistema ya que el efecto del desgaste del rodillo solo necesita el cambio de éste y así poder seguir operando correctamente. | 8 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es alta siendo un fallo repetitivo impactando la confiabilidad de la máquina | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |

| MÁQUINA | FALLA | SEVERIDAD | EXPLICACIÓN | OCURRENCIA | EXPLICACIÓN | DETECCIÓN | EXPLICACIÓN |
|------------|-----------------------------------|-----------|--|------------|---|-----------|---|
| | Fuga de aire en tubo alimentador | 4 | La Descascaradora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir una fuga en el tubo alimentador la presión que ejerce en los rodillos para el descascarado no es suficiente. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de faja | 4 | La Descascaradora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste de faja la operación del sistema de descascarado es ineficiente | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Rotura de perno del porta rodillo | 7 | La Descascaradora queda inoperable con un daño en su sistema interno debido a la rotura del perno del rodillo el cual sujeta y evita la vibración de este para el correcto descascarado. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Mesa paddy | Rotura de las planchas internas | 9 | La mesa paddy queda inoperable con un gran daño en su sistema debido a la rotura de las planchas internas el cual es alertado de manera que las planchas rotas golpean las paredes del brazo vibratorio. | 4 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema muy poco ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de faja | 4 | La mesa paddy sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste de faja la operación del sistema de separación es ineficiente | 2 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es muy baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Pulidoras | Desgaste de Botella | 5 | La pulidora queda inoperable, sin embargo no existen daños en el sistema ya que el efecto del desgaste de botella solo necesita el cambio de éste y así poder seguir operando correctamente. | 6 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |

| MÁQUINA | FALLA | SEVERIDAD | EXPLICACIÓN | OCURENCIA | EXPLICACIÓN | DETECCIÓN | EXPLICACIÓN |
|------------|------------------------------------|-----------|---|-----------|---|-----------|---|
| | Rotura de cribas | 10 | La pulidora queda inoperable con un gran daño en su sistema debido a la rotura de las cribas el cual es un componente importante para el correcto pulido del grano, el daño no es detectable hasta el punto de ver una alta degradación del rendimiento de arroz pulido | 6 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de rodajes | 5 | La pulidora queda inoperable, sin embargo no existen daños en el sistema ya que el efecto del desgaste de rodaje solo necesita el cambio de éste y así poder seguir operando correctamente. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste del sinfín | 4 | La pulidora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste del sinfín el transporte del grano de arroz no se da correctamente | 2 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es muy baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Lustradora | Desgaste de escobillas | 4 | La Lustradora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste de las escobillas, el lustrado o abillantado del grano no se da correctamente por la ausencia de las cerdas en el tambor. | 6 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es moderada siendo un problema ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de rodajes | 5 | La Lustradora queda inoperable, sin embargo no existen daños en el sistema ya que el efecto del desgaste de rodaje solo necesita el cambio de éste y así poder seguir operando correctamente. | 4 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema muy poco ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desajuste de los frenos del Tambor | 4 | La Lustradora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desajuste de los frenos del tambor se descentra del eje de manera que afecta al sistema de lustrado. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |

| MÁQUINA | FALLA | SEVERIDAD | EXPLICACIÓN | OCURRENCIA | EXPLICACIÓN | DETECCIÓN | EXPLICACIÓN |
|--------------|--|-----------|---|------------|---|-----------|---|
| | Desgaste de faja | 4 | La Lustradora sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste de faja la operación del sistema de lustrado es ineficiente | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Zaranda | Desgaste de rodajes | 5 | La Zaranda queda inoperable, sin embargo no existen daños en el sistema ya que el efecto del desgaste de rodaje solo necesita el cambio de éste y así poder seguir operando correctamente. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de Fajas | 4 | La Zaranda sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste de faja la operación de separación del arroz mixto y entero no es eficiente | 5 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia está entre baja y moderada siendo un problema poco ocasional | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Rotura de perno de la malla | 6 | La Zaranda queda inoperable debido a la rotura del perno de la malla siendo un daño menor porque es algo que no involucra al sistema completamente, solo necesita del reemplazo de este componente. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Clasificador | Atasque de paso de grano en las mallas | 4 | El clasificador sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que las cribas de la malla están cubiertas por impurezas de manera que no pasa el grano. | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Desgaste de faja | 4 | El clasificador sigue operando, sin embargo existe una significativa degradación de rendimiento ya que al existir un desgaste de faja la operación de separación del arroz mixto y entero no es eficiente | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |

| MÁQUINA | FALLA | SEVERIDAD | EXPLICACIÓN | OCURRENCIA | EXPLICACIÓN | DETECCIÓN | EXPLICACIÓN |
|------------------------|------------------------|-----------|--|------------|---|-----------|---|
| | Deterioro de malla | 7 | El clasificador queda inoperable con un daño en el sistema debido al deterioro de la malla el cual es un componente importante en el sistema de discernido o clasificado de arroz | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| Selectora | Eyectores malogrados | 9 | La Selectora queda inoperable con un gran daño en su sistema debido a que el módulo de eyectores no dispara aire para el clasificado de arroz tipo descarte afectando la operación y el rendimiento en la salida de arroz hacia el envasado | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 10 | La verificación visual no puede detectar la falla si es que no es avisado por la alarma que contiene el sistema |
| | Lámparas quemadas | 9 | La Selectora queda inoperable con un gran daño en su sistema debido a que las lámparas LED se queman o funden con el tiempo de uso y no permite seleccionar el arroz tipo descarte afectando la operación y el rendimiento en la salida de arroz hacia el envasado | 2 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es muy baja con pocos problemas relativamente | 10 | La verificación visual no puede detectar la falla si es que no es avisado por la alarma que contiene el sistema |
| | Tarjeta quemada | 9 | La Selectora queda inoperable con un gran daño en su sistema debido a que la tarjeta del módulo de eyectores se quema por los cambios de voltaje afectando la operación y el rendimiento en la salida de arroz hacia el envasado | 1 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es muy remota siendo un problema inverosímil ya que no sucede casi nunca | 10 | La verificación visual no puede detectar la falla si es que no es avisado por la alarma que contiene el sistema |
| Elevador de Cangilones | Desalineación de Polea | 7 | El elevador queda inoperable con un daño en el sistema ya que al desalinearse la polea del eje, este golpea las paredes de manera que al transportar el arroz, se quiebra por el mal transporte y excesiva vibración | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |
| | Rotura de Faja | 6 | El elevador queda inoperable debido a la rotura de la faja siendo un daño mínimo ya que solo necesita el reemplazo de esta para seguir funcionando correctamente | 3 | Según el historial de fallas la probabilidad de ocurrencia es baja con pocos problemas relativamente | 8 | La verificación visual no es suficiente para la detección del fallo siendo remota y el detectar el fallo mecánico es difícil por el hecho de que el sistema sigue funcionando al darse el fallo |

ANEXO N°04. ACTA DE REUNIÓN DE VALIDACIÓN DE DATOS



ACTA DE REUNIÓN EXTRAORDINARIA

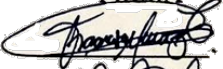



En la Provincia de Ferreñafe siendo las 11:30 am de 20 de Febrero de 2020 se reunieron los Colaboradores del Molino EL CHAMESINO S.A.C. en reunión extraordinaria atendiendo la convocatoria efectuada por Francisco Núñez Tantaléan – Gerente General, para validar los siguientes puntos:

1. El Costo de Materiales según Ocurrencia de Fallas en Setiembre 2016 – Agosto 2017 en el Molino EL CHAMESINO S.A.C. fue de s/. 7 273,8.
2. Los tiempos de Reparación Planificados para las Actividades Incluidos en el Plan de Mantenimiento fueron elaborados en coordinación con los Responsables del área :

Oscar García: Jefe de Planta

Yeison Rinsa: Jefe de Mantenimiento

Juan Barragán: Asistente de Mantenimiento

| CONVOCADOS /ASISTENTES | CARGO | FIRMA |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| <u>Francisco Nuñez Tantaléan</u> | <u>Gerente General</u> | <u></u> |
| <u>Oscar García García</u> | <u>Jefe de Planta</u> | <u></u> |
| <u>Yeison Rinsa Sandoval</u> | <u>Jefe de Mantenimiento</u> | <u></u> |
| <u>Juan Barragán Helgero</u> | <u>Asistente de Mantenimiento</u> | <u></u> |
| <u> </u> | <u> </u> | <u> </u> |
| <u> </u> | <u> </u> | <u> </u> |
| <u> </u> | <u> </u> | <u> </u> |
| <u> </u> | <u> </u> | <u> </u> |

ANEXO
Nº05.CARTA DE
CONSTANCIA DE
AUTORIZACIÓN
DE LA EMPRESA

**CONSTANCIA**

Yo, **Francisco Núñez Tantaleán**, Gerente General del molino **EL CHAMESINO S.A.C.** ubicado en **Av. Víctor Raúl Haya De La Torre 157 - Ferreñafe**, autorizo al estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad San Toribio de Mogrovejo, **Cristhian Jesús Monsalve Ramos** identificado con DNI N° **76691025** y código universitario **132TD45559**, el acceso completo a las instalaciones y a toda información de la empresa que se requiera para el desarrollo de su tesis y cualquier otro fin de carácter académico.

Número de Celular de Referencia: 944646110

Chiclayo, 12 de Noviembre del 2017

Francisco Núñez Tantaleán
GERENTE
MOLINO "EL CHAMESINO" S.A.C.
RUC: 20480710123

Constancia de Autorización de la empresa