UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSÉ SIMEÓN CAÑAS"

UNIVERSIDAD DON BOSCO

"IMPLEMENTACIÓN DE TPM EN UNA INDUSTRIA QUÍMICA"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA

LA FACULTAD DE POSTGRADOS UCA Y

FACULTAD DE INGENIERÍA UDB

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO/A EN GERENCIA DE MANTENIMIENO INDUSTRIAL

AUTORES:

ANA SOFÍA ARIAS REYES

ARTURO ANTONIO MENDOZA MARTÍNEZ

SAMUEL ALBERTO LOZA MORALES

ASESOR:

ADOLFO ARTURO VELASCO

ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A

ENERO 2021

Rectores

Andreu Oliva De La Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

Secretarias Generales

Silvia Elionor Azucena De Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

Decana De Postgrados UCA

Nelly Arely Chévez Reynosa

Vicerrector De Postgrado UDB

Mario Guillermo Juárez Pérez

Directores De La Maestría En Gerencia De Mantenimiento Industrial

Diana Carolina Cruz

José Luis Martínez

Asesor

Adolfo Arturo Velasco

Índice General

Resumen 1
Introducción 3
Objetivo General 5
Objetivos Específicos 5
Alcance 5
Metodología 6
Justificación 7
Descripción del Problema 8
Marco Teórico 10
Resultados evaluación diagnóstica 19
Análisis de evaluación por auditoría AMORMS 21
CAPÍTULO 1 MEJORA ENFOCADA 22
1.1 Referencia Conceptual 22
1.1.1 Las grandes pérdidas 22
1.1.2 Pasos de la mejora orientada 24
1.1.3 Metodologías 30
1.2 Propuesta de documentación 30
1.2.1 Plan de conformación de comité para evaluación de mejoras orientada 32
1.2.2 Plan definición de pérdidas a evaluar y árbol de pérdidas 32
1.2.3 Plan de elaboración de procedimientos para recolección de datos en producción 37
1.2.4 Guía mediciones para OEE y pérdidas relacionadas 37
CAPÍTULO 2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO 40
2.1 Referencia Conceptual 40
2.1.1 Plan de seguridad para el operario: Guía de bloqueo y etiquetado para TPM 40
2.1.2 Paso 1. Limpieza inicial 40
2.1.3 Paso 2. Eliminar fuentes de contaminación y lugares inaccesibles 44
2.1.4 Paso 3. Estándares de limpieza, lubricación y apriete de pernos 45
2.1.5 Paso 4. Realizar inspecciones generales 46
2.1.6 Paso 5. Sistematizar el mantenimiento automático 48
2.1.7 Paso 6. Sistematizar el mantenimiento 50
2.1.8 Paso 7. Practicar la plena auto gestión 50

2.2 Propuestas de Documentación 51
2.2.1 Plan de limpieza inicial 51
2.2.1.1 Plan seguridad del operario 52
2.2.1.2 Plan 5 S 54
2.2.1.3 Plan de anomalías e identificación fuentes de contaminación 57
2.2.1.4 Plan de estándares de limpieza temporales 59
2.2.2.1 Identificación, clasificación y eliminación de fuentes de contaminación 64
2.2.2.2 Plan de controles visuales 65
2.2.2.3 Estándares de lubricación temporales 77
2.2.2.4 Estándares temporales 78
2.2.2.5 Inspecciones generales 81
CAPITULO 3 MANTENIMIENTO PLANIFICADO 86
3.1 Referencia Conceptual 86
3.1.1 Plan maestro de mantenimiento 86
3.1.2 Evaluación de estado inicial de los equipos 86
3.1.2.1 Priorización de equipos 87
3.1.3 Sistema de gestión de la información 88
3.1.4 Creación de un sistema de mantenimiento periódico 90
3.1.5 Creación de un sistema de mantenimiento predictivo 91
3.1.6 Evaluación del sistema de mantenimiento planificado 92
3.2 Propuesta de documentación 92
3.2.1 Plan de evaluación estado inicial del equipo 92
3.2.2 Plan de restauración de deterioro y corrección de debilidades 98
3.2.3 Plan para crear un sistema de gestión de la información 101
3.2.4 Plan para crear un sistema de mantenimiento periódico 104
3.2.5 Plan para crear un sistema de mantenimiento predictivo 107
3.2.6 Plan para evaluar el sistema de mantenimiento planificado 110
CAPÍTULO 4 EDUCACIÓN Y ADIESTRAMIENTO 112
4.1 Referencia Conceptual 112
4.1.1 Evaluación de programas vigentes y establecimiento de estrategias 112
4.1.2 Elaboración de un programa para la mejora de capacidades 112
4.1.3 Sistema de formación de capacidades a largo plazo 112
4.1.4 Estimulación del autodesarrollo 113

4.1.5 Evaluación de actividades y planificación futura 113
4.2 Propuesta de Documentación 113
4.2.1 Evaluación de programas vigentes y establecimiento de estrategias 113
4.2.2 Elaboración de un programa para la mejora de capacidades 115
4.2.3 Sistema de formación de capacidades a largo plazo 118
Propuesta de cronograma de implementación de los pilares básicos en la línea piloto 122
Análisis financiero de costos de implementación de los pilares de TPM en la línea piloto 124
Evaluación final de la línea piloto 126
Recomendaciones de mejoras especificas con base en las problemáticas encontradas 132
Evaluación del impacto de la propuesta en los indicadores actuales 134
Conclusiones 136
Recomendaciones 137
Referencias 138
Anexos 141

Índice de Figuras

Figura 1. Gráfico de resultados consolidados de auditoria AMORMS 19
Figura 2. Gráfico de árbol de pérdidas. (Suzuki, 2017) 23
Figura 3. Gráfico de pasos de implementación de la mejora orientada. (Suzuki, 2017) 25
Figura 4. Ejemplo de árbol de causas (Medina, 2017). 28
Figura 5. Flujo de proceso de la línea de producción 31
Figura 6. Proceso para la implementación del Pilar de mejora enfocada. (Suzuki, 2017) 32
Figura 7. Ejemplo de gráfico de árbol de pérdidas 38
Figura 8. Relación de las pérdidas y el OEE. (Suzuki, 2017) 39
Figura 9. Flujo de proceso del paso 1 de Mantenimiento Autónomo. (Suzuki, 2017) 52
Figura 10. Bloqueo de tubería de agua fría y protección eléctrica. 54
Figura 11. Tarjetas de anomalías de operador, mantenimiento y seguridad. (Suzuki, 2017) 58
Figura 12. Tapadera para evitar dispersión de polvos. 65
Figura 13. Señales, etiquetas y tarjetas. (Brady, 2019) 68
Figura 14. Formato lección punto a punto. (UDB-UCA, 2019) 69
Figura 15. Flujo del proceso de administración de lecciones de 1 punto 70
Figura 16. Marcajes eléctricos. (Brady, 2019) 72
Figura 17. Visuales de equipo. 73
Figura 18. Procedimiento de implementación. 79
Figura 19. Flujo de información procedente del análisis de tarjetas. 81
Figura 20. Proceso para priorización de equipos. (Suzuki, 2017) 88
Figura 21. Fichas de equipos en software PMC 94
Figura 22. Fichas de equipos en software PMC 94
Figura 23. Fichas de equipos en software PMC 95
Figura 24. Proceso para la restauración de fallas. 99
Figura 25. Modificación del proceso de CMMS debido a la implementación de TPM. 103
Figura 26. Flujo de proceso de mantenimiento preventivo. 106
Figura 27. Proceso de formación a largo plazo. 118
Figura 28. Proceso de formación de TPM. 119
Figura 30. Cronograma para la revisión del diseño del plan maestro. 123
Figura 31. Cronograma de pilares propuestos en la línea piloto 124
Figura 32. Proceso de envasado de línea esmalte. 126

Figura 33. Árbol de pérdidas de la envasadora 1. 131
Figura 34. Árbol de pérdidas de la envasadora 2. 132
Figura 35. Indicador de utilización de línea. 134
Figura 36. Indicador galones hora hombre. 134
Figura 37. Indicador de costos de conversión 135

Índice de Tablas

Tabla 1. Consolidados de auditorías AMORMS. 20
Tabla 2. Identificación de pérdidas para cada equipo. 33
Tabla 3. Detalle pérdida de molinos. 33
Tabla 4. Detalle pérdidas de envasadoras. 35
Tabla 5. Detalle de actividades 5 S. 55
Tabla 6. Lista de chequeo de actividades 5 S. 56
Tabla 7. Lista de chequeo de actividades 5 S. 57
Tabla 8. Lista de inspección de molinos. 59
Tabla 9. Lista de inspección de envasadoras. 60
Tabla 10. Estándar de limpieza provisional para molino. 61
Tabla 11. Estándar de limpieza provisional para molino. 62
Tabla 12. Estándar de limpieza provisional de envasadora. 63
Tabla 13. Propuesta de señalización. 74
Tabla 14. Estándar provisional de lubricación de molinos. 77
Tabla 15. Estándar provisional de lubricación de envasadora. 77
Tabla 16. Identificación de necesidades de capacitación para molino. 82
Tabla 17. Identificación de necesidades de capacitación de envasadoras. 82
Tabla 18. Cronograma de capacitaciones para molinos. 83
Tabla 19. Cronograma de capacitaciones para molinos. 83
Tabla 20. Formato de inspección general. 84
Tabla 21. Jerarquización de equipo, metodología TPM. 97
Tabla 22. Análisis de fallas. 100
Tabla 23. Mantenimientos preventivos brindados. 104
Tabla 24. Estándares de mantenimiento predictivo. 108
Tabla 25. Estándares de mantenimiento predictivo. 109
Tabla 26. Matriz de identificación de competencias. 116
Tabla 27. Segunda matriz de identificación de competencias. 117
Tabla 28. Plan de capacitaciones básico. 120
Tabla 29. Plan de capacitaciones intermedio. 120
Tabla 30. Plan de capacitaciones avanzado. 121
Tabla 31. Presupuesto de implementación de pilares en línea piloto. 125

Tabla 32. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE de la envasadora 1. 127
Tabla 33. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE de la envasadora 2. 128
Tabla 34. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE proyectado de la envasadora 1. 129
Tabla 35. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE proyectado de la envasadora 2. 130

Índice de Anexos

Anexo A: Registro de pérdidas de envasadora1 línea esmalte. 141
Anexo B: Registro de pérdidas de envasadora 2 línea esmalte. 142
Anexo C: Rutinas de mantenimiento eléctrico..... 144
Anexo D: Rutinas de mantenimiento mecánico. 148
Anexo E: Análisis de debilidades y fortalezas ……151

Resumen

La búsqueda constante del perfeccionamiento como empresa, para satisfacer las necesidades del público y del mercado, llevan a la selección de filosofías que permiten alcanzar los objetivos que se plantea la misma.

Esta empresa cuyo compromiso con la innovación ha llevado al entendimiento de la necesidad e importancia de seguir puliéndose para así poder establecer ventajas sobre sus competidores; ha decidido implementar la filosofía TPM, la cual consiste en una metodología del mejoramiento de la planta, que permite la mejora continua de los procesos de producción a través de la participación de los colaboradores de la planta y el control de gestión de los resultados.

Este trabajo está planteado como una propuesta introductoria para la implementación de TPM en la organización, por lo cual se ha sugerido la implementación de los pilares de: mejora orientada, mantenimiento autónomo, manteamiento planificado y educación y adiestramiento, para una línea piloto. Esto con base en las necesidades de la empresa, establecidas de acuerdo con los resultados obtenidos de la auditoría realizada.

Cada capítulo se abre con una referencia conceptual sobre el pilar en cuestión, detallando conceptos e ideas clave y puntualizando los pasos necesarios a seguir para su correcta implementación, a su vez hay una propuesta de documentación donde se presentan formatos, diagramas, flujogramas, etc. Para la solución de problemas detectados y también para la implementación de mejoras de otros procesos de diversa índole dentro la empresa, procurando la mejora continua.

Se presentan conclusiones y recomendaciones respecto al trabajo realizado, y se propone a su vez que los resultados obtenidos de la implementación de los pilares sean evaluados posteriormente por medio de una auditoría.

Se ha procurado que el tema sea lo más autosuficiente posible en el sentido de que pueda leerse sin más conocimientos previos del mismo.

Abstract

The constant search for improvement as a company to satisfy the needs of the customers and the market, conduct the selection of work philosophies that allow reaching the objectives set by itself.

This company whose commitment to innovation has led to the understanding of the need and importance of continuing to polish itself to set up advantages over its competitors; so, it has decided to administer the TPM philosophy, this consists of a plant improvement method that allows to continuously improve the production processes based on employees' participation and the management control of the results.

This work pretends to be an introduction proposal for the implementation of TPM in the organization, whereby this implementation is suggested for a pilot line for the pillars of oriented improvement, autonomous maintenance, planned maintenance, education, and training. These are based on the needs of the company and established according to the results obtained from the audit carried out.

Each chapter opens with a conceptual reference on the pillar in question, detailing key concepts and ideas and specifying the necessary steps to follow for its correct implementation. *I*n turn, there is a documentation proposal presenting formats, diagrams, flow charts. These, for the solution of detected problems, and also for the implementation of improvements in other processes of various kinds within the company, seeking continuous improvement.

Conclusions and recommendations regarding the work carried out are presented. Besides, it is proposed to utilize an audit to subsequently evaluate the results obtained from the implementation of the pillars.

The subject has been sought to be as self-sufficient as possible in the sense that it could be read without prior knowledge of it.

Introducción

Con el trascurrir de los años, el aumento de la productividad conllevó a requerir que la maquinaria utilizada para llevar a cabo los procesos productivos estuviera disponible la mayor cantidad de tiempo posible; pero como cualquier lógica nos indica, los elementos de la maquinaria en sí tienen un ciclo de trabajo y una vida útil, es entonces que nace el mantenimiento como una respuesta y herramienta para lograr dicho objetivo. Al igual que los métodos de producción han evolucionado con el tiempo, así ha ocurrido con mantenimiento, conservándose a la vanguardia de las necesidades del momento. Es ahí donde aparece un tipo de mantenimiento acorde a las implicaciones actuales, un mantenimiento que evoca modernidad, pues este debe estar a la altura de las políticas adoptadas por la empresa; pero esto no únicamente en el ámbito técnico sino también en el ámbito financiero y económico; es decir de una forma integral.

La alta competitividad en el entorno empresarial en la que esta compañía se desenvuelve hace necesario tomar muy en cuenta que el reducir costos es un tema de vital importancia, ya que el departamento de mantenimiento al contrario de otros departamentos de la empresa no genera ganancias que pueden verse traducidas en ingresos directos de alguna manera, de hecho, es considerado un departamento que genera gastos, claro que ésta es una visión errónea del mantenimiento ya que este es una herramienta para mantener la productividad alta y eso si se traduce en ingresos para la empresa.

Cuando se realizan actividades de mantenimiento se debe tener la certeza que las actividades realizadas aporten valor al proceso productivo, para esto se debe de hacer uso de técnicas, herramientas o filosofías que sean capaces de responder oportunamente a las necesidades de la empresa. Entre estas necesidades están buscar el mejoramiento de la planta a través del involucramiento de las partes interesadas por medio de la mejora continua de sus procesos. Lo anterior es posible, a través de la filosofía TPM (Total Productive Maintenance).

TPM es una estrategia que pretende fomentar el sentido de pertenencia del operario y su equipo, el conocimiento de los operarios en materia de mantenimiento y, la creación de equipos entre producción y mantenimiento. Estos equipos deben estar constituidos por personal capacitado; para esto el personal debe ser multidisciplinario, enfocado al diagnóstico, a la resolución de problemas y monitorización de las actividades a realizar.

Como empresa se debe de crear una visión integral entre mantenimiento y producción fomentando la comunicación entre los integrantes de los mismos, se debe inducir al operario a que conozca de mejor manera su equipo de trabajo además de involucrarlo en pequeñas actividades de mantenimiento, ya que el operario está mano a mano con el equipo y los datos que él brinde son de capital importancia. Dicho de otra forma, el impacto del TPM se extiende más allá del proceso y significado de mantenimiento en la empresa.

TPM impacta de manera amplia en las actividades de la empresa ya que este permite no solo guiar las actividades de mantenimiento de los operarios, sino que también las actividades que están fuera del proceso productivo directo. Esto conlleva a la consideración de que lograr un buen estatus del desempeño global a través de mejora continua es posible siempre y cuando haya un compromiso de las partes interesadas en asumir sus roles y responsabilidades.

Objetivo General

Generar una propuesta de implementación de los pilares básicos de un sistema TPM como una herramienta que permita gestionar de mejor manera el sistema productivo actual, esto con la intervención de todas las áreas interesadas, utilizando metodologías y técnicas específicas que permitan aumentar la efectividad global de los equipos, procesos y de la planta.

Objetivos Específicos

- Determinar la condición actual de la planta en lo referente al sistema de gestión de mantenimiento.
- Plantear los lineamientos necesarios para la implementación de los pilares básicos de TPM.
- Crear los planes y formatos necesarios para su posterior implementación.
- Plantear los beneficios proyectados luego de su implementación.

Alcance

Se propone la implementación de los primeros cuatro pilares del TPM para una línea piloto de producción. Se elaborarán los planes y formatos correspondientes para cada paso de los pilares cuando se requieran, así como su marco teórico. Se elaborará un procedimiento detallado para su ejecución y documentación.

Limitaciones

El estado actual de pandemia en el que se encuentra la humanidad representa la mayor y principal limitante para la realización de este proyecto, debido a todas las consecuencias de diversa índole que se han derivado en diferentes tipos de restricción, lo cual ha llevado a la empresa a tomar la decisión de no ejecutar en estos momentos las propuestas de TPM, y al equipo de trabajo a no tener acceso a las instalaciones y/o información de la empresa en su momento. Por lo antes mencionado se ha limitado la presente tesis a una propuesta de implementación, quedando a criterio de la empresa la decisión del mejor momento para la implementación de dicha propuesta.

Metodología

La investigación es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes. La investigación puede ser de varios tipos, y en tal sentido se puede clasificar de distintas maneras, sin embargo, es común hacerlo en función depa su nivel, su diseño y su propósito.

La perspectiva metodológica que se pretende seguir en este estudio será cualitativa. El método cualitativo o método no tradicional: de acuerdo con Bonilla y Rodríguez (2005), se orienta a profundizar casos específicos y no a generalizar. Su preocupación no es prioritariamente medir, sino cualificar y describir el fenómeno a partir de rasgos determinantes, según sean percibidos por los elementos mismos que están dentro de la situación estudiada.

En este caso la metodología aplicada y las herramientas para conformar este desarrollo incluyen la investigación descriptiva que busca establecer un diagnóstico de la situación actual de la empresa, su problemática, esto a través de una auditoría, también, así como los objetivos de la investigación, su alcance y limitaciones. Se creará a su vez, un marco teórico sólido que permita comprender y tropicalizar las herramientas propuestas en base a las necesidades de la empresa.

En esta investigación se hará una descripción del proceso de la línea piloto de producción, para la implementación de TPM se establece según la metodología, la selección de un equipo o una línea piloto con el fin de desarrollar en ella los programas, estrategias y métodos que permitirán obtener los objetivos de la filosofía TPM, con el fin de realizar la réplica de la implementación a las demás líneas de una manera transversal disminuyendo las pérdidas de tiempo y recursos con base en los casos de éxito de la línea piloto (López & Ardila, 2014).

Se analizarán los resultados de la línea piloto para extraer conclusiones y recomendaciones de carácter general para el sector en estudio. Tomando en cuenta que será una investigación de aportes teóricos, donde el objetivo será buscar soluciones a la problemática actual proponiendo la implementación de las técnicas y herramientas adecuadas, buscando que esta sea expandida a toda la planta, además que logre mantenerse de forma consistente en el tiempo.

Justificación

En la actualidad, debido a la alta competitividad empresarial en el rubro de pinturas y barnices que existe, es ineludible estar a la vanguardia en cuanto a los procesos productivos, la necesidad de ir más allá para sobresalir en un mercado tan exigente vuelve imprescindible la búsqueda en la mejora de dichos procesos, haciéndolos más eficientes y rentables. Esto se pone de manifiesto especialmente en empresas con un alto compromiso en mantener procesos de calidad con el anhelo de establecer una diferencia entre sus similares.

La búsqueda continua de la mejora debe traducirse como la aplicación de las técnicas y herramientas adecuadas para conseguir un objetivo, en este caso el objetivo se vuelve el incremento de la eficiencia. La eficiencia, es la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía (Castrillón Mendoza, 2014).

Se debe entender que cada equipo posee una eficiencia intrínseca, esto debido al proceso que realiza y a su propia constitución. Esta eficiencia puede modificarse de acuerdo a las necesidades de la producción, teniendo en cuenta que el equipo posee un ciclo de vida, y para prolongarlo de la mejor manera se debe de gestionar su mantenimiento de tal forma que un aumento en la eficiencia no se traduzca en daños para el equipo, ni en costos operativos elevados.

Una planta es un conjunto equilibrado de máquinas, equipos, instalaciones y personal (Arbós, 2009). Usualmente esta se compone también de diversos equipos agrupados en líneas de producción. La eficiencia de una línea se puede traducir como la suma de las eficiencias de los equipos que la componen, de tal manera que cada línea pueda tener una eficiencia asociada, de igual forma se podría ampliar análogamente la eficiencia de la planta a través de concepto de desempeño global de la planta o el OEE (Overall Equipment Effectiveness), desarrollado por Seiichi Nakajima. El OEE es un método de medición de desempeño productivo que integra datos de la disponibilidad del equipamiento, de la eficiencia, del desempeño y de la tasa de calidad que se logra (Belohlavek, 2006).

Se debe de entender que el OEE es un parámetro que ayuda a medir la eficiencia de una planta, es decir otorga el primer paso para la mejora de un proceso, ya que, si no medimos, no hay una forma de determinar si mejoramos (Pressman, 1988).

Las mediciones de eficiencia pueden dar lugar a la implantación de sistemas más complejos que aborden de manera integral todas las variables del proceso productivo, así como también se conviertan en una guía para la actuación de las partes interesadas en la búsqueda del cumplimiento de los objetivos del negocio. Uno de estos sistemas complejos de gestión es TPM. TPM es una herramienta que permite el mejoramiento de la planta, a través de la mejora continua, el involucramiento de las partes, y el control de resultados.

Se contempla que la implementación de TPM, en una industria con sólidas bases en sus procesos de producción puede garantizar mejoras en la productividad de la planta. Al realizar una implementación exitosa de TPM se garantizan beneficios en cuanto al incremento de la eficiencia global a través de diferentes actividades que promuevan la seguridad, el aumento de la producción, el involucramiento de las partes interesadas, el trabajo en equipo, el adiestramiento de los mismos, la gestión del mantenimiento, la disminución de costos, la disminución de desperdicios, la disminución de fallas, etc. Son muchos le beneficios que se pueden obtener a través de la implantación exitosa de TPM, pero esto solo puede llevarse a cabo si hay un compromiso verdadero de todos los niveles de la empresa y se produzca un cambio profundo en la cultura empresarial que permita que su implementación sea consistente en el tiempo.

Descripción del Problema

La empresa de este caso de estudio cuenta con una larga trayectoria en la producción de pinturas y barnices a nivel mundial, con una historia rica en innovaciones. Desde su fundación, realizada en (1866), se busca garantizar la calidad del producto, convirtiéndose así no solo en el mayor productor de barnices y pinturas de los Estados Unidos, sino también uno de los mayores productores en el mundo. Las operaciones de la compañía en Centroamérica, iniciaron en el año de 1959 contando con la Licencia para Manufactura y Comercialización de pinturas y barnices en El Salvador donde son sus oficinas centrales, teniendo cobertura territorial, abriendo operaciones en Guatemala (1967), Honduras (1981), Belice (es atendida desde San Pedro Sula), Nicaragua (1974), Costa Rica (1968) y Panamá (1970).

Esta organización de pinturas y barnices, a pesar de ser una de las empresas centroamericanas con más presencia en los mercados internacionales, se identifican varias oportunidades de mejora en algunos de sus procesos, entre estos el sistema de gestión de mantenimiento.

Es necesario conocer el estado actual de la empresa, y sus áreas de mejora. Una forma adecuada de realizarlo es a través de una auditoría. Como mencionan Kaplan y Norton (1992), las auditorías contemplan un amplio conjunto de elementos medibles utilizados para evaluar la aplicación de las mejores prácticas de gestión, donde se identifican las oportunidades de mejora y se conforma la línea base para la implementación de técnicas de soporte sobre el mantenimiento. Para lograrlo, se utilizará la auditoría denominada AMORMS: Asset Management, Operational Reliabilit & Maintenance Survey, desarrollada por Parra y Crespo (2017). Los resultados de esta auditoría, darán cuenta del estado del sistema de gestión del mantenimiento, si este se está desarrollando adecuadamente o de forma inadecuada.

La falta de mantenimiento adecuado o la mala gestión del mismo dan resultados prácticamente equivalentes, ya que no se toma en cuenta el impacto real que tiene este sobre los objetivos de la empresa, puesto que a pesar de las ideas preconcebidas que mantenimiento es un generador de gastos, este no debe ser visto así; sino debe considerarse un socio estratégico para la construcción del negocio. La palabra mantenimiento debe superar la mirada crítica que le suele acusar de no ser capaz de generar rentabilidad en una empresa, esto debido a que el simple hecho de que exista un departamento de mantenimiento no garantiza que este pueda aportar resultados para lograr alcanzar los objetivos de la empresa.

Para corregir este patrón de comportamiento, es necesario contar con un modelo de gestión que sea capaz de afrontar dichos retos, como menciona Vagliasindi (1989), la eficacia de la gestión de mantenimiento permitirá minimizar los costes indirectos de mantenimiento. Es decir, esto podría traducirse en un aumento de la rentabilidad de la empresa. El proceso de gestión de mantenimiento, tiene un curso de acción, es decir una serie de pasos a seguir y; también posee un marco general de referencia para la gestión, es decir la estructura básica de soporte constituida por una serie de herramientas que conforman un sistema básico, que es necesario para una gestión avanzada del mantenimiento (Crespo, 2007).

Parra y Crespo (2016), mencionan que el proceso de gestión de mantenimiento se puede dividir en dos partes principales: la definición de la estrategia de mantenimiento; y la implementación de la estrategia de mantenimiento. Por lo cual se ha tenido a bien proponer la implementación de TPM, para dar seguimiento a la solicitud de mejora de la gestión del mantenimiento de esta empresa, ya que esta busca una solución integral, en donde se vean involucradas todas las partes

interesadas de la empresa. Este proyecto pretende como fin contribuir a la construcción de capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa mediante el mejoramiento de la efectividad de la gestión de mantenimiento en los sistemas productivos lo que se traduciría en un aumento de la efectividad global de la empresa, contribuyendo así al aumento de la rentabilidad.

Marco Teórico

No es ningún secreto que el planteamiento de una economía globalizada hace que la velocidad de adaptación se vuelva una exigencia organizacional. Esto debido a los altos niveles de competencia y a la búsqueda continua de nuevos mercados, lo cual se traduce en una constante necesidad de innovar sus procesos productivos y operativos. Para alcanzar dicha adaptación de exitosa, es necesaria la implementación de diferentes herramientas que se enfoquen en cumplir este objetivo.

La importancia de estas herramientas o metodologías radica en facilitar a una organización a que estas transformen o mejoren algunas de sus prácticas comunes, con el fin de aumentar su eficiencia, productividad, seguridad, etc., según los objetivos de su negocio. Esta búsqueda debe ser constante con el paso del tiempo, es decir se debe de buscar la mejora continua de los procesos, de tal manera que se adapten a las necesidades de cambio en la organización.

Dentro de estas metodologías se encuentra el TPM que es una herramienta para la gestión de mantenimiento, como mencionan Moore y Rath (1999), El TPM consiste en una estrategia destinada a elevar la productividad mejorando el mantenimiento y las prácticas correspondientes. Es decir que se enfoca en el desempeño global y en la búsqueda de la efectividad total, incluye un mejoramiento del sistema de mantenimiento y la participación de todos los empleados a través de las actividades que se requieran.

La implementación de TPM también debe responder a las expectativas de cambio, que incluyen una toma de conciencia y un cambio en la cultura organizacional en la que se requiere el cumplimiento y el compromiso para lograr la ejecución de los sistemas de mejora continua.

Según Suzuki (2017), la definición de TPM consta de los siguientes componentes estratégicos:

- Crear una organización que maximice la eficacia de los sistemas de producción.

- Gestionar la planta como una organización que evite todo tipo de perdidas en la vida entera del sistema de producción.
- Involucrar a todos los departamentos en la implantación de TPM, incluyendo la alta dirección.
- Orientar decididamente las acciones hacia las cero-pérdidas apoyándose en las actividades de los pequeños grupos.

La implementación de TPM se suele realizar en cuatro fases secuenciales (preparación, introducción, implantación, y consolidación), que pueden descomponerse a su vez en doce pasos.

Pasos generales para la implementación de TPM

- **Paso 1: La alta dirección anuncia su decisión de introducir el TPM**

Es necesario que la alta dirección este comprometida con la implementación de TPM, ya que, sin el compromiso de esta, difícilmente podrá llevarse a cabo todo el plan. La alta dirección debe dejar en claro que se debe de continuar con la implementación hasta su finalización. Es recomendable que la decisión de implantar el TPM se divulgue de manera formal a través de documentos que circulen por la empresa para el conocimiento de todos los colaboradores.

- **Paso 2: Educación introductoria para el TPM**

Se debe de elaborar un plan de capacitación introductoria para todos los colaboradores de la empresa, donde se presenten las razones estratégicas por las cuales la alta dirección pretende implementar TPM. Así también, eliminar la resistencia inicial mediante formación preliminar, dando a conocer el concepto de TPM y sus objetivos (Nakajima, 1989).

- **Paso 3: Crear una organización de promoción del TPM**

Es necesario crear una entidad que tenga autoridad y responsabilidad sobre el desarrollo e implementación de TPM. Como una oficina TPM, coordinador TPM, responsable de pilar, equipos multifuncionales (Gupta et al., 2006), mediante la integración de pequeños equipos, que trabajen de manera conjunta para lograr los objetivos planteados.

- **Paso 4: Establecer políticas y objetivos TPM básicos**

Los objetivos TPM deben relacionarse con la planificación estratégica de la empresa, es decir, con los objetivos de negocio a medio y largo plazo deben decidirse solamente después de consultas prolongadas con todas las partes interesadas, incluida la alta dirección, (Suzuki, 2017). Definir las metas que se pretenden obtener con la implementación, porcentajes de reducción de fallas, porcentajes de incremento de la disponibilidad, porcentajes de aumento de la productividad, etc. Estas metas se deben establecer tomando como referencia los valores actuales.

- **Paso 5: Diseñar un plan maestro TPM**

Es conveniente que cada organización tome en cuenta la forma más eficiente para poder cerrar la brecha entre la situación en la que se encuentra actualmente y los objetivos planteados. Para esto es necesario la creación de un plan maestro para la implementación como medio para lograr dichos objetivos. Estas actividades que se llevarán a cabo para disminuir dicha brecha deben estar por escrito y ser supervisadas, asignando responsables y recursos, así también debe realizarse un programa integrando hitos visibles. Este plan debe estar orientado para el desarrollo del ciclo PDCA (Ireland & Dale, 2001).

- **Paso 6: Lanzamiento TPM**

Luego de que el plan maestro de TPM ha sido aprobado, puede tener lugar el lanzamiento del programa, como plantea Chan (2005) ese es el momento oportuno para cultivar la atmósfera para incrementar la moral y dedicación de personal, dando información detallada a todos los miembros de la organización sobre el comienzo de la implementación del TPM. En la reunión, la alta dirección debe confirmar su compromiso de implantar el TPM e informa de los planes desarrollados y el trabajo realizado durante la fase de preparación (Suzuki, 2017).

- **Paso 7: Establecimiento de un sistema para la mejora de la eficiencia de producción**

Para poder alcanzar los objetivos estratégicos del TPM, se determina que hay ocho actividades que detallan a continuación y son el fundamento y soporte de cualquier programa de desarrollo de TPM.

a. Mejoras Orientadas

Las mejoras orientadas son un tipo de actividad realizada por equipos de proyectos interfuncionales compuestos por personas tales como ingenieros de producción, personal de mantenimiento, operarios, y demás personal, etc. Estas actividades están pensadas para minimizar las pérdidas que se busca erradicar, que se han medido y evaluado cuidadosamente (Suzuki, 2017).

b. Mantenimiento Autónomo

En el mantenimiento autónomo los operarios se deben involucrar en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado, controlan la contaminación, y ayudan a mejorar las condiciones del equipo (Gajdzik, 2009).

c. Mantenimiento Planificado

Es necesario crear planes de mantenimiento acorde con las necesidades del negocio de la empresa, estos planes deben de crearse por un equipo multidisciplinario, que evalúe las diferentes necesidades de los departamentos involucrados, de tal manera que los planes sean funcionales e integrales y medibles en su implementación e impacto.

d. Formación y Adiestramiento

Desarrollar trabajadores con habilidades múltiples que puedan alcanzar todos los pilares del TPM (Ireland & Dale, 2001) y a su vez como menciona Chan (2005) formar a líderes que entrenen al resto de miembros de los equipos. De tal manera que se evite el trabajo específico y especializado y todos en el equipo sean capaces de responder ante un fallo o una eventualidad.

- **Paso 8: Gestión temprana de nuevos equipos y productos**

En esta etapa se pretende que en la gestión anticipada del equipo sea posible lograr productos que sean fáciles de fabricar y equipos de fácil utilización. Esto permitirá equipos de libre mantenimiento y que no produzcan defectos (Gurinder, 2006). La documentación de las experiencias juega un papel muy importante.

- **Paso 9: Mantenimiento de calidad**

Este paso es un método para hacer producciones evitando los defectos, procurando que se fabrique bien desde la primera vez con el fin de evitar reprocesos, desperdicios, tiempos de

inspección, mano de obra y reclamaciones (Gurinder, 2006). Esto se logra por medio de controlar las condiciones de los equipos que intervienen en la producción.

- **Paso 10: TPM en departamentos administrativos y de apoyo**

Las actividades TPM realizadas por los departamentos administrativos y de apoyo no deben solamente apoyar al TPM en la planta, deben también reforzar sus propias funciones mejorando su organización y cultura (Suzuki, 2017). Esto debido a que la información que aportan estos departamentos tiene un efecto importante sobre las actividades que se desarrollan en producción.

- **Paso 11: Gestión de seguridad en el entorno**

Se debe de crear un medio de trabajo seguro, para cumplir los requerimientos legales, reducir costes derivados de accidentes (Ireland & Dale, 2001) y cumplir los objetivos de cero accidentes, enfermedades profesionales y contaminación (Chan et al., 2005).

- **Paso 12: Sostener la implantación de TPM y elevar los niveles**

La revisión constante de los objetivos es vital para no perder el enfoque y retomar los desafíos. Vale la pena recalcar la importancia de las mediciones continuas, cuidadosas y concretas ya que el procedimiento sistemático que se recomienda para las actividades de TPM es eficaz para lograr los resultados deseados, esto ayuda a lograr una mejora continua y estable.

Pilares TPM

– **Pilar 1 Mejora Orientada**

La mejora orientada es muy eficaz para romper el círculo que impide la mejora (Nakazato, 1999), a través de la priorización de la eficiencia global, para lograr este objetivo se necesita del apoyo de los pequeños grupos de TPM que forman parte de la organización.

El método TPM toma un enfoque práctico para contrarrestar las pérdidas haciendo una revisión directa de las entradas de los procesos productivos, considerando como una pérdida cualquier deficiencia en éstas (Suzuki, 2017).

Una de las perspectivas que plantea el TPM es la orientación a la excelencia, lo que significa disminuir los fallos o pérdidas dentro del proceso productivo, para lograr dicho objetivo se auxilia de una serie de procesos ordenados.

Estos pasos, proponen definir las mayores pérdidas que tiene el proceso, posteriormente identificar las oportunidades de mejora para cumplir los objetivos específicos de la mejora (Inga, 2018). El proceso para la ejecución de estos pasos se detalla en el capítulo I.

- **Pilar 2 Mantenimiento Autónomo**

Producir elementos de manera rápida y basados en la misión del departamento de producción (Suzuki, 2017), para ello los equipos deben estar en su funcionamiento óptimo. TPM propone que los operarios realicen pequeñas tareas de mantenimiento con el fin de cumplir los planes de producción y mantener la planta operando eficientemente.

Las actividades del Mantenimiento Autónomo buscan prevenir el deterioro acelerado de los equipos, de tal forma que se tengan mejores resultados de productividad, como lo mencionan Moyano y Zaruma (2013).

Entre estas actividades se pueden formar etapas, tales como la limpieza inicial, medidas contra anomalías, inspecciones con lecciones punto a punto, estandarización y control autónomo.

Para logar esto se requiere del involucramiento de todo el personal, donde los operarios ocupan un puesto importante ya que son estos quienes deben de realizar las tareas, para eso es necesario acompañarlos por medio de guías que mantengan, sobre todo la seguridad, así como una forma eficiente de hacer los procesos. Las tareas principales de este pilar son mantener la limpieza, lubricación, reapriete y ajustes. El Mantenimiento Autónomo o mantenimiento de primer nivel (Lefcovich, 2009), será abordado con más detalle en el capítulo II.

- **Pilar 3 Mantenimiento Planificado**

El mantenimiento planificado trata de lograr dos objetivos primordiales; mantener el equipo y los procesos funcionando, y aumentar la eficiencia global de la planta (Suzuki, 2017). Esto se hace por medio de actividades anticipadas.

Para llevar a cabo el mantenimiento planificado se debe de tener en cuenta que las características del proceso que se ejecuta, la naturaleza del equipo utilizado y las capacidades y adiestramiento del personal de mantenimiento juegan un rol de vital importancia, para definir las estrategias adecuadas a las necesidades de la compañía.

Saitoh (2017), menciona que la mayoría de los problemas en los procesos de producción son a menudo crónicos y provocados por una compleja combinación de causas. Estos se pueden evitar si los equipos son llevados a su estado ideal de operación, a través de actividades que contrarresten, los problemas asociados al proceso.

Botero (2013), señala que existen tres aspectos a ejecutarse para superar las dificultades:

- Actividades para prevenir y corregir averías en equipos a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas.
- Actividades de mejora continua, orientadas a mejorar las características de los equipos.
- Actividades para mejorar la competencia administrativa y técnica de la función mantenimiento.

Sumado a lo anterior y como método ordenado es necesario evaluar el equipo y comprender las condiciones actuales de partida, restaurar el deterioro y corregir las debilidades, crear un sistema de gestión de la información, crear un sistema de mantenimiento periódico, crear un sistema de mantenimiento predictivo y evaluar el sistema de mantenimiento planificado. (Suzuki, 2017). Se detalla en el capítulo III.

- **Pilar 4 Gestión Temprana**

Dada la necesidad de mantener una ventaja competitiva constante, en comparación con otras empresas, el crecimiento operacional se vuelve una realidad por lo que conservar los equipos en un estado ideal puede complicarse si la gestión temprana no ha sido contemplada desde el diseño, fabricación e instalación de las maquinas (Ishii, 2017).

Cuando se contempla la gestión temprana desde el desarrollo inicial a la producción en gran escala se garantiza un arranque vertical. Esto significa que existe un arranque rápido, libre de dificultades. Cuando esto se concreta se logra anticipar las posibles anomalías y para ello es necesario contar con fuentes internas como externas para poder de alguna forma predecir cuándo se van producir dichas anomalías. Por fuentes internas se refiere a todas aquellas actividades planeadas de mantenimiento que ha sido necesario realizar y por fuentes externas se deberá entender todas las recomendaciones hechas por el fabricante. Un posible escenario seria que no se tenga ningún tipo de información o fuente, en este caso será necesario recolectar

información de la maquina a través de un programa de mantenimiento que pueda evidenciar las posibles fallas (Calvo, 2019). Se detalla en el capítulo IV.

- **Pilar 5 Mantenimiento de Calidad**

La calidad depende crecientemente de las condiciones del equipo es decir que la calidad se crea a través del proceso mismo. (Setoyama, 2017). A lo largo del tiempo los procesos se han vuelto más complejos, lo que obliga a las industrias a crear un sistema de aseguramiento de la calidad.

Las empresas deben de revisar exhaustivamente sus procedimientos y las condiciones de los equipos para identificar y mantener condiciones que no conduzcan a defectos de calidad. (Suzuki, 2017). El defecto de calidad es una propiedad que está fuera del rango especificado como óptimo.

Como menciona Suzuki (2017), el mantenimiento de calidad consiste en realizar sistemáticamente y paso a paso actividades que garanticen en los equipos las condiciones para que no se produzcan defectos de calidad. Para ello es necesario considerar ciertas actividades clave en la implantación de un proceso de gestión de la calidad.

La implantación de un proceso de mantenimiento de calidad, busca la reducción de defectos de calidad, retrabajos, tiempo de inspección, mano de obra y reclamaciones de clientes (Gurinder, 2006), controlando las condiciones de los equipos (Chan et al., 2005), determinando la relación entre las características clave de los productos y el proceso de producción (Ireland & Dale, 2001).

- **Pilar 6 Promoción de técnicas de operación y mantenimiento**

Debido a que las industrias de procesos en general están sometidas a cambios para lograr mantenerse competitivas, es necesario que internamente se mantengan a la vanguardia para poder hacer frente a dichas situaciones. Si una empresa industrial no es capaz de valorar la posición de mantenimiento, las consecuencias sobre la misma serán nefastas, pasando desde averías frecuentes, paros, defectos de calidad, productividad deficiente, etc.

Para lograr evitar todos estos problemas, es imprescindible que la empresa promocione las técnicas adecuadas para contrarrestar y erradicar las falencias. Esto se puede lograr promoviendo

la formación del personal, actualizaciones tecnológicas para las operaciones, técnicas de gestión y personal directivo con alta capacidad directiva para cumplir sus propias funciones (Yshii, 2017).

- **Pilar 7 TPM en los departamentos administrativos y de apoyo**

Debido a los altos estándares de ventaja competitiva en la que una organización debe de desenvolverse es necesario que la herramienta de TPM se vuelva un trabajo en conjunto y no solo del departamento de producción y mantenimiento. Por mucho tiempo se ha creído de manera errónea que la calidad de los productos que una planta produce se debe solamente al esfuerzo de las áreas de desarrollo, diseño y producción, sin embargo, las actividades que esta herramienta ofrece procuran un mayor involucramiento por parte de los departamentos de administración ya que a través de la documentación se reducen las perdidas aumentando la eficacia.

Es por esto que será de vital importancia dedicar actividades que permitan mejorar la organización y gestión de los departamentos administrativos como por ejemplo preparando y desarrollando a un personal capaz de sostener y mejorar de forma continua los nuevos sistemas en busca de la eficiencia. (Harada, 2017).

- **Pilar 8 Creación de un entorno grato y seguro**

Es importante destacar que todas las actividades de TPM que se realicen deben de extrapolarse a todas las áreas de la empresa, esto con el fin de garantizar para todos un ambiente seguro y que permita a su vez el crecimiento personal que se vea reflejado en las actividades encomendadas a cada uno.

Para cumplir lo anterior, Marín-García (2013), menciona que se debe de crear un medio de trabajo seguro, para cumplir los requerimientos legales, reducir costes derivados de accidentes, cumplir los objetivos de cero accidentes, enfermedades profesionales y contaminación. Esto es posible de lograr por medio del involucramiento de todo el personal, procurando que sean conscientes de la responsabilidad de su propia salud y seguridad (Setoyama, 2017).

Resultados evaluación diagnóstica

Se presenta gráfico de radar y tabla del consolidado de auditorías realizadas como diagnóstico.

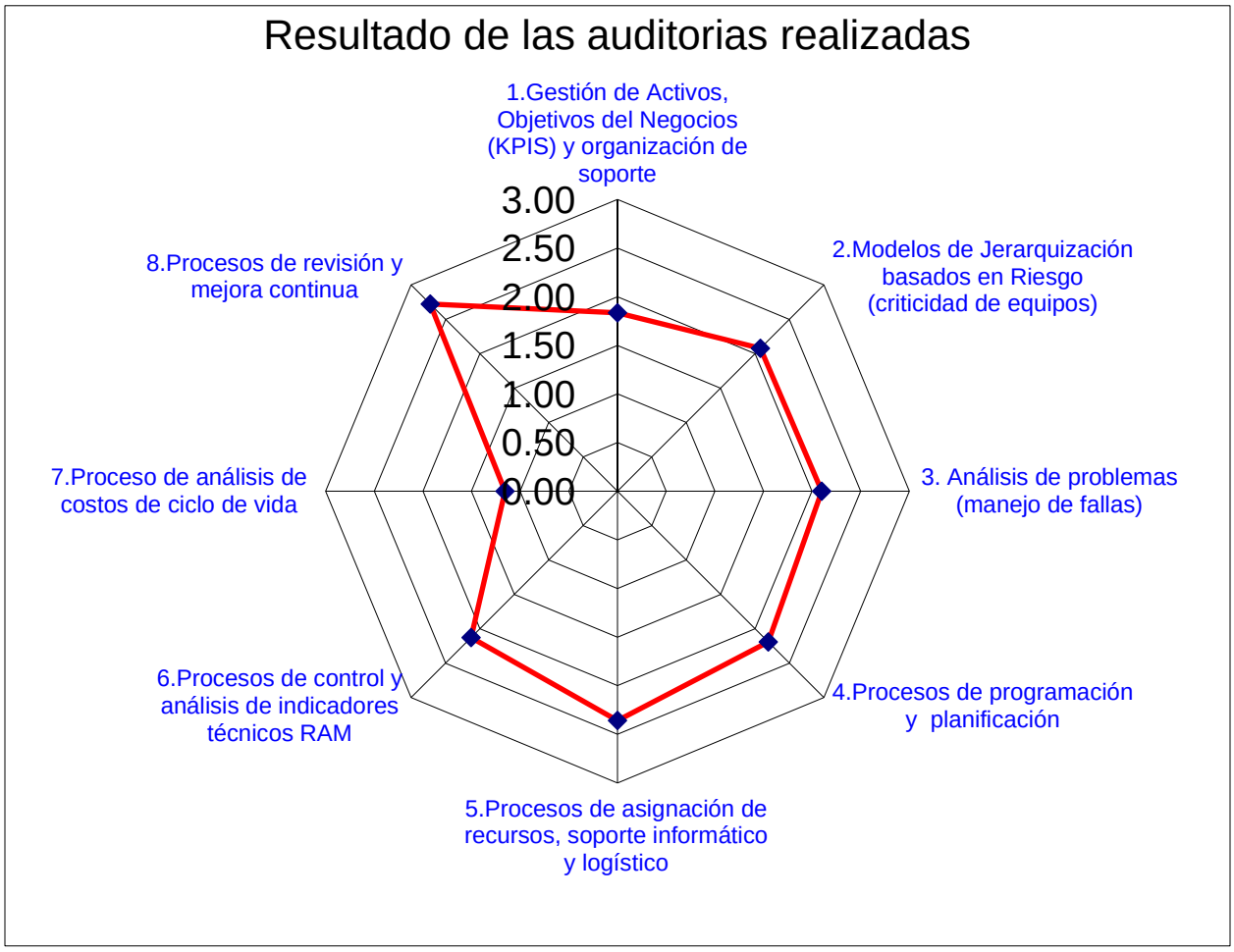


Figura 1. Gráfico de resultados consolidados de auditoria AMORMS.

Tabla 1. Consolidados de auditorías AMORMS.

Consolidado de auditorías AMORMS								
	Cargo	**Ing. Proyecto**	**S. Infraestructura**	**Jefe Mtto. e Ing.**	**S. Mecánico**	**Planificador**	**S. Electricista**	**Total**
1	1.Gestión de Activos, Objetivos del Negocios (KPIS) y organización de soporte	1.88	1.52	1.92	1.80	1.84	2.04	**1.83**
2	2.Modelos de Jerarquización basados en Riesgo (criticidad de equipos)	2.13	1.73	2.00	2.07	2.47	2.07	**2.08**
3	3. Análisis de problemas (manejo de fallas)	2.07	1.93	2.40	2.00	2.47	1.73	**2.10**
4	4.Procesos de programación y planificación	2.15	2.20	2.10	2.10	2.25	2.35	**2.19**
5	5.Procesos de asignación de recursos, soporte informático y logístico	2.00	1.90	2.60	2.35	2.70	2.60	**2.36**
6	6.Procesos de control y análisis de indicadores técnicos RAM	1.96	1.84	2.16	2.32	2.56	1.92	**2.13**
7	7.Proceso de análisis de costos de ciclo de vida	1.07	1.00	1.20	1.20	1.33	1.13	**1.16**
8	8.Procesos de revisión y mejora continua	2.53	2.60	2.47	2.87	2.73	3.13	**2.72**

Análisis de evaluación por auditoría AMORMS

La auditoría AMORMS, toma en cuenta los aspectos más relevantes de la gestión de mantenimiento de una empresa. Es importante destacar que estas revisiones se realizan desde la esfera más alta de dirección hasta aspectos técnicos.

La evaluación de la visión gerencial y su liderazgo es una de las piezas fundamentales en la implementación de un modelo de gestión, ya que la implementación de cualquier iniciativa procedente de algún departamento no prosperará sobre todos los procesos de la empresa sino está acompañada por la alta gerencia. Esta es una aclaración muy importante ya que a pesar de que la empresa obtiene en este aspecto unos resultados aceptables es necesario que se siga fomentando el involucramiento organizacional desde la más alta gerencia pasando por todos los departamentos en la gestión.

En cuanto a la jerarquización de riesgos se ha determinado que los indicadores en este punto no son los deseados ya que no se está realizando una correcta gestión de las prioridades de los activos y cómo estos impactan a la organización de manera integral. Pasando desde el impacto físico que podría tener sobre un proceso, hasta llegar a la dimensión financiera y los costos asociados a los riesgos de no gestionar adecuadamente la priorización de fallas.

Para los análisis de causa raíz en esta empresa se encuentran resultados aceptables, de acuerdo con la puntuación sugerida por Parra (2015), en su escala propuesta. Hay que recordar que siempre es necesaria la mejora continua en aquellos puntos deficientes. En los procesos de programación, planificación y optimización de planes de mantenimiento, inspecciones y operaciones los resultados son aceptables. Procesos de asignación de recursos, soporte informático y soporte logístico a los procesos de Mantenimiento y Confiabilidad, resultados aceptables.

Procesos de control y análisis de indicadores técnicos del negocio. Resultados aceptables. Procesos de Análisis de Costos de Ciclo de Vida, se determina que hay deficiencias notorias. Se recomienda tomar acciones de mejora en este aspecto de evaluación. Proceso de revisión y mejora continua, en este aspecto la empresa sale muy bien evaluada, se insta a la empresa en seguir actuando de esa manera. Para el correcto seguimiento a la mejora continua y a la propuesta de implementación de 4 de los pilares del TPM fue necesario realizar el análisis de fortalezas y debilidades Anexo E

CAPÍTULO 1 MEJORA ENFOCADA

1.1 Referencia Conceptual

La mejora orientada o Kobetsu Kaizen es una metodología que busca reducir las pérdidas y maximizar el rendimiento de los procesos por medio de la conformación de grupos de trabajo multidisciplinarios interrelacionados que, realizan la aplicación sistemática de una serie de pasos y procedimientos definidos por dicho pilar que buscan la mejora sostenida.

El procedimiento establecido en el pilar es muy eficiente para promover y fomentar una cultura de implementación de mejoras en los procesos y consiste en la selección de tema, conformación del equipo de trabajo, registro del tema y finaliza con la evaluación de resultado, el cual debe de tener un impacto de mejora de la eficacia de los procesos.

Esta metodología a diferencia de la mejora continua diaria realiza la asignación de recursos, una cuidadosa planificación y supervisión. Sin embargo, la mejora enfocada no debe de desplazar estas actividades de mejora de pequeños grupos que trabajan a nivel de talleres, instalaciones y máquinas, ya que puede afectar el desempeño global del programa de TPM. (Suzuki, 1996)

Es importante mencionar que esta metodología se enfoca en atacar pérdidas relacionadas a problemas crónicos, por lo que otro tipo de problemas deben de ser abordos con el pilar correspondiente, como por ejemplo una parada de 1 día debe de ser abordada desde el pilar de mantenimiento autónomo y 20 paradas en 1 día deben tratarse por medio del pilar de la mejora enfocada.

Para obtener los mejores resultados de este pilar es una buena práctica encauzar los esfuerzos de la mejora enfocada en los resultados obtenidos en el árbol de perdidas, ya que en este se identifican las grandes pérdidas y por medio de la recolección de datos de cada equipo es posible definir cuáles son las que más afectan al proceso, obteniendo de esta forma una mejora significativa en el mismo.

1.1.1 Las grandes pérdidas

La metodología propuesta por la mejora enfocada busca reducir toda clase de pérdida especialmente las relacionadas con las entradas del proceso productivo como lo son equipo, materiales, personas y métodos. Para esto se apoya de historiales, mediciones, bitácoras de

funcionamiento, desviaciones de calidad, entre otros, para poder definir el impacto de la pérdida sobre el proceso productivo.

El árbol de pérdidas es una metodología que ayuda a conocer las pérdidas del proceso de una forma estructurada y organizada, en la cual es posible identificar visualmente la mayor pérdida, por medio de la realización de un gráfico de barras donde se muestran las 16 grandes pérdidas asociadas a las entradas de la producción.

Figura 2. Gráfico de árbol de pérdidas. (Suzuki, 2017)

Cada una de las pérdidas mencionadas evalúan los siguientes puntos:

1. Quiebras: toda parada igual o mayor a 10 min.
2. Cambio de formato: tiempo total de cambio de presentación o variedad que incluye ajuste y se contabiliza hasta que el equipo trabaja a capacidad nominal.

3. Cambio de elementos de corte: tiempo de paro debido a cambio de elementos como cuchillas, bobinas de etiquetas, etc.
4. Arranque y paro: tiempo total para que una línea o equipo logre su velocidad nominal después de un paro por vacaciones o fin de semana, u otros paros programados.
5. Pequeñas paradas: paro no programado de una máquina con tiempo menor a 10 min.
6. Velocidad reducida: tiempo en el que un equipo o línea operan por debajo de su velocidad nominal.
7. Defectos y reprocesos: tiempo de paro y reproceso debido a producto con calidad por debajo del estándar.
8. Paros de planta: tiempo de paro planificado debido a vacaciones, u otros motivos de paro como la falta de demanda.
9. Gestión: tiempo de paro o pérdidas debido a fallas en la gestión como por ejemplo falta de materiales o falla de utilidades.
10. Logística: tiempo de paro o pérdidas debido a falla en gestión en bodegas o en retiro de producto terminado.
11. Movimiento operacional: pérdidas debido a falta de conocimiento o falta de habilidad del personal.
12. Organización de la línea: pérdidas de tiempo por falta de operadores
13. Mediciones y ajustes: pérdida de tiempo causadas por ajustes en el equipo.

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) es un indicador el cual calcula el estado de operación de un equipo o línea de producción, para esto utiliza la información correspondiente a las pérdidas relacionadas al equipo y mano de obra proporcionados por el árbol de pérdidas, evaluando de esta manera la disponibilidad, el rendimiento y la calidad dando como resultado un valor el cual indica la productividad de un equipo o línea de producción.

1.1.2 Pasos de la mejora orientada

Para la implementación de la metodología propuesta por el pilar de mejora enfocada, es necesario seguir cada uno de los 7 pasos establecidos, los cuales van desde la selección del tema hasta la consolidación. La metodología sigue el ciclo de la mejora continua o PHVA por lo que es un proceso muy eficiente y comprobado para lograr los resultados esperados.

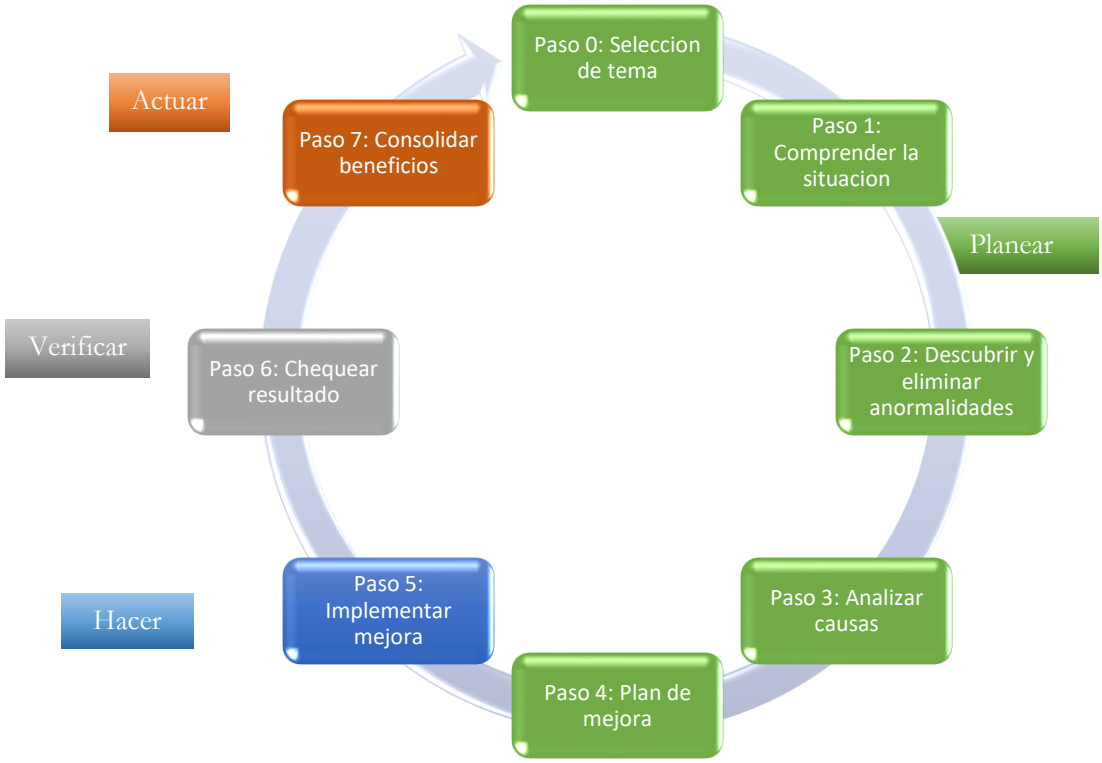


Figura 3. Gráfico de pasos de implementación de la mejora orientada. (Suzuki, 2017)

- **Paso 0: Selección del tema**

Para la selección del proyecto de mejora es recomendable que este se encuentre alineado a los objetivos estratégicos de la empresa y a los del programa de TPM, que se documente en que área de la empresa se ejecutará y las pérdidas que disminuirá.

Estas mejoras pueden enfocarse en maximizar el rendimiento de los procesos o en apoyar el pilar del mantenimiento autónomo por medio de la eliminación de fuentes de contaminación, lugares de difícil acceso, reforzando medidas y equipo para protección personal, implementado poka yoke, entre otras; pero que son indispensables para la realización del programa de TPM.

Para poder brindar un correcto seguimiento a las actividades de mejora es indispensable una adecuada documentación y registro de cada uno de los proyectos. En estos debe de expresarse la dificultad de la implementación, la cual se pueden clasificar en:

a. A o alta complejidad: Estos requieren un mayor tiempo de análisis, un equipo multidisciplinario, se atacan problemas con elevados costos de implementación y complejidad.

b. B o Media complejidad: Estos son menos complejos que los anteriores, afectan solo a un departamento, no siempre necesitan de un equipo multidisciplinario y suelen ejecutarse por personas del mismo departamento.

c. C o Baja complejidad: Estos requieren de poco tiempo de análisis, baja o nula inversión y se implementan por uno o más operarios con los que se planifica la actividad normalmente en las reuniones diarias de 5 min.

- **Paso 1: Comprender la situación**

Se realiza por medio de un análisis de capacidad de los equipos y procesos, donde se analizan los historiales de variables como cantidad de fallas, unidades producidas, defectos de calidad, reprocesos, entre otros y se analizan utilizando herramientas como histogramas, diagrama de Pareto, diagramas de probabilidad, gráficos de control y diseño de experimentos.

Durante el proceso también se deben identificar los cuellos de botella del proceso productivo en análisis y realizar visitas de campo, entrevistas con los operarios entre otras actividades que ayuden a recolectar y a obtener conclusiones de las posibles causas de las tendencias de los historiales de las variables analizadas. Además, se debe de apoyar de la recolección de datos obtenidos en la elaboración del árbol de pérdidas.

- **Paso 2: Descubrir y eliminar anormalidades**

Dentro de la teoría relacionada a TPM se sabe que muchas de las anormalidades se deben al deterioro causado por la acumulación de polvo, la falta de lubricación y reapriete del equipo. Por lo que antes de aplicar técnicas muy elaboradas se debe de corregir estos problemas y regresar al equipo a su estado inicial.

- **Paso 3: Analizar causas**

El análisis de causas debe basarse en la observación y análisis directo de los equipos y procesos en el sitio, además se utilizan herramientas y metodologías que buscan definir la causa raíz del problema a evaluar. Entre estas se encuentran:

a. Análisis PM (Fenómenos y Mecanismos)

Es una técnica que se utiliza para tratar fallas crónicas y se basa en analizar el proceso en función de sus principios físicos para relacionarlos con entradas de producción. Este método requiere de

mucho tiempo de ejecución por lo que se utiliza solo cuando ya no es posible obtener ningún tipo de resultado con los métodos convencionales.

La metodología consta de 8 pasos los cuales se basan en la observación cuidadosa del fenómeno en función de los principios y leyes físicas que lo rigen. Los pasos son los siguiente:

Paso 1: Clarificar el fenómeno: Es necesario estudiar en sitio cómo, donde y cuando se produce el fenómeno.

Paso 2: Investigar los principios físicos involucrados: se debe de describir el fenómeno en función de sus principios físicos.

Paso 3: Identificar las condiciones que producen el problema: se debe de identificar cuáles son las condiciones físicas que existir para que se presente el problema

Paso 4: Considerar las entradas de la producción: se relacionan todas las condiciones que producen el problema evaluadas en el paso anterior con las entradas del proceso de producción (equipo, materiales, persona y método)

Paso 5: Determinar las condiciones óptimas: se analiza idealmente que condiciones deberían de estar presentes para evitar que se manifieste el problema, para esto es necesario analizar planos, diagramas, manuales, entre otros.

Paso 6: Investigar los métodos de medición: Se determinan métodos para medir los desfases entre la condición ideal y la condición bajo falla.

Paso 7: Identificar las deficiencias: se relacionan los factores que desvían el proceso de su funcionamiento óptimo y todas las normalidades encontradas en el proceso o equipo.

Paso 8: formular e implementar el plan de mejora: implementar un plan para corregir cada deficiencia y eliminar su repetición.

b. Árbol de falla

Esta metodología se suele utilizar principalmente para fallas en equipos, por lo que el procedimiento inicia colocando en un bloque el nombre del equipo donde se tiene el inconveniente, luego se procede a colocar una línea y un cuadro con la falla, a su vez a esta se le colocan otros cuadros donde se nombran todos los sistemas que pueden estar relacionados a la falla.

Cuando se encuentran definidos los diferentes sistemas es de gran ayuda contar con un RCM o en su defecto se debe de identificar los diferentes modos de fallo para cada uno de los sistemas.

Para poder definirlos se debe de contar con la participación de los mantenedores, expertos en el equipo, operarios entre otros que puedan aportar información valiosa.

Estos modos de falla se deben de colocar en un nivel inferior en diferentes cuadros correspondientes a cada uno de sus sistemas. Finalmente, a cada uno de los modos de falla se le colocarán en un nivel inferior en otros cuadros las posibles hipótesis que serán revisadas y analizadas con evidencia de campo, mediciones, hechos etc.

Luego de tener toda esta estructura completa se deben de comenzar a descartar cada una de estas hipótesis hasta llegar a las posibles causas raíz, para esto se van tachando en el diagrama de árbol las hipótesis y sistemas que se van descartando hasta llegar a la posible causa como se muestra en la Fig. 4.

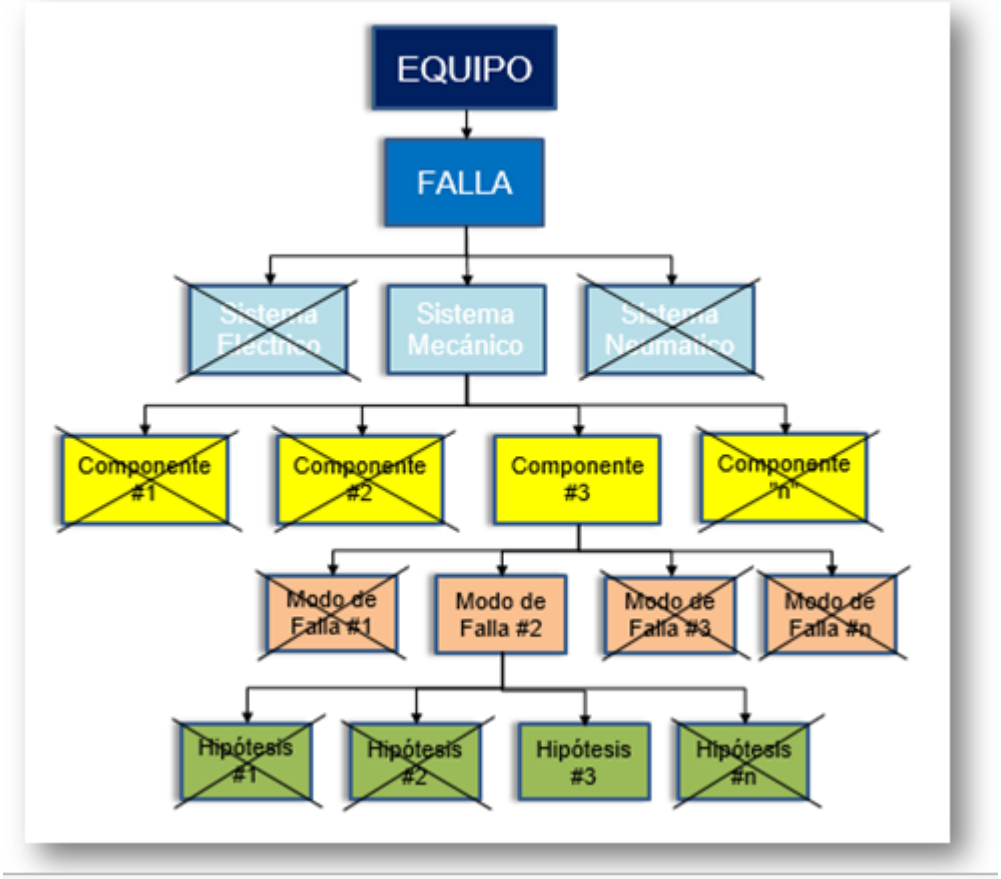


Figura 4. Ejemplo de árbol de causas (Medina, 2017).

c. Análisis de por qué – por qué

Esta técnica es una de las más sencillas y al igual que la anterior inicia con el análisis desde la falla, para esto realiza una serie de preguntas de ¿por qué? al contestar se pregunta nuevamente porque hasta identificar la causa raíz. En esta técnica se recomienda iniciar con todos los ¿porqués? posibles y luego se desglosarlos a su vez en más preguntas hasta llegar a la causa raíz

- **Paso 4: Plan de mejora**

En este paso, luego de conocer cuál es la causa raíz, se debe de realizar bosquejos de todas las posibles soluciones e identificar su relación costo – beneficio. Además, se debe de verificar que la solución no ocasionará problemas o inconvenientes en otros procesos o líneas de producción.

- **Paso 5: implementar la mejora**

Para la implementación es indispensable que todas las partes interesadas del proyecto de mejora se sientan y sean consideradas parte de la solución y esta no sea impuesta coercitivamente, ya que esto puede resultar en oposición por parte del personal, provocando que el proyecto no logre obtener los resultados esperados.

Cuando exista más de un proceso o equipo al que se tenga planeado implementar una mejora se recomienda iniciar solo con uno de ellos, evaluar los resultados, aplicar la mejora continua y posteriormente replicarlo a los procesos restantes, de esta forma se asegura disminuir el impacto negativo debido a la curva de aprendizaje. Esto se conoce en TPM como "expansión horizontal".

- **Paso 6: Chequear resultado**

Dentro del procedimiento es importante e indispensable evaluar todas las posibles soluciones y evitar que causen otros tipos de inconveniente, sin embargo, si al implementar la solución no se obtienen los resultados esperados se debe de tener una postura propositiva y flexible, sin estar atados al plan original, se debe de analizar nuevamente y repetir el proceso hasta obtener los resultados esperados.

Todos los resultados sean exitosos o no, deben de ser publicados en lugares estratégicos de toda la organización, con el objetivo que pueda servir de aprendizaje para otras áreas, además debe de colocarse regularmente el estado de cada uno de los proyectos, la cantidad de proyectos y un

pequeño cronograma, lo cual debe de ser realizado por el comité de mejoras o el departamento de mejora continua en caso de contar con este.

- **Paso 7: Consolidar beneficio**

Si los resultados se obtuvieron por medio de algún paso del mantenimiento autónomo relacionado a lubricación, limpieza o reaprietes es necesario estandarizar estos procedimientos y promover este cambio cultural de manera que se convierta en una práctica sostenible, ya que los resultados pueden perderse fácilmente si estas prácticas no se mantienen en el tiempo.

Al finalizar cada paso se debe de documentar los logros obtenidos, publicarlos para asegurar su réplica y cerciorarse que el resultado se mantenga continuar con el siguiente paso. Además de verificar el impacto que el proyecto de mejora ha tenido por medio de los diferentes indicadores de producción, perdidas y variables registradas como unidades producidas, pérdida de materia prima, consumo de energía, pequeñas paradas, etc.

1.1.3 Metodologías

1.2 Propuesta de documentación

Basado en toda la teoría expuesta en los capítulos anteriores de cuatro de los pilares de la metodología TPM, se realizará una propuesta de documentación para la futura implementación de esta metodología en la industria en estudio. Estos documentos se realizarán en base al contexto y realidad de la organización.

Para esta propuesta se decidió realizar los pilares de Mejora Enfocada, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento planificado y Aprendizaje en ese orden, ya que la organización cuenta con las certificaciones ISO 9001 e ISO 50001, además posee una gerencia de mejora continua con la cual se inició un proceso de implementación de 5 s y mejora hace 3 años, por lo que se facilita la implementación de los pilares.

Además de la mejora continua en la organización se implementaron diferentes herramientas de Lean Manufacturing las cuales buscan la optimización del sistema de producción. Entre estas herramientas se encuentra la metodología TPM, por lo que la organización ya cuenta con las bases, avances en el cambio cultural enfocado en la mejora continua y la eliminación de desperdicios.

- **Descripción de línea de producción**

Los equipos de la línea de producción donde se realizará la propuesta de documentación para la implementación equivalen a un 5% del total de equipos de la línea. En esta se realizan diferentes pinturas base esmalte y barnices los cuales representan 30% de la producción total de la organización, por lo que la línea tiene un gran impacto en la rentabilidad de la misma.

La línea consta de diferentes equipos como mezcladores, dispersores, molinos, envasadoras entre otros, los cuales en conjunto ayudan a poder suplir la demanda. A su vez la línea se divide en diferentes células las cuales representan a cada uno de los tipos de equipo por lo que la propuesta se enfocara en la célula de envasado y la de molienda tomando un total de 6 equipos.

Los equipos en análisis poseen el siguiente flujo de proceso y se encuentran en los de color azul:

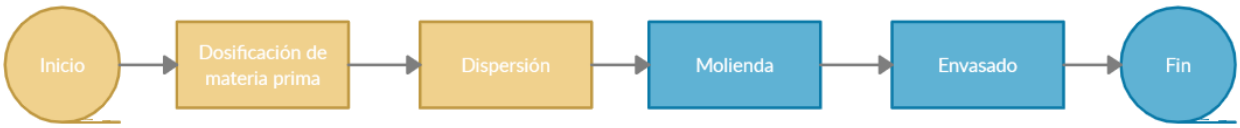


Figura 5. Flujo de proceso de la línea de producción

Para la propuesta de documentación del pilar de mejora orientada se seguirá el flujo propuesto en la Fig. 5. Donde inicialmente se realiza la identificación de pérdidas en cada uno de los equipos con las cuales se realizan las bitácoras con las que se registraran los diferentes tiempos de paro relacionado a estos, para utilizarse en la elaboración del árbol de perdidas, OEE y la aplicación de los 7 pasos a las que más impactan al proceso.

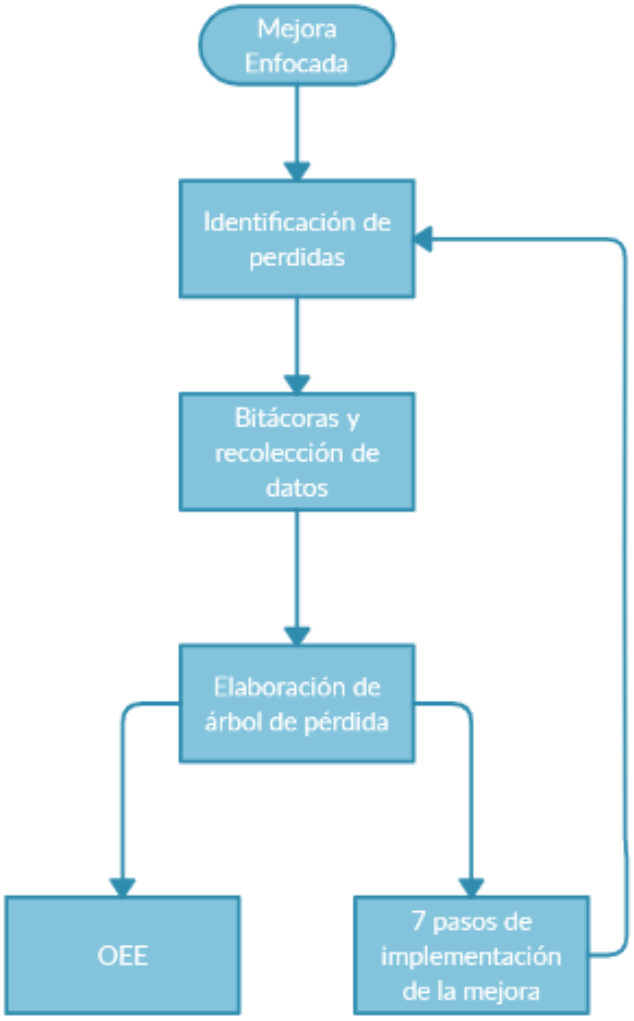


Figura 6. Proceso para la implementación del Pilar de mejora enfocada. (Suzuki, 2017)

1.2.1 Plan de conformación de comité para evaluación de mejoras orientada

1.2.2 Plan definición de pérdidas a evaluar y árbol de pérdidas

Para definir las pérdidas es necesario conocer e interpretar cada una de ellas y posteriormente conocer a profundidad el proceso productivo relacionado a cada uno de los equipos, para esto es necesario realizar reuniones con supervisores y jefes. La duración y cantidad de las reuniones dependerá de la complejidad del proceso y de la cantidad de equipos.

Para este ejercicio se realizó la identificación de pérdidas en 4 molinos y 2 envasadoras obteniendo lo siguientes resultados:

Tabla 2. Identificación de pérdidas para cada equipo.

IDENTIFICACION DE PÉRDIDAS PARA CADA EQUIPO						
Pérdidas/ Equipos	**Envasadora 1**	**Envasadora 2**	**Molino 1**	**Molino 2**	**Molino 3**	**Molino 4**
Quiebras	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Cambios formatos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
C. elementos de corte	**X**	**X**				
Arranque y Paro						
Pequeña parada	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Velocidad reducida	**X**	**X**				
Defectos y reprocesos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Paros de planta						
Gestión	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Logística	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Movimiento operacional	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Organización de línea	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Medición y ajuste	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

Fuente: Elaboración propia.

Es importante resaltar que de acuerdo a la naturaleza del proceso y al de los equipos, es posible que algunas de estas pérdidas no apliquen; como en el caso mostrado en la Tabla 2. Una vez identificadas las pérdidas que aplican a cada uno de los equipos a analizar, se debe de proceder a detallar en qué consiste cada una de ellas.

Debido a que en el caso de estudio los equipos pertenecen a una misma línea de producción y se rigen bajo el mismo proceso solo se detallará las pérdidas para cada tipo de equipo, ya que por la naturaleza del proceso son las mismas lo cual se muestra en la Tabla 3, para molinos y Tabla 4, para las envasadoras.

Tabla 3. Detalle pérdida de molinos.

Pérdidas en molinos		
Pérdida	**Motivo**	**Código**
Quiebra	**Eléctrico**	
	Falla eléctrica motor	119

	Falla en variador frecuencia	116
	Falla en sensores	129
	Falla en panel control	128
	Neumático	
	Falla de accesorios	104
	Mecánico	
	Tanque móvil/manguera	120
	Bomba engrane	121
	Motor/reductor de bomba	122
	Empaque de tubería	123
	Corte/tensión de faja	124
	Ajuste polea	125
	Sello mecánico recamara	126
	Junta rotativa	127
Cambio formato	Preparación y limpieza	201
Cambio elemento rutinario	N/A	N/A
Arranque y paro	Arranque	401
	Paro	402
Pequeña parada	Protección equipo	503
	Falla acople de araña	504
	Alarma alta presión	505
	Alarma alta temperatura	506
	Falla trenza de bomba	507
Velocidad reducida	Falla mecánica	603
Defectos y reprocesos	T. de proceso fuera de std	703
Paros de planta	Limpieza planeada	801
	Capacitaciones	802
	No ordenes de producción	803
	Mantenimiento Planeado	804
Gestión	Falla de gua enfriamiento	901
	Lote no surtido adecuadamente	908
	Cambio de programa	903
	Falla de energía eléctrica	909
	Falta aire comprimido	902
Logística	Falta de tanque	1006
	Cola en H3 tank farm	1002
Movimiento operacional	Falta conocimiento	1101

	Búsqueda de herramientas	1102
Organización de línea	Tiempo comida/descanso	1201
	Falta personal mantenimiento	1202
	Falta personal operativo	1203
	Búsqueda de aditivos	1204
Mediciones y ajustes	Verificar poder tintorial	1303
	Verificar molienda y limpieza	1304
	Verificar propiedades físicas en producto	1305

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Detalle pérdidas de envasadoras.

Pérdidas en envasadoras		
Pérdida	**Motivo**	**Código**
Quiebra	**Eléctrico**	
	Falla de Selladora caja	114
	Falla de VF de mezclador	116
	Falla de botoneras	117
	Falla de sensor de puesta a tierra de tanque	118
	Falla motor eléctrico	119
	Neumático	
	Falla bomba llenado tolva	101
	Tanque móvil/manguera	102
	Sensor llenado tolva	103
	Falla accesorios neumáticos	104
	Cambio pistón	105
	Válvula corte	107
	Tornillo elevación	108
	Mecánico	
	Regulador de carrera	109
	Falla banda transportadora	111
	Derrame mayor	112
	Falla de Taponadora	113
	Falla caja reductora	115
	Falla estructura mecánica	120
Cambio formato	Preparación	201
	Limpieza de equipo	202
	Cambio de boquilla	203

	Cambio de tipo de envases	204
Cambio elemento rutinario	Cuchilla selladora caja	301
	Rollo de cinta adhesiva	302
Arranque y paro	Arranque	401
	Paro	402
Pequeña parada	Derrame menor	502
	Drenado raspado y paleteado	501
Velocidad reducida	Problemas de llenado	601
	Alta viscosidad de producto	602
Defectos y reprocesos	Abolladuras	701
	Etiquetado inadecuado	702
Paros de planta	Limpieza planeada	801
	Mantenimiento planeado	802
	No ordenes de producción	803
	Capacitaciones	804
Gestión	Accidente/riesgo seguridad	901
	Falta aire comprimido	902
	Falta de agua limpieza	903
	Reevaluación de lote	904
	Falta de tarimas	905
	lote no etiquetado	906
	Espera evaluación PUG o lote	907
Logística	EEE no estándar	1001
	Falta de pallet	1004
	Playa despacho llena	1005
	Retraso en lote	1003
Movimiento operacional	Falta de conocimiento	1101
	Búsqueda de herramientas	1102
	Desplazarse a balanzas	1103
	Traslado de solvente	1104
Organización de línea	Tiempo comida/descanso	1201
	Falta personal mantenimiento	1202
	Falta personal operativo	1203
Mediciones y ajustes	Ajuste de altura	1301
	Verificación de peso por galón	1302

Fuente: Elaboración propia.

Todas las pérdidas y códigos identificados en la Tabla 3 y la Tabla 4, permitirán calcular el OEE, para esto es necesario realizar capacitaciones con todos los operarios para explicar y detallar en qué consiste cada pérdida, ya que ellos serán los responsables de generar la información por medio de las bitácoras colocadas en cada uno de los equipos.

Para la identificación, el operario también se apoyará de los técnicos de mantenimiento, ya que algunas de estas pérdidas son fallas muy complejas para lo cual se necesitará inicialmente la pericia y experiencia de los técnicos para poder generar una información confiable y que pueda agregar valor al proceso productivo.

1.2.3 Plan de elaboración de procedimientos para recolección de datos en producción

Luego de identificar cada una de las perdidas relacionadas a cada uno de los equipos a analizar dentro del proceso productivo, debemos de realizar los formatos de la bitácora que nos servirán para poder registrar los tiempos de paro y los cuales se colocarán en cada uno de los equipos. Estas bitácoras serán llenadas por cada uno de los operarios.

La bitácora debe de contar con el código de la máquina, el código y tipo de paro, el nombre del operario, el número de lote o producción, descripción del problema, entre otros, que ayuden a identificar y a analizar las pérdidas que ocurren. Estos deben de ser recolectados y recopilados en un periodo que se debe de establecer previamente recomendablemente semanal. Como ejemplo de formato tenemos.

1.2.4 Guía mediciones para OEE y pérdidas relacionadas

- **Árbol de perdidas**

Una vez recolectada toda la información de las pérdidas de cada uno de los equipos y clasificadas en las perdidas relacionadas a las entradas de producción (equipos, mano de obra, etc). Se procederá a realizar un gráfico de barras, el cual nos ayudará a visualizar las pérdidas de una forma organizada con la que se podrá identificar fácilmente cual es la perdida que causa un mayor impacto en el proceso productivo.

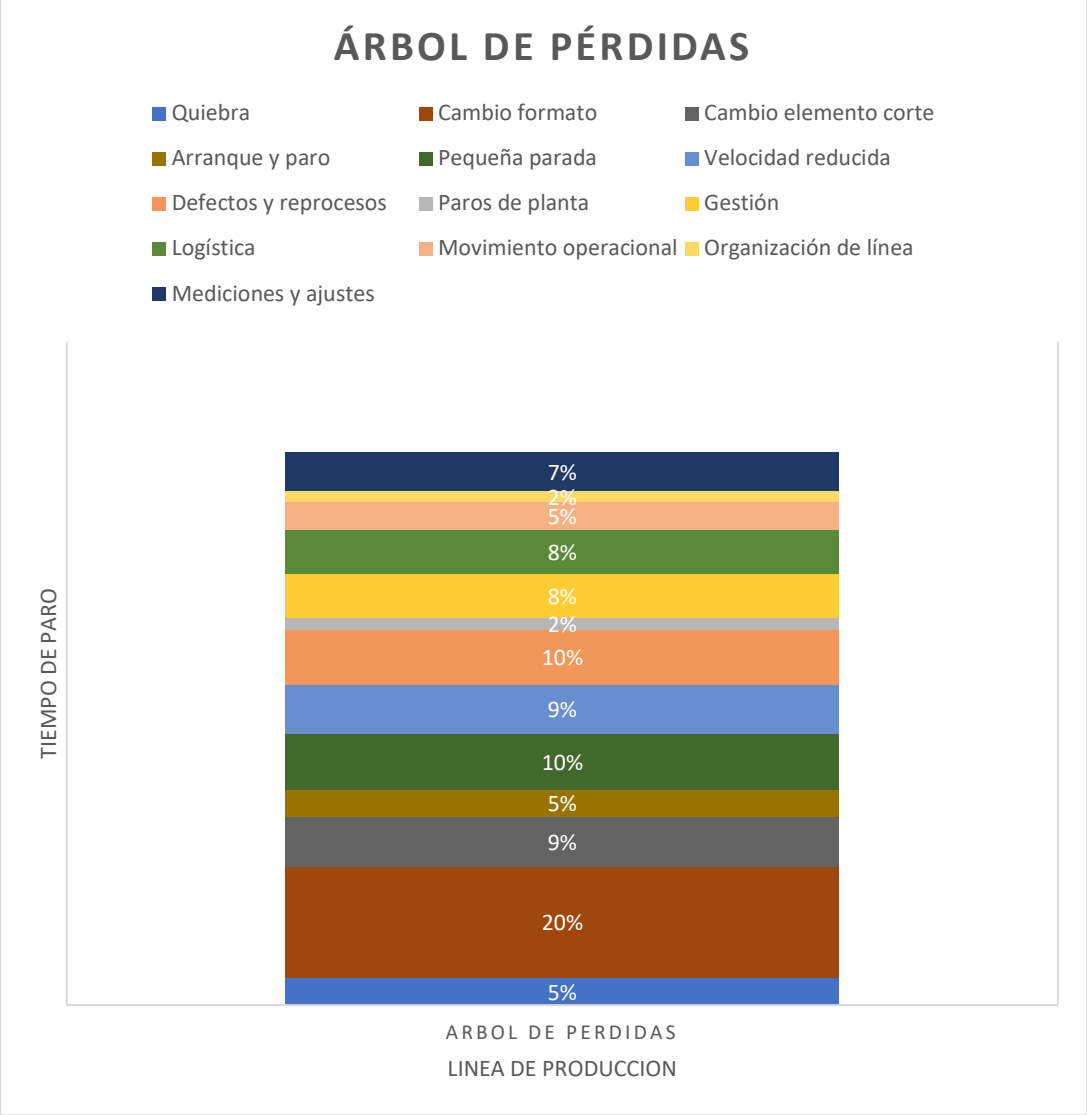


Figura 7. Ejemplo de gráfico de árbol de pérdidas.

- **Mejora Orientada**

Una vez identificadas cuales son las pérdidas que tienen el mayor impacto en cada uno de los procesos y en general, se procederá a realizar una evaluación para poder activar un proyecto de mejora enfocada para el cual se deben de seguir todos los pasos mencionados en la sección 1.1.2 “pasos para la implementación”.

- **OEE**

Para el cálculo del OEE se utilizará todos los datos obtenidos en el árbol de perdida, estos tiempos de paro se restan del tiempo total para obtener el tiempo de carga, operación, neto y la operación con valor, el cual se traduce como el tiempo efectivo que agrego valor al proceso productivo. Como se muestran en la Fig. 8.

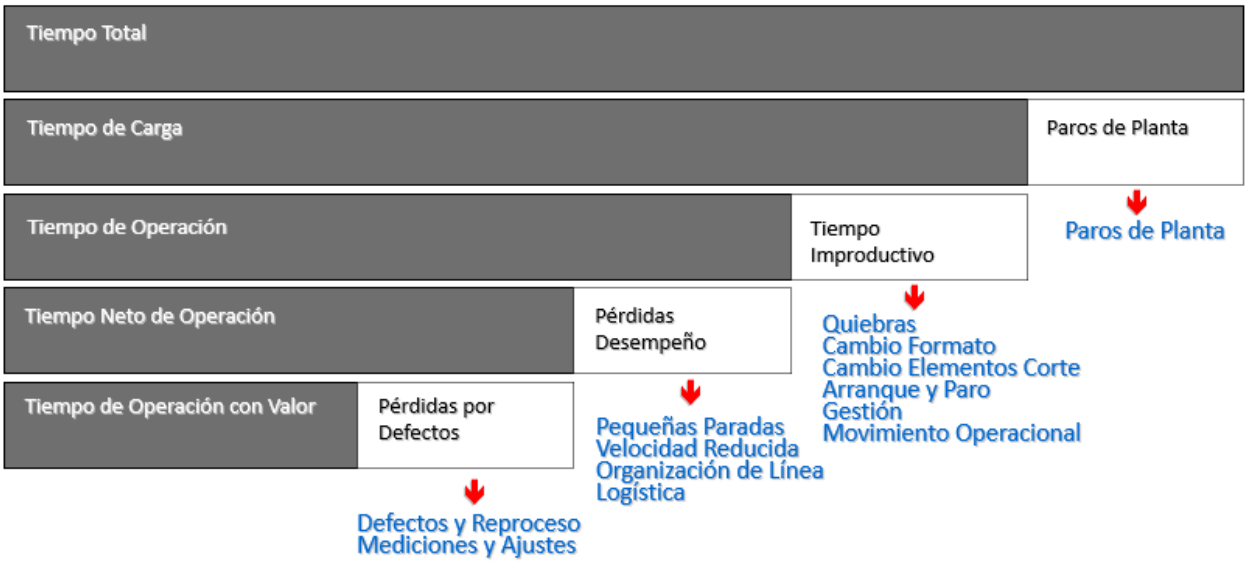


Figura 8. Relación de las pérdidas y el OEE. (Suzuki, 2017)

Una vez identificados cada uno de los valores de los diferentes tiempos relacionados a la producción se utilizará la (Ec. 1.1), para obtener el valor final del OEE.

$$OEE = Indice\ de\ Disponibilidad\ x\ Indice\ de\ Desempeño\ x\ Indice\ de\ calidad \quad \text{(Ec. 1.1)}$$

$$OEE = \frac{Tiempo\ operación}{Tiempo\ de\ carga}\ x\ \frac{(Tiempo\ estándar)(Producción)}{Tiempo\ de\ operación}\ x\ \frac{Producción - producción\ defectuosa}{Producción}$$

(Ec. 1.2)

CAPÍTULO 2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

2.1 Referencia Conceptual

2.1.1 Plan de seguridad para el operario: Guía de bloqueo y etiquetado para TPM

2.1.2 Paso 1. Limpieza inicial

La ausencia de una limpieza adecuada puede poner en riesgo el funcionamiento de los equipos y de la operación en general, ya que esta puede derivarse en fallos, defectos de calidad, deterioro acelerado y perdidas de velocidad.

La limpieza debe ser considerada una forma de inspección, cuya finalidad sea descubrir defectos ocultos o anormalidades en las condiciones del equipo, (Nakazato, 1999). Limpiar regularmente y a profundidad los equipos, removiendo todas las capas de suciedad y adherencias debe ser considerada una tarea diaria que contribuya a evitar fallos y defectos.

El objetivo del paso de limpieza inicial en mantenimiento autónomo es elevar la fiabilidad de equipo a través de tres actividades:

- **Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos**

Que la limpieza forme parte de las tareas diarias permite que los operarios se mantengan interesados en que el equipo no se vuelva a ensuciar, sin embargo, mantener a los operarios interesados en este tipo de tareas es un reto por lo que es importante que exista guías practicas por parte de los directivos y técnicos que faciliten a los operarios a contestar una serie de preguntas básicas como menciona Suzuki (2017):

a. ¿Qué es lo que puede ir mal si esta parte está sucia?
b. ¿Qué le sucede a esta columna o tubo cuando esta parte esta oxidada?
c. ¿Cómo afectará al producto si esto está bloqueado u obstruido?
d. Esta parte se sigue ensuciando a pesar de que la limpio a menudo. ¿De dónde surge la contaminación?

De tal manera que el operario luego de responder estas preguntas se facilite para él, encontrar formas para mantener su equipo limpio.

- **Descubrir todas las anormalidades**

Una anormalidad es todo aquello que deriva en otros problemas, pueden ser deficiencias, desordenes, fallas e irregularidades (Nazakato, 1999). Es necesario que los operarios sean capaces de clasificar estas irregularidades, que surgen a partir de la limpieza profunda, para ello es necesario que el operario sea instruido previamente para que sea capaz de identificar las anormalidades de un equipo, para esto se deben de facilitar ayudas de aprendizaje.

Para realizar el proceso de búsqueda de anormalidades es necesario que los operarios este previamente instruidos, una técnica para lograr este cometido es el desarrollo de lecciones de punto único que contengan diagramas simples que ilustran puntos únicos y específicos. Esta técnica debe de utilizarse sistemáticamente.

Otra de las técnicas útil es señalar el lugar donde ha ocurrido una anormalidad a través de tarjetas informativas, donde se indique la anormalidad, quien la encontró y la naturaleza del problema, utilizando distintos colores como, por ejemplo, blancas o verdes para tareas que pueden manejar los operarios por sí mismos, y rojas para el departamento de mantenimiento. El uso de estas tarjetas permite a los operarios, supervisores y personal de mantenimiento involucrarse en las tareas TPM.

Cuando se efectúan las actividades de limpieza inicial se encuentran una gran cantidad de anormalidades en un solo equipo, la constante práctica de esta limpieza de la mano de la guía y supervisión del personal de mantenimiento afinan la habilidad de los operarios para identificar las deficiencias y en consecuencia aumentar el número de las que identifican.

- **Corregir las pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo**

Para elevar la fiabilidad del equipo es esencial restablecer sus condiciones básicas (Suzuki, 2017). Para ello primero se deberá corregir las deficiencias más pequeñas para luego cuando se identifique una falla seria sea el área de mantenimiento quien las intervenga. Entre estas actividades que permiten mantener unas condiciones básicas de funcionamiento del equipo están la lubricación y el apretado.

Mantener una lubricación adecuada del equipo asegura un funcionamiento eficiente a través de la prevención del desgaste o quemaduras ya que ayuda a reducir la fricción. La falta de comprensión acerca de los principios de la lubricación por parte de los operarios expone al

equipo a un deterioro acelerado, entonces el punto de partida es la enseñanza de la importancia de la lubricación a los operarios, ya que es vital.

En cuanto al apretado, las maquinas funcionan con precisión únicamente si las tuercas, tornillos y pernos están debidamente apretados. Hasta la más ligera vibración en un equipo puede generar grietas incluso algunas piezas se pueden dañar o resultar completamente rotas. Para mantener dichas piezas en condiciones que promuevan la fiabilidad del equipo será necesario apretar y asegurar los pernos y tuercas que puedan estar flojas.

- **Descubrir los puntos peligrosos y formar para prevenir accidentes**

Es necesario para evitar accidentes, que se identifiquen y se neutralicen todas las fuentes de peligro en el equipo y el entorno de trabajo (Nazakato, 1999). Se deben de propiciar las condiciones adecuadas para crear lugares de trabajo seguros, limpios y gratos.

Debido que los operarios no están acostumbrados a realizar tareas de mantenimiento autónomo debe de considerarse meticulosamente la seguridad de los mismos. Para ello se debe de hacer uso de diversas técnicas de prevención de accidentes, poniendo en práctica procedimientos de seguridad cuando se intervenga el equipo.

- **5 S**

Las 5 S son un conjunto de actividades que se desarrollan de manera práctica y sencilla tanto en el trabajo para talleres como para oficinas. Estas actividades a su vez contribuyen a la fácil detección de anomalías que puedan ocurrir en el lugar de trabajo (Sacristán, 2005). Promueven el involucramiento desde el nivel individual hasta el nivel grupal en todas las áreas de una empresa con el fin de conseguir un lugar de trabajo seguro y ordenado que a la vez busca la mejora en la productividad.

El uso de estas técnicas permite aprovechar los espacios físicos, permiten la correcta disposición de herramientas y también su disponibilidad, así como llevar un orden y control de las actividades.

a. Seiri – organizar y seleccionar

Para realizar una clasificación exitosa es importante tomar en cuenta que es necesario retirar de las áreas de trabajo los elementos que resulten innecesarios. Para esto se debe preestablecer los motivos de remoción o eliminación de los objetos que no sean necesarios. Esta actividad

permitirá la eliminación de obstáculos y/o tiempos perdidos, así como evitar errores o fallas. La organización y selección también puede incluir las responsabilidades personales tanto como colectivas para la ejecución de un trabajo organizado. Una vez lograda la constancia en cuanto a la clasificación la meta será mantener el progreso alcanzado y posteriormente elaborar planes de acción que garanticen estabilidad y ayuden a mejorar continuamente.

b. Seiton – Ordenar

Al seguir el camino de la mejora en las actividades de producción se determina que el orden ayuda a la eliminación de despilfarros a través de la definición de una manera funcional de colocar los objetos que se utilizan en una planta de producción; esto permite dar cierta fluidez a los procedimientos en el trabajo que conlleva a facilitar las labores diarias. Es ideal que cada objeto tenga una ubicación definida que sea coherente con una manipulación segura y coherente.

Para mantener estas buenas prácticas para todos es necesario que el objeto que se utiliza se retorne a su ubicación inicial y así contribuir a un entorno funcional ordenado y seguro (Hegde, 2009).

c. Seiso – Limpiar

La cultura organizacional juega un papel crucial en el desarrollo y ejecución de la limpieza en el lugar de trabajo. No se trata de hacer brillar las maquinas, sino de transmitir a todos los operarios tanto como al resto de empleados, que se trata de realizar un trabajo en conjunto para eliminar cualquier foco de suciedad. Mantener un área de trabajo impecable garantiza que los procedimientos de alta calidad sean más sencillos y seguros de ejecutar. Una zona de trabajo impecable aplica también para los lugares inaccesibles, esto con el fin de mantener los equipos en buen estado.

d. Seitketsu – Mantener

Para poder conservar y mantener en el tiempo las buenas prácticas adoptadas con respecto a la ejecución de las 5 S es necesario el establecimiento de estándares de limpieza, de fácil seguimiento, con el fin de identificar una situación normal de una anormal. Para ello las señales visibles, como las lecciones punto a punto, se convierten en una herramienta de apoyo como referencia visual del estado ideal del puesto de trabajo.

Estas técnicas permiten normalizar los procedimientos de clasificación, orden y limpieza hasta obtener como resultado una cultura organizacional mejorada que identifican y eliminan fuentes de suciedad garantizando la funcionalidad de los equipos. Es entonces la estandarización de este conjunto de actividades que permitirá el mejoramiento del nivel alcanzado a través de normas claras y precisas.

e. Disciplina – Shitsuke

El objetivo principal de la puesta en práctica de las 4 S anteriores es la autodisciplina, esto significa que las normas establecidas se volverán un hábito, una práctica diaria a nivel personal y grupal. La necesidad de asignar un responsable y la creación de un checklist para el monitoreo de las 5 S se vuelve imperativo con el fin de garantizar y verificar el cumplimiento de las mismas, esto permitirá la mejora continua en el trabajo que se realiza a diario.

2.1.3 Paso 2. Eliminar fuentes de contaminación y lugares inaccesibles

En este paso los operarios son capaces de desarrollar sus habilidades intelectuales para crear mejoras eficaces. En esta etapa existe la conciencia de efectuar mejoras para resolver las anormalidades, esto puede provocar incomodidad en los operarios puesto que se pueden sentir presionados a pensar en mejorar algunas de sus técnicas de limpieza inicial por esto el objetivo de este paso es reducir el tiempo de limpieza, chequeo y lubricación a través de las siguientes actividades:

- **Identificar y eliminar las fuentes de fugas y derrame**

Aunque los efectos de estas fugas y derrames son varios se hace muy poco para controlarlos. Estos podrían llegar a causar el deterioro del entorno de trabajo y la calidad del producto y disminuyen los niveles de fiabilidad, sin embargo, es común creer que las mejoras cuestan mucho dinero y por lo tanto no pueden hacerse. Desde la óptica de mantenibilidad del equipo la calidad no debe tener ninguna excusa, es por esto que es esencial tomar en cuenta acciones preventivas.

Entre estas acciones preventivas se recomienda comprobar con precisión la naturaleza de la contaminación y como y donde se genera, luego de esto es importante reunir los datos sobre el volumen de fuga, derrames y otras contaminaciones, ya que esto ayuda a los operarios a comprender la importancia y los estimula a rastrear la contaminación hasta su fuente original.

Se debe de localizar la contaminación para posteriormente reducirla a través mejoras sucesivas ya que las mejoras de golpe son imposibles. Cuando una fuga o derrame no la pueda manejar el operario deberá ser el área de mantenimiento quien responda a dicha falla.

- **Mejorar la accesibilidad para reducir el tiempo de trabajo**

Como menciona Nazakazato (1999), las medidas de limpieza y lubricación solo perdurarán si cualquiera es capaz de hacerlo con seguridad. Por tanto, es necesario disminuir las inaccesibilidades a los equipos o partes de estos para que con ello de disminuya el tiempo de limpieza para que las acciones de limpieza y lubricación se mantengan por mayor tiempo. Para lograr esto se requiere del desarrollo de herramientas de limpieza que sean más eficientes para eliminar focos de contaminación y se vuelvan accesibles todos los lugares de limpieza.

Para facilitar a los operarios las actividades de chequeo se vuelve conveniente realizar guías o cuadros esquemáticos donde se muestren las actividades de chequeo a realizarse esto con el fin de que los tiempos que se invierten para las revisiones sean cortos y también de fácil ejecución para los operarios. Esto aplica también para las tareas de lubricación, por medio de la utilización de gráficos de lubricación, así como la estandarización de los procedimientos de lubricación.

2.1.4 Paso 3. Estándares de limpieza, lubricación y apriete de pernos

El objetivo de este paso es garantizar el mantenimiento de los logros obtenidos de los dos pasos anteriores como lo menciona Suzuki (2017), es decir mantener las condiciones óptimas de operación de los equipos, esto se logra a través de la estandarización de los procedimientos de inspección y limpieza, así también con la delimitación de responsabilidades de los miembros del equipo.

Se debe tener el cuidado al realizar los estándares de considerar quien será el personal dedicado al llenado de los formatos, ya que se debe de tomar en cuenta sus observaciones, para que estos se encuentren motivados al realizarlos. Se debe de tener en consideración que estos estándares deben provenir también de la alta dirección de tal manera que su llenado sea obligatorio para los operarios.

La creación de estándares ayuda a los operarios a ejecutar correctamente los chequeos diarios de tal forma que para su fácil y lógica realización estos deben de basarse en la técnica 5 por qué y

1H. (¿Dónde?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Por qué?, ¿Quién? y ¿Cómo?), (Nazakato. 1999). También se deben de tomar en cuenta algunos temas.

Entre los temas a tomar en cuenta están los elementos de inspección, estos deben ser decididos por el equipo de manera que se estos se limpien, lubriquen y revisen. Para es estos elementos es necesario determinar qué sucedería si no se mantienen las condiciones óptimas del mismo, es decir cuál sería el impacto en el proceso productivo o en las condiciones de seguridad.

Para realizar los chequeos se debe de considerar cuál es el método más simple para conseguir dicho propósito de manera correcta, apoyarse de controles visuales es ideal en este apartado. Es importante también decidir cuáles son las herramientas adecuadas para realizar las actividades de limpieza y lubricación. La asignación de tiempo adecuado para ejecutar cada tarea debe de ser progresivamente ajustados a través de mejoras y simplificaciones de manera que se puedan lograr objetivos alcanzables para dichas tareas.

La frecuencia de las inspecciones y la revisión de objetivos debe decidirse en base a las necesidades de los equipos de forma que a través de la acumulación de mejoras estos puedan ampliarse. La asignación de responsabilidades es un punto importante para elevar el sentido de responsabilidad de cada miembro frente al equipo.

Los controles visuales formar parte importante en las tareas de limpieza, lubricación y también de inspección para que puedan ser realizados por cualquiera de una forma segura, correcta y sencilla. Establecer nombres y códigos para los equipos, indicación de instrumentales y niveles, etiquetas de pieza etc. Forman parte de dichos controles.

2.1.5 Paso 4. Realizar inspecciones generales

Muchas empresas no hacen ningún esfuerzo por enseñar a los operarios la estructura y características de los equipos para su adecuado cuido. Estas también pueden llegar a fomentar a los operarios a que no deben poner ni un dedo sobre los equipos, esta actitud no aporta ningún beneficio. Sin embargo, en las empresas en las que los operarios están bien instruidos acerca de la inspección en los equipos las pequeñas deficiencias podrán ser superadas.

Se vuelve entonces de carácter urgente desarrollar operarios competentes que sean capaces de detectar fenómenos casuales que presagian averías antes de que sucedan. La formación de operarios se vuelve costosa y toma tiempo, por lo tanto, es valioso contemplar un programa de

formación en el que se refleje su experiencia (Suzuki, 2017). La formación en inspección general busca que cada operario adquiera las habilidades necesarias y que esto de resultados tangibles mediante las inspecciones de todos los equipos.

Para esta búsqueda se siguen algunos pasos a través de actividades que los pequeños grupos realizan:

- **Selección de elementos de inspección general**

Para una inspección precisa es necesario tomar en cuenta las especificaciones del diseño del equipo como el historial de problemas, averías y defectos.

- **Preparar materiales para formación e inspección**

A través de un chequeo de inspección general los operarios deben especificar los elementos revisados con sus cinco sentidos, por eso se vuelve de mucha importancia que los operarios aprendan por medio de un manual las funciones básicas y la estructura básica del equipo en cuestión. También es válido apoyarse de maquetas y gráficos de pared para facilitar la comprensión de los operarios. Para poder ejecutar las tareas de reapriete de tuercas y pernos es necesario preparar talleres de formación y simuladores de instrumentación.

- **Redactar el programa de formación en inspección general**

Previa a la consulta respectiva al área de producción, se crea un planing o un programa de formación.

Según Nazakato (1999) la enseñanza por relevos es el método más eficaz de realizar el programa de formación. Esto significa que la enseñanza se cascadea entre los miembros de los equipos, la formación de los líderes de grupo fluye en ambas vías puesto que ellos transfieren sus conocimientos y el equipo ayuda a desarrollar las capacidades de liderazgo; así también ellos deberán preparar materiales adicionales de enseñanza definiendo niveles apropiados para la misma.

La enseñanza por relevos, típica del TPM, se refiere más al aprendizaje por medio de la experiencia directa y no tanto por la instrucción en clase. A través de la inspección general se logra mejorar o restaurar el deterioro de la maquina y restablecer las condiciones básicas de la

misma. Cabe mencionar que la moral de los operarios que realizan este tipo de inspección puede verse afectada si no cuentan con las herramientas necesarias para llevarla a cabo.

Luego de realizada la inspección general el primer consolidado será alcanzar y asegurar el nivel de eficiencia conseguido y para mantener dicha eficiencia es necesario el replanteamiento de las actividades de inspección. Como segunda parte del consolidado se deberán evaluar las capacidades individuales de los operarios para determinar si es necesario alguna instrucción adicional y como última parte del consolidado será necesario llevar a cabo auditorias de las inspecciones para comprobar los resultados.

Al continuar la práctica de estas actividades de inspección general en los equipos se obtiene como resultado un lugar de trabajo libre de fallos.

2.1.6 Paso 5. Sistematizar el mantenimiento automático

Es importante desarrollar operarios capaces de identificar averías o fallos sin embargo solo esto no es suficiente para asegurar una operación eficiente en una industria. Las actividades de supervisión y operación con un equipo para los operadores son altamente propensas a experimentar errores, es por esto que es imperativo que los operarios comprendan los resultados en función de sus procesos de inspección.

Sin embargo, muchos operarios no han podido experimentar algo más que pulsar botones y por ello este paso del mantenimiento autónomo trata de terminar con esa práctica carente de inspección y crear plantas más eficientes, para esto será necesario contar con un procedimiento para desarrollar un programa de formación en inspección de procesos que consta de los siguientes pasos:

- **Operación y manipulación correctas**

La enseñanza escalonada con ayuda de lecciones de punto a punto y hacer énfasis en la importancia del rendimiento de los equipos más allá que en las funciones del mismo transforman de manera positiva el aprendizaje de los operarios y por ende el resultado obtenido de sus inspecciones así mismo pasa con el aprendizaje a través de la práctica más que de la enseñanza teórica.

- **Ajustes y montajes correctos**

La transferencia de información de forma escalonada, el uso de controles visuales indicando flujos para mejorar la fiabilidad en los ajuste y montajes es tan importante como el reconocimiento de lo que son y que efecto tienen los rangos de operación en la calidad del proceso y del producto (Suzuki, 2017).

- **Manejo correcto de las anormalidades**

Aquí se pueden identificar dos sub tareas, la primera consiste en la identificación que partes del proceso pueden avisar futuros fallos con su posterior análisis para poder predecir y evitar accidentes. Como segunda tarea se comprende el establecimiento de estándares provisionales de limpieza para así aumentar la precisión de los chequeos por medio de técnicas sencillas de inspección.

Es importante destacar que existen ciertos pasos para la preparación de las inspecciones generales del proceso donde se contemplan diferentes temáticas desde la preparación de temas, las listas adecuadas, la formación de los operarios, etc.

- **Establecimiento de unidad de estudio por categoría de equipo**

Los equipos deben de agruparse por categorías dependiendo de sus características, por ejemplo, máquinas rotativas, equipo de filtrado, intercambiadores de calor, etc. De manera que cuando estos equipos sean inspeccionados se aborden los temas pertinentes a los mismo, procurando que los temas seleccionados ahonden en el conocimiento de los operarios sobre el proceso.

- **Preparación de listas de chequeo de inspección general**

Las inspecciones que se realizan para los pasos anteriores se deben de realizar a través de listas de chequeo (Nazakato, 1999). Para la creación de estas debe estar claramente identificados los elementos a identificar y registrar.

- **Preparación de materiales de enseñanza para la formación en inspecciones generales**

La preparación de materiales de enseñanza ayuda a crear operarios competentes en el proceso productivo, estos materiales deben de ser desarrollados por los directivos y el staff de producción. Entre los materiales que se recomienda implementar se encuentran: manuales de operación y manipulación del proceso, manuales de ajuste y montaje, manuales de inspecciones periódicas generales, etc.

- **Práctica de la formación en inspección general del proceso**

El método de enseñanza por relevos es el ideal para transmitir el conocimiento entre los miembros del equipo, de modo que las personas puedan aprender enseñando a otros (Suzuki, 2017). Cuando los operarios son entrenados en técnicas de operación, manipulación, montajes, ajustes y prevención de accidentes, es ideal que las capacitaciones se hagan en campo, mostrando así el proceso real de ejecución de las tareas asignadas.

- **Consolidación de la formación en inspección general**

Se debe de evaluar la capacidad de los operarios por medio de evaluaciones individuales y a su vez dando seguimiento a las músicas. Se deben establecer criterios de acción para ejecución de las actividades de la mano de planes de mantenimiento de mantenimiento autónomo que procuren lograr sus objetivos, a través de la eliminación de situaciones anormales dentro del proceso.

2.1.7 Paso 6. Sistematizar el mantenimiento

La correcta implementación de los pasos del mantenimiento autónomo debe de garantizar que los equipos funcionen de manera óptima a través de la búsqueda constante de la mejora continua. Este tipo de mantenimiento debe de sistematizarse, con el objetivo de facilitar a los operarios las tareas del mantenimiento autónomo de la planta de manera profunda y amplia (Suzuki, 2017).

Los operarios deben de ser capaces de prevenir y detectar todas las anomalías del equipo (Nazakato, 1999), de forma rápida y eficiente. Para esto deben de apoyarse en estándares, es decir guías creadas con anterioridad, basadas en las condiciones óptimas requeridas y necesidades de cada equipo, como por ejemplo manuales de operación, diagramas del flujo de procesos, etc.

Es importante tomar en cuenta que esta estandarización se logra de forma exitosa por medio de la repetición y mejora constante de las actividades de inspección que los operarios llevan a cabo, hasta el punto de lograr que éstos sean capaces de anticiparse a cualquier posible fallo.

2.1.8 Paso 7. Practicar la plena auto gestión

Alcanzar un nivel óptimo de gestión requiere de mucho esfuerzo, ya que hay que mejorar y monitorear constantemente todas las acciones que producen resultados concretos al

implementarse, esto se realiza a través de una auditoría. La auditoría tiene como fin evaluar y confirmar los resultados del programa (Suzuki, 2017).

Las auditorías dan como resultado una serie de aspectos que deben ser usados como indicadores del estado de avance y de implantación del pilar, también revela datos de mejora, pero a su vez permiten determinar hasta donde debe llegar cada fase. Las auditorias sirven a su vez como un incentivo motivacional para los operarios.

2.2 Propuestas de Documentación

2.2.1 Plan de limpieza inicial

Para la propuesta de documentación se seguirá el flujo de la Fig. 9, donde se muestra las bases del pilar las cuales son todas las medidas de seguridad para que el operario pueda intervenir en los equipos y 5s las cuales son la base para poder iniciar la inspección de los equipos, en las cuales podremos encontrar anormalidades las que se eliminarán y se repetirá este ciclo para prevenir fallos en los equipos.

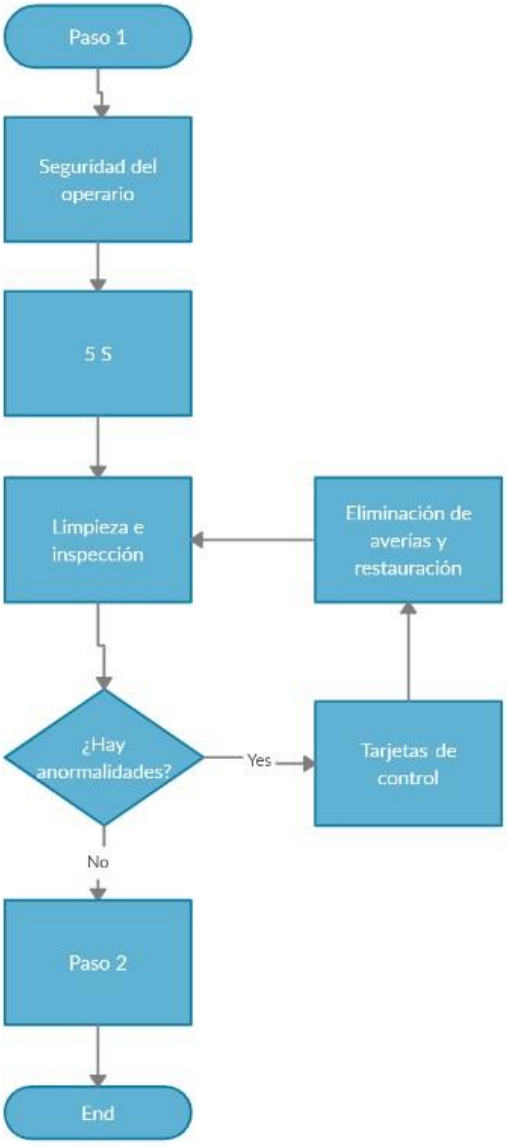


Figura 9. Flujo de proceso del paso 1 de Mantenimiento Autónomo. (Suzuki, 2017)

2.2.1.1 Plan seguridad del operario

La seguridad es el primer paso cuando se hablamos de Mantenimiento autónomo, ya que los operarios desde el primer paso deben de comenzar a interactuar con todas las partes de los equipos lo cual fácilmente puede propiciar un accidente si no se realiza de la forma adecuada, si no se cuentan con el conocimiento necesario del equipo y de las fuentes de energía que necesita para poder operar.

Para poder conocer a profundidad la maquina es recomendable que los operarios puedan dibujar la maquina con todos sus sistemas nombrándolos uno por uno, esto ayuda a que se familiaricen

y a la vez que los operarios realicen preguntas acerca del funcionamiento de estos sistemas y donde es importante enfatizar en los diversos dispositivos de seguridad con los que cuentan los equipos y las fuentes de energía que requiere cada sistema que compone el equipo.

El ambiente y las condiciones de trabajo también son unos de los factores cruciales que deben de ser considerados al momento de realizar los análisis de seguridad, ya que de esto depende el tipo de equipo de seguridad que será necesario y los protocolos de seguridad que deberán seguirse para garantizar la seguridad de los operarios.

- **Bloqueo y etiquetado**

El bloqueo y etiquetado es uno de los procedimientos fundamentales para iniciar el pilar del mantenimiento autónomo, ya que debemos de garantizar la seguridad de los operarios mientras realizan las inspecciones. Para que este procedimiento sea efectivo debe de ser ejecutado por el operario para que no se prolongue demasiado el tiempo de las actividades.

Es necesario capacitar a los operarios en los procedimientos de bloqueo y etiquetado, además de brindarles las herramientas necesarias como lo son los candados, bloqueos y etiquetas. Estos serán colocados en el paro de emergencia del equipo, protecciones eléctricas, válvulas de alimentación de agua fría y aire comprimido para lo cual se deben de seguir los siguientes pasos:

a. El operario deberá identificar los puntos de alimentación de los diferentes tipos de energía
b. Colocar el accesorio adecuado y el candado en el paro de emergencia principal del equipo, en el sistema de aire comprimido y el sistema de agua fría en caso de contar con todas estas, donde se utilizará un candado color azul para los sistemas de aire comprimido, verde para sistemas de agua y rojo para sistemas eléctricos.
c. El operario realizara una prueba en el equipo para verificar que se encuentre totalmente inhabilitado.
d. Se realizarán todas las actividades correspondientes al paso que se esté ejecutando del mantenimiento autónomo.
e. El operario verificará que el área de trabajo se encuentre limpia, procederá a quitar todos los bloqueos y a realizar pruebas de funcionamiento para garantizar la operatividad de la máquina.

Figura 10. Bloqueo de tubería de agua fría y protección eléctrica.

2.2.1.2 Plan 5 S

La metodología de 5 S se enfocará a los puestos de trabajo especialmente a los puestos de los operarios que manejan cada uno de los equipos mencionados anteriormente. Las preguntas realizadas en la Tabla 5 buscan evaluar el nivel de cumplimiento de cada una de las 5 S y que tanto esta metodología se encuentra asimilada e interiorizada en cada uno de los colaboradores de la planta.

Además, es muy importante el seguimiento y el establecimiento de actividades para la mejora de cada una de las 5 S para lo cual utilizaremos la Tabla 6. En la cual se busca establecer actividades puntuales que nos ayuden a la mejora continua de la metodología.

Tabla 5. Detalle de actividades 5 S.

ACTIVIDADES 5 S		Versión 1 Código 1 **vigencia: 1/8/2020**
Máquina/ área: Esmalte	Elaboro: S. Hernández	**Fecha: 1 /10/2020**
´´S´´	Observación	Qué hacer
Organizar	Se cuenta con herramientas que no se utiliza	Clasificación de herramientas
Ordenar	No se cuenta con un lugar adecuado para las herramientas	Colocar pizarra para colocar herramienta
Limpiar	Profundizar en la limpieza del área de trabajo	Limpiar motor eléctrico y maquinaria
Estandarizar	No se observa los estándares de limpieza en el área de trabajo	Elaboración de estándares
Disciplina	No se observa la interiorización de la metodología	Realizar capacitaciones de 5 S

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

En la tabla 5 se colocará en la casilla de observación todas las actividades necesarias para poder mejorar en cada uno de los aspectos de las 5 s y en el que hacer el auditor debe de explicar las actividades a realizar para poder superar dichas observaciones, con esto se logrará brindar un seguimiento puntual a las mejorará necesarias para asegurar la mejora continua en la metodología de 5 S.

Tabla 6. Lista de chequeo de actividades 5 S.

FORMATO DE LISTA DE CHEQUEO 5 "S"			Codigo:	1		
			Version:	1		
			Vigencia:			
Proceso:		Documento o proceso:				
Chequeo		Puesto de trabajo: Auditor:	Fecha			
		Calificación actual: Calificación anterior:				
		0=Malo 1=Regular 2= Aceptable 3= Bueno 4=Excelente	Calificacion			
"S"	No	Criterios de evaluación	1	2	3	4
Organización	1	¿Las herramientas consideradas necesarias para el desarrollo de las actividades del área se encuentran organizadas?				
	2	¿Se observan objetos daños en estas herramientas o utensilios?				
	3	En caso de observarse herramientas dañadas ¿Se han catalogado cómo útiles o inútiles? ¿Existe un plan de acción para repararlos o se encuentran separados y rotulados?				
	4	¿Existen herramientas o utensilios no necesarios para el proceso a realizar?				
	5	En caso de observarse objetos obsoletos ¿Están debidamente identificados como tal, se encuentran separados y existe un plan de acción para ser descartados?				
	6	¿Se observan objetos de más, es decir que no son necesarios para el desarrollo de las actividades del área?				
	7	En caso de observarse herramientas de más ¿Están debidamente identificados cómo tal, existe un plan de acción para ser transferidos a un área que los requiera?				
Orden	8	¿Se dispone de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario? ¿Cada cosa en su lugar?				
	9	¿Se dispone de sitios debidamente identificados para elementos que se utilizan con poco frecuencia?				
	10	¿Utiliza la identificación visual, de tal manera que le permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición de los objetos de espacio?				
	11	¿La disposición de los elementos es acorde al grado de utilización de los mismos? Entre más frecuente más cercano.				
	12	¿Considera que los elementos dispuestos se encuentran en una cantidad ideal?				
	13	¿Existen medios para que cada elemento retorne a su lugar de disposición?				
	14	¿Hacen uso de herramientas como códigos de color, señalización, hojas de verificación?				
Limpieza	15	¿El área de trabajo se observa absolutamente limpia?				
	16	¿Los operarios del área y en su totalidad se encuentran limpios, de acuerdo a sus actividades y a sus posibilidades de asearse?				
	17	¿Se han eliminado las fuentes de contaminación o existen planes para realizarlo?				
	18	¿Existe una rutina de limpieza por parte de los operarios tanto para el area de trabajo como para la maquinaria?				
	19	¿Existen espacios y elementos para disponer de la basura de forma clasificada?				
Estandarización	20	¿Existen herramientas de estandarización para mantener la organización, el orden y la limpieza identificados?				
	21	¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?				
	22	¿Se utilizan moldes o plantillas para conservar el orden?				
	23	¿Se cuenta con una cronograma de análisis de utilidad, obsolescencia y estado de elementos?				
	24	¿En el período de evaluación, se han presentado propuestas de mejora en el área?				
	25	¿Se han desarrollado lecciones de un punto o procedimientos operativos estándar?				
Disciplina	26	¿Se percibe una cultura de respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza?				
	27	¿Se percibe proactividad en el desarrollo de la metodología 5s?				
	28	¿Se conocen situaciones dentro del período de la evaluación, que afecten los principios 5s?				
	29	¿Se encuentran visibles los resultados obtenidos por medio de la metodología en meses anteriores?				
Sumatoria						
Total						

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

2.2.1.3 Plan de anomalías e identificación fuentes de contaminación

En la tabla 6, se han identificado los diferentes tipos de anormalidades que pueden existir en los equipos de molienda y envasado, al descubrir una de estas se debe de colocar una viñeta la cual puede ser Azul, Roja o Amarilla lo que indica que puede ser resuelta por operarios, por personal de mantenimiento o que debe ser evaluado por el área de seguridad ocupacional respectivamente.

Tabla 7. Lista de chequeo de actividades 5 S.

Pequeñas deficiencias	
Contaminación	Polvo, polvos químicos, pintura
Daños	Picaduras, fisuras
Holgura	Desgaste
Flojedad	Cadena, correas, empaques
Fenómenos anormales	Ruido, vibración, aumento de presión, calentamiento
Condiciones básicas	
Lubricación	Falta o fugas de lubricación, suciedad
Apretado	Pernos, correas, tuercas
Inaccesibilidad	
Limpieza	Poco espacio, guardas, cubiertas
Inspección- Chequeo	Construcción, orientación de instrumentos inadecuada, disposición incorrecta
Focos de contaminación	
Producto	Derrames, fugas
Lubricantes	Derrames, fugas
Químicos	Derrames, fugas
Fuentes defectos de calidad	
Viscosidad	Composición, agitación
Tamaño de partícula	Molienda, filtros inadecuados
Elementos innecesarios	
Maquinaria	Sensores, filtros, agitadores
Tubería	Tuberías de sistema eléctrico, aire comprimido, agua de enfriamiento, mangueras
Reparaciones provisionales	Fuera de normativas internacionales
Lugares Inseguros	
Suelo	Grietas, desniveles
Luces	Iluminancia no adecuada o fuera de normativas
Áreas clasificadas	Maquinas no adecuadas, concentración de gases explosivos
Maquina rotativa	Mecanismos de seguridad dañados

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

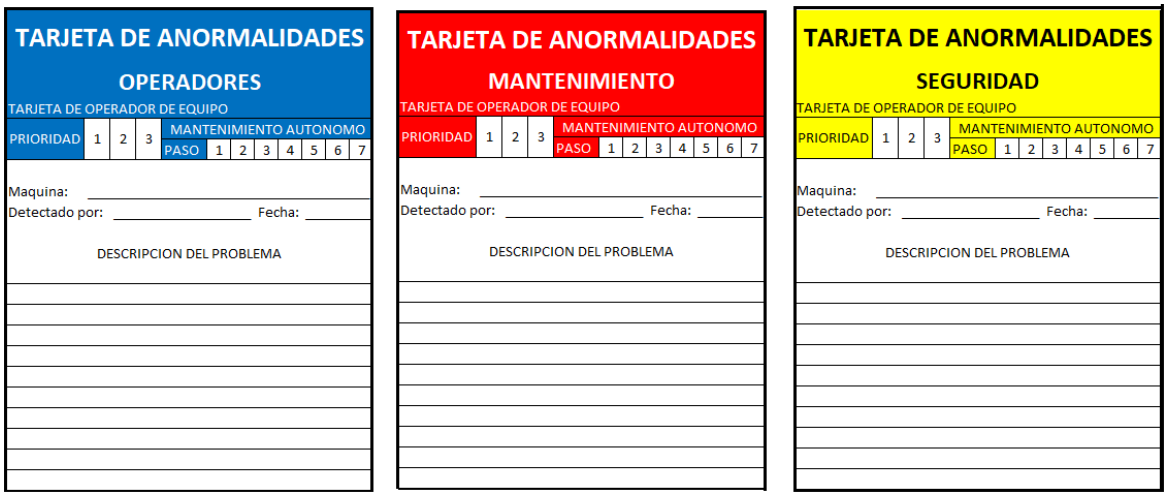


Figura 11. Tarjetas de anomalías de operador, mantenimiento y seguridad. (Suzuki, 2017)

Las tarjetas de anomalías se colocarán lo más cercano al punto donde se encuentran, estas deben de llevar a que paso está relacionada la anomalía, el nombre de la persona que la identifico, la prioridad donde 3 es la menor y 1 la mayor, la mayor la cual estará basada en la criticidad asignada al equipo además de una descripción detallada del problema encontrado.

A todas las anomalías se les debe de brindar un seguimiento adecuado, ya que de no realizarse se desmotiva a los operarios que las reportan. Además, se deben de gestionar de una manera oportuna como por ejemplo a través de un GMAO (Gestión de Mantenimiento asistido por un ordenador) donde fácilmente se pueden colocar solicitudes y realizar un seguimiento eficaz de todas las anormalidades incluso de las que son solucionadas por medio del personal de producción.

2.2.1.4 Plan de estándares de limpieza temporales

Las diferentes listas de chequeo se utilizarán como una guía para que el operario pueda iniciar a conocer e inspeccionar los equipos. En estos se revisará tanto la parte eléctrica como la mecánica, neumática etc., con el objetivo de identificar el estado en el que se encuentran y si existe alguna anormalidad que sea necesario tratar.

Las listas de chequeo que se presentan en las Tablas 8 y 9 fueron elaboradas de acuerdo con los requerimientos y sistemas de cada uno de los equipos debido a que las envasadoras no utilizan sistema de enfriamiento con agua fría y en el caso de los molinos no utilizan partes neumáticas por lo que no se considera adecuado realizar una lista de inspección general.

Tabla 8. Lista de inspección de molinos.

LISTA DE INSPECCION DE MOLINOS			Código: 001			
			Versión: 001			
Chequeo		Puesto de trabajo: Molino Operario: S. loza	Fecha:			
		Calificación actual: 92 Calificación anterior: 80	CALIFICACION			
Categoría	Item	1=Malo 2= Regular 3= Bueno 4=Excelente	1	2	3	4
General	1	El equipo no presenta fisuras				x
	2	Pernos tornillos y soporte de equipos bien ajustados.				x
	3	Equipo libre de suciedad, polvo, exceso de aceite.		x		
	4	Toda cubierta de equipo y acceso a paneles de control es seguro.			x	
Enfriamiento	5	Tuberías y mangueras sin fugas y con aislamiento térmico			x	
	6	Temperatura de entrada de 7 C			x	
	7	Las válvulas y manómetros se encuentra en buen estado			x	
Eléctrico	8	Cables eléctricos están revestidos y las conexiones ajustadas			x	
	9	Switches, paneles y medidores están limpios, rotulados y operables		x		
	10	Consola de equipos están limpias y todas las lámparas indicadoras trabajan			x	
Lubricación	11	Lubricación tienen flecha direccionales y no gotean				x
	12	Verificar que el nivel de lubricante en la unidad mantenimiento sea mayor a 40 ml			x	
	13	Revisar que el nivel y el color del glicol sea el adecuado			x	
	14	Medidores de temperatura operables			x	
Trasmisión	15	Las correas no tienen fisuras y la tensión es la adecuada				x
	16	Las poleas se encuentra en buen estado			x	
	17	Los rodamientos no tienen ruido anormales			x	
	18	El motor no presenta sobrecalentamiento ni ruido			x	
SUMATORIA				4	36	16
TOTAL (Mínimo esperado 45)			56			

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

El objetivo de estas listas de inspección es que el operario se familiarice con el equipo y que pueda descubrir en qué estado se encuentran las partes de cada uno de los sistemas, para que posteriormente cuando realice la limpieza inicial se le facilite identificar y reparar cada una de las anomalías que se presenten.

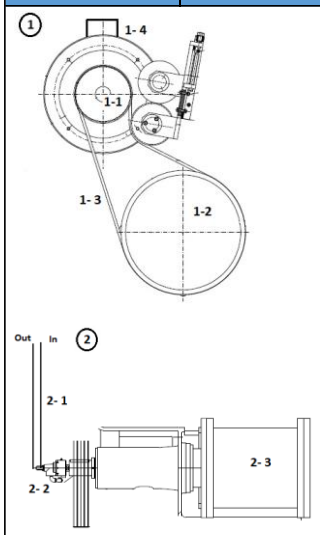
Tabla 9. Lista de inspección de envasadoras.

LISTA DE INSPECCION DE ENVASADORAS			Código:			001
			Versión:			001
Chequeo		Puesto de trabajo: Auditor:	Fecha:			
		Calificación actual: Calificación anterior:	CALIFICACION			
CATEGORÍA	ITEM	1=Malo 2= Regular 3= Bueno 4=Excelente	1	2	3	4
General	1	El equipo no presenta fisuras			x	
	2	Pernos tornillos y soporte de equipos bien ajustados.				x
	3	Equipo libre de suciedad, polvo, exceso de aceite.				x
	4	Toda cubierta de equipo y acceso a paneles de control es seguro.			x	
Neumática	5	Las mangueras y accesorios no presentan fugas			x	
	6	La presión de entrada es de 6 a 8 bares				x
	7	Las boquillas poseen un flujo continuo de producto			x	
	8	Los actuadores realizan su funcionamiento adecuadamente			x	
Lubricación	9	Lubricación tienen flecha direccionales y no gotean				x
	10	Verificar que el nivel de lubricante en la unidad mantenimiento sea mayor a 40 ml			x	
Trasmisión	11	Los rodamientos no tienen ruido anormales			x	
	12	El motor no presenta sobrecalentamiento ni ruido			x	
Eléctrica	13	Cables eléctricos están revestidos y las conexiones ajustadas			x	
	14	Switches, paneles y medidores están limpios, rotulados y operables			x	
SUMATORIA					30	16
TOTAL (Mínimo esperado 32)			56			

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

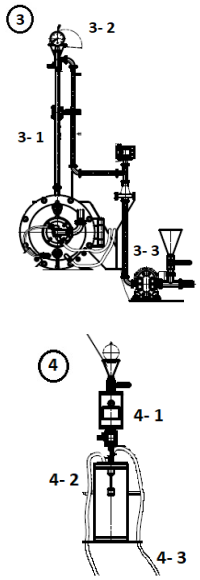
Tomando como fuente de información las listas de chequeo se realizará los estándares de limpieza temporales, estos facilitaran y serán una guía para que el operario inicie a tocar las diferentes partes del equipo, realizar la limpieza, aprietes y a reportar todas aquellas actividades previamente definidas.

Tabla 10. Estándar de limpieza provisional para molino.

TPM	Estándar de Mantenimiento autónomo (provisional de limpieza)				Grupo:_____ Líder:_____							Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020
	Area: Esmalte		Equipo: Molino									
	Chequeo por medio de la limpieza											
	Piezas	Estándar	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	Tiempo	Intervalo				Responsable
							D	S	M	A	
	1 Transmisión	Sin suciedad	Limpiar								
	1- 1 Polea accionada	Limpia, sin grietas, desgaste		Galgas	Informar a supervisor	10			x		Operador
	1- 2 Polea accionada	Limpia, sin grietas, desgaste		Galgas	Informar a supervisor	10			x		Operador
	1- 3 Correa	Sin grietas, holgura, desgaste		N/A	Informar a supervisor	3			x		Operador
	1- 4 Motor	No polvo, sobrecalentamiento			Informar a supervisor	3	x				Operador
	2 Sistema de enfriamiento	Sin fugas									
	2- 1 Mangueras de agua fría	Sin fugas			Apretar o reemplazar	2	x				Operador
	2- 2 Junta rotativa	Sin fugas, vibración		N/A	Informar a supervisor	2	x				Operador
	2-3 Recamara de molienda	sin fugas, vibración			Apretar	3	x				Operador

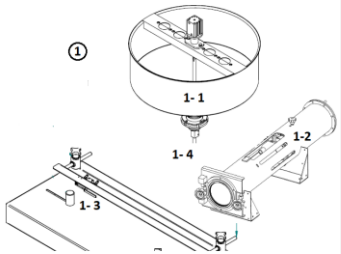
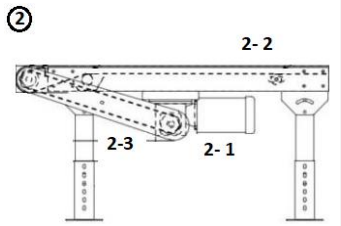
Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

Tabla 11. Estándar de limpieza provisional para molino.

TPM	Estándar de Mantenimiento autónomo (provisional de limpieza)				Grupo:_____ Líder:_____						Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020
	Area: Esmalte		Equipo: Molino								
	Chequeo por medio de la limpieza										
	Piezas	Estándar	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	Tiempo	Intervalo				Responsable
							D	S	M	A	
	3 Sistema recirculación de producto	Limpio									
	3- 1 Tubería de recirculación	Sin fugas			Apretar	3	x				Operador
	3- 2 Manómetro	Sin fugas			Apretar	1	x				Operador
	3- 3 Bomba de recirculación	Sin vibración, Sobrecalentamiento,		N/A	Informar a supervisor	2	x				Operador
	4- Sistema de lubricación	Sin fugas									
	4- 1 Reservorio de glicol	Cantidad específica			Apretar, llenar hasta marca	2	x				Operador
	4- 2 Tanque a presión de glicol	Sin fugas, Cantidad específica			Apretar, llenar hasta marca	2	x				Operador
	4- 3 Mangueras	Sin fugas			Apretar	1	x				Operador

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

Tabla 12. Estándar de limpieza provisional de envasadora.

TPM	Estándar de Mantenimiento autónomo (provisional de limpieza)				Grupo:_____ Líder:_____						Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020
	Area: Esmalte		Equipo: Envasadora								
	Chequeo por medio de la limpieza										
	Piezas	Estándar	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	Tiempo	Intervalo				Responsable
							D	S	M	A	
	1 Dosificadora	Sin suciedad	Limpiar		N/A	3	x				Operador
	1-1 Tolva de producto	Sin suciedad	Limpiar		N/A	4	x				Operador
	1-2 Pistón de dosificación	Limpia, sin fugas			Apretar	5		x			Operador
	1-3 Mesa y sensor	Sin suciedad	Limpiar		N/A	2	x				Operador
	1-4 Boquilla	Sin suciedad	Limpiar		N/A	2	x				Operador
											
	2 Banda transportadora	Sin suciedad	Limpiar								
	2-1 Moto reductor	Sin vibración, ruido, sobrecalentamiento			Informar a supervisor	3	x				Operador
	2-2 Cadena	Lubricación adecuada, sin ruido			Lubricar, apretar	3	x				Operador
	2-3 Banda transportadora	sin ruido			Apretar	3	x				Operador

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

2.2.2.1 Identificación, clasificación y eliminación de fuentes de contaminación

Eliminar las fuentes de contaminación es actuar contra las fuentes de contaminación (Suzuki, 2017). Para lograr esto es necesario identificar cuáles son las mayores fuentes de contaminación y de mayor impacto dentro del proceso productivo, de tal forma que se ataquen de manera efectiva, logrando así una mejora substancial en dicho proceso y en el entorno.

De manera empírica se ha determinado que en el proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa, la mayor fuente de contaminación proviene de los polvos que se liberan al entorno. Esto sucede ya que se debe de depositar los polvos químicos dentro de los molinos para efectuar al proceso de creación de pintura, estos polvos se empaquetan en sacos de forma que al abrirlos por su naturaleza estos tienden a dispersarse por el ambiente.

Es entonces que, para actuar contra las fuentes de contaminación se trabaja de forma constante de la mano de los operarios en actividades no especializadas tales como las inspecciones rápidas, limpieza y lubricación. Es importante que los operarios sean capaces para llevar a cabo estas funciones por lo que deben contar con el completo dominio del equipo en cuestión y de las instalaciones de su entorno.

A través de este proceso que se realiza de forma diaria los operarios adquieren conocimientos que los ayudan a desarrollar habilidades para el análisis y solución en la identificación, clasificación y eliminación de las fuentes de contaminación de forma que se convierta en parte de la cultura organizacional para la búsqueda de la mejora continua tanto como las condiciones de seguridad, eficiencia y productividad del equipo y de la planta en general.

Haciendo énfasis que la principal fuente de contaminación del proceso es el polvo que se acumula sobre los equipos, como una medida para lograr contrarrestar dicha fuente se cuenta con un equipo que captura las partículas suspendidas en el ambiente de tal forma que estas no se dispersen de manera amplia. También existe el uso de tapaderas para los molinos con el fin de evitar también la dispersión de polvos.

Los residuos que no pueden ser captados por el equipo de aspiración deben de ser limpiados siguiendo las recomendaciones y técnicas mencionadas anteriormente, de manera que el operario trabaje en un lugar limpio y ordenado para trabajar evitando así complicaciones de seguridad y de salud.

Figura 12. Tapadera para evitar dispersión de polvos.

2.2.2.2 Plan de controles visuales

Los controles visuales, permiten el mejoramiento del flujo de información relevante, estas medidas de comunicación son técnicas que buscan evidenciar las anomalías y pérdidas que ocurren en la planta de producción con el fin de resaltar las mejoras que se puedan realizar (Brenes, 2016).

Los controles visuales deben de considerarse una herramienta para fomentar la comunicación transversal a través de la planta (Cuatrecasas, 2009). Dicho control sirve a su vez para informar a los operarios como sus esfuerzos ayudan o no a alcanzar buenos resultados en cuanto a la productividad, esto sirve de motivación para el involucramiento de todos.

El control visual es una herramienta que trata de logra la participación de todos en la organización a través de la estandarización del control, permitiendo mejorar aspectos como la seguridad, calidad, tiempos de respuesta, etc. También permite contribuir al orden y a la organización de la planta. Este tipo de técnicas es un complemento hacia metodologías como 5 S, eliminación de desperdicios, etc.

Se deben de definir los parámetros a medir para su posterior evaluación, de tal manera que los resultados puedan ser visibles, deben de existir una serie de pasos para la implementación de un

sistema de control visual, como lo mencionan Cuatrecasas et al. (2009) partiendo de la selección de datos hasta su posterior análisis.

La selección de datos a medir o visualizar debe enfocarse en aquellos puntos que se consideren clave, es decir los que aporten un mayor beneficio en cuestiones de seguridad, calidad, tiempo, etc. Es necesario definir la forma en que estos datos van a ser captados, en qué punto, la frecuencia de medición, seleccionar un punto de consigna para comparación y también se debe asignar un responsable.

Se debe de designar una forma de registro de los datos en función del tipo de dato y de quien lo tome para que esto sea de forma precisa deben de existir formatos adecuados que permitan un adecuado manejo, así como un adecuado almacenamiento de ser necesario. Para cada proceso se debe determinar un indicador adecuado en función de la variable a visualizar de modo que las lecturas o indicaciones sean acordes a lo que se pretende controlar.

Una vez los datos sean obtenidos deben ser procesados de forma que se puedan determinar rangos de operación, donde se muestre la operación segura y óptima del proceso, o las formas en que se deben de disponer los elementos adecuadamente para que esto se lleve a cabo de forma segura y óptima igualmente.

Los datos o indicadores deben de exhibirse adecuadamente de forma precisa y clara, ubicándolos de forma que sea accesible a las personas involucradas y legibles para todo el personal de planta. Deben de mostrarse ordenadamente y haciendo énfasis en las condiciones óptimas y no óptimas de trabajo, estas últimas con el fin de evitar accidentes o fallos y también para establecer contramedidas. Existen varias formas o técnicas para poder expresar estos controles visuales que pueden ser útiles para las necesidades de la empresa.

Algunos de estos controles pueden ser acerca de la información de salud y seguridad, la identificación de gente, lugares y cosas; o también acerca de los procedimientos y métodos de trabajo o los estándares de calidad, instrucciones y resultados. Además, se incluyen algunos sobre la visibilidad de estatus.

- **Controles de operación**

Para agilizar la eficacia de estos controles es bueno que sean colocados entre las líneas de operación en donde con seguridad los operarios puedan observarlas. Los controles de operación se usan para monitorear el flujo de la operación y permite detectar cuellos de botella o fallas que sucedan durante el proceso, a su vez permiten registrar los avances en cuanto a la productividad que se planeó obtener desde el inicio.

Las mediciones que se hagan en los controles de operación deben cumplir algunos requisitos como que exista el establecimiento de una meta clara y que terminología empleada sea clara para todos; también debe de haber un espacio para anotar las observaciones.

- **Fabrica visual**

Con esta técnica se busca enfatizar la necesidad de colocar la información crítica justo donde más se necesita. En ella se practica un entorno de trabajo eficiente donde pasa lo que tiene que pasar en el tiempo exacto, todo el tiempo. Actualmente en esta empresa de pinturas y barnices existe una clara urgencia por mejorar la eficiencia es por ello que se propone la implementación de esta técnica debido a que se busca es una mejora considerable en cuanto a los elementos de identificación empleados en planta. Una de las principales ventajas de la fábrica visual es la eliminación de los déficits de información, esto permite generar mejoras significativas en cuanto a la productividad, calidad, seguridad y satisfacción del cliente.

La información transmitida por dispositivos o herramientas visuales desempeñan un papel fundamental en la denominada manufactura esbelta. Dentro de estas herramientas podemos encontrar:

a. Señalamientos, etiquetas y tarjetas

Herramientas visuales usadas frecuentemente en áreas de trabajo de manufactura. Dado que el tipo de industria lo permite se propone que se empleen señalamientos ya que a través de los colores el texto y las imágenes combinadas mejoran la comunicación. Para la empresa se propone en siguiente formato de tarjetas de advertencia, que eviten manipulaciones que pueden devenir en accidentes. Debe de contener una advertencia clara, una indicación específica de que hacer o no. También la persona encargarla de retirarla cuando la tarea se haya realizado.

Figura 13. Señales, etiquetas y tarjetas. (Brady, 2019)

b. Carteles, gráficas y lecciones rápidas

Un control visual tiene como meta la extracción y publicación de información de reportes que están almacenados en carpetas. Esta información debe ser ubicada en carteles con procedimientos, graficas de trabajo estándar, horarios y lecciones, para resultados eficientes en el área de trabajo. Para facilitar, agilizar y mejorar los tiempos de búsqueda de información se propone que se haga uso de los carteles, esto también permitirá que los operarios estén mejor familiarizados con las tareas. Proponemos un formato de lección punto a punto, el cual contiene las generalidades del tema a tratar, el tipo de problema, quien imparte la lección, así como los participantes y los resultados obtenidos.

LECCIÓN PUNTO A PUNTO					
TEMA				#LPP:	
				FECHA:	
PREPARADO POR:					
DESCRIPCIÓN	CONOCIMIENTO BÁSICO	CASO PROBLEMA	CALIDAD	ÁREA:	
				LÍNEA:	
	CASOS DE MEJORA	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	OTROS	AUTORIZÓ:	

FECHA:		PARTICIPANTES:	
INSTRUCTOR:			
RESULTADOS:			

Figura 14. Formato lección punto a punto. (UDB-UCA, 2019)

La elaboración de este tipo guías radica en la búsqueda de alternativas que faciliten la transmisión y aprendizaje, así como también que contribuyan a la implementación de la estandarización en la empresa por lo que se deberá asegurar que esta tenga la información vigente del conocimiento que se pretende transmitir. Dicho esto, luego de proponer la implementación de la Fig.19, será el área de mantenimiento la encargada de elaborar sus propias lecciones punto a punto.

Es conveniente que se determine un área en específico que pueda aprobar y digitalizar todas las lecciones propuestas por el departamento de mantenimiento esto previo a la revisión y aprobación del jefe de área correspondiente. En este caso, para esta organización se recomienda que sea el auxiliar de mantenimiento quien se encargue de desarrollar esta tarea.

En la Fig. 15 se puede observar el flujo del proceso propuesto para las lecciones de un punto donde todo inicia con una necesidad de capacitación para la cual se realiza la lección punto a punto están se divulgarán en reuniones de 5 min con todas las partes interesadas y se colocarán en los murales para conocimiento el conocimiento de todas las áreas.

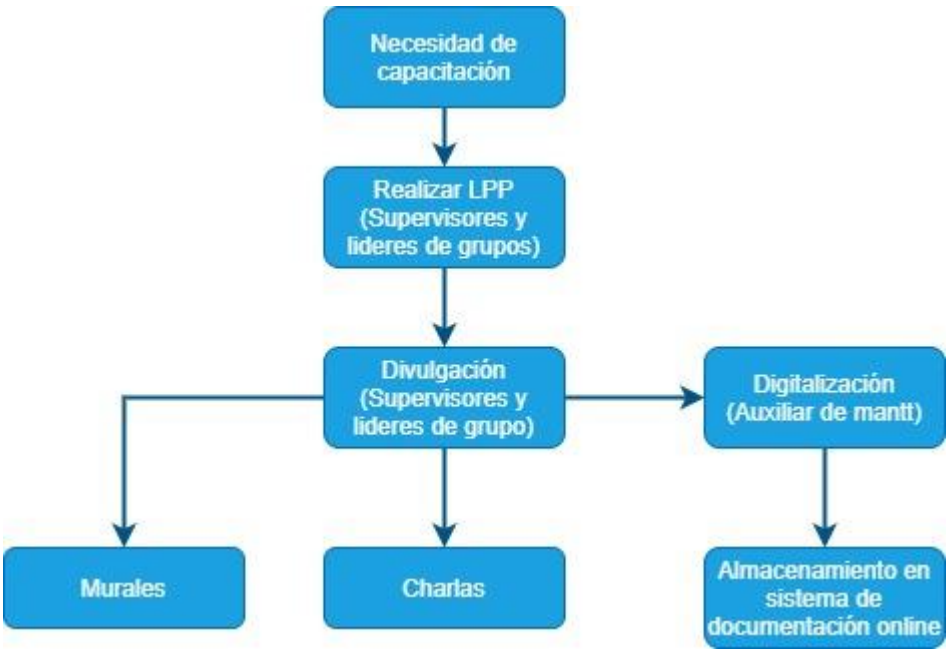


Figura 15. Flujo del proceso de administración de lecciones de 1 punto

Esta actividad será liderada por los supervisores y los líderes de los grupos de TPM quienes además se encargarán de realizar las divulgaciones. La digitalización se realizará por medio del auxiliar de mantenimiento además del almacenamiento en un sistema de documentación online que se utiliza en la organización y a la cual poseen acceso la mayoría de los colaboradores.

c. Pancartas y carteles

Son controles visuales de mayor tamaño colocados por toda la planta de producción, con el fin de ser recordatorios de las políticas, metas y conceptos claves de la organización. Es un hecho que si las actividades no se encuentran encaminadas a los objetivos de la empresa no será posible obtener ningún resultado positivo así que se ha tomado a bien proponer el uso de pancartas con el fin de recordar estos objetivos institucionales.

d. Procesos de producción y celdas de trabajo

Estas técnicas o herramientas buscan la fácil identificación de las celdas de trabajo en un área de producción. Es por ello que se recomienda a esta industria que todos los procesos y celdas de trabajo deben propiamente señalizadas.

e. Marcajes de tubería y eléctricos

En cuanto a la tubería es importante identificar los componentes ascendentes y descendentes mediante etiquetas. Debe ser una prioridad asegurar que los empleados elijan el interruptor indicado todo el equipo eléctrico por lo que se hace la propuesta que este tipo de información debe marcarse con una etiqueta clara y fácil de leer para los operarios. Se propone que se utilice el siguiente marcaje de control, el cual debe contener nombre del riesgo, magnitud del riesgo, consecuencias potenciales, pictogramas e instrucciones para evitar los riesgos, así también su codificación.

Figura 16. Marcajes eléctricos. (Brady, 2019)

f. Visuales para cuidado de equipo

Se hace una recomendación para la implementación de este tipo de visuales para el cuidado del equipo ya que estos simplifican la capacitación en cuanto a mantenimiento para el operador ya que claramente se señala lo que es anormal y lo que no a través de inspecciones rápidas. Estas inspecciones pueden estar basadas en rutas o checklists. A la vez estos visuales ayudan a la fácil ubicación de las herramientas que se necesiten en un momento determinado. Debido a los altos costos de manómetros y medidores con rangos de operación personalizados, se ha tomado a bien utilizar cintas especiales para delimitar los rangos de operación de los equipos, como se muestra en la siguiente figura de un manómetro propio de la empresa donde se muestran los rangos de operación utilizados en ese proceso específico de la empresa:

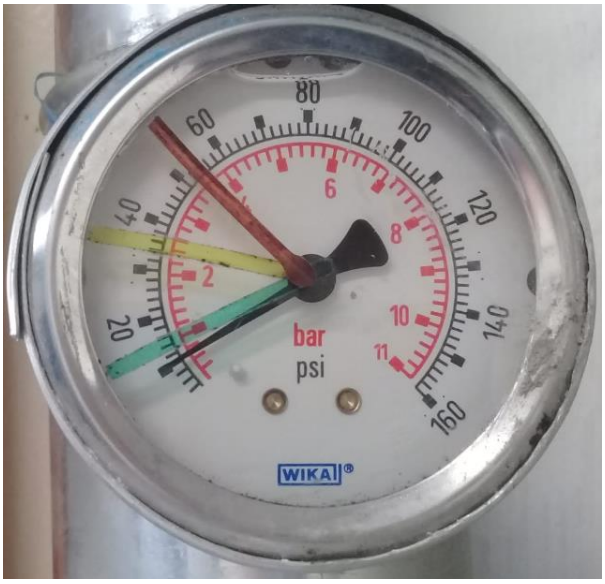


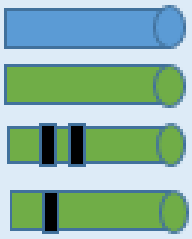
Figura 17. Visuales de equipo.

e. Propuesta de señalizaciones básicas

Para la propuesta de señalización y debido a que la empresa está familiarizada con las normativas ISO se optó por recomendar la normativa ISO 7010 para rotulaciones de seguridad, la normativa DIN para la rotulación de tubería y la normativa para NFPA 70 para el bloqueo y etiquetado.

En la tabla 12 se nombra algunas de las posibles aplicaciones para las señalizaciones propuestas, además de recomendaciones de materiales y dimensiones para una correcta visualización de las mismas. Estas se seleccionaron ya que son las más utilizadas en la empresa de estudio debido a su proceso y contexto organizacional.

Tabla 13. Propuesta de señalización.

Señalizaciones propuestas				
N	Señalización	Especificaciones	Normativa	Aplicaciones
1		Alto: 15 cm Ancho: 8 cm Material: cartoncillo laminado	NFPA 70 B	Bloqueo de: • Protecciones • Paros de emergencia • Válvulas de agua • Aire comprimido
2		Cinta de vinil translucida para codificación de colores	N/A	Manómetros en aplicaciones de: • Agua fría • Aire comprimido • Solventes y materias primas
3		Pintura de color azul, verde y negra para tubería	DIN 2043	Tuberías de: • Aire comprimido • Agua potable • Agua residual • Agua uso industrial
4		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	• Tablero eléctricos • Cuarto eléctricos • Subestaciones
5		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	• Planta de producción • Áreas que lo ameriten según análisis de riesgo

6		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	• Áreas de producción • Procesos que lo ameriten según análisis de riesgo
7		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	Uso en: • Planta de producción • Áreas que lo ameriten según análisis de riesgo
8		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	• Cercano a todo extintor
9		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	• Planta de producción
10		Material: Acrílico Alto: 60 cm Ancho: 30 cm Espesor: 5 mm	ISO 7010	• Áreas designadas como punto de reunión
11		Material: Vinil Marco: 32 cm x 6 cm Letras: 3 cm Flecha: 12 cm x 3 cm	N/A	Tuberías de: • Aire comprimido • Agua • Materias primas

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13 se puede observar lo siguiente:

- Señalización 1: Etiqueta para bloqueo se utilizará cada vez que se realice el proceso de bloqueo y etiquetado en válvulas de agua, aire comprimido, materia prima, además de protecciones eléctricas y paros de emergencia. La etiqueta se basa en las recomendaciones establecidas por la normativa National Fire Protection Asociation (NFPA) 70 B, la empresa de estudio actualmente cuenta con dos personas certificadas en dicha normativa.
- La señalización 2: La rotulación de las presiones máximas y mínimas del proceso es una de las buenas prácticas que se realizan dentro de la implementación de TPM, esta se puede realizar fácilmente utilizando cinta de vinil traslucida de colores o solicitando de fabrica la rotulación en los manómetros. Para la correcta asignación de estos límites es importante conocer a profundidad el proceso donde se realizará.
- Señalización 3: Consiste en pintar de colores las diferentes tuberías para identificar fácilmente el fluido que transporta, en esta recomendación se utilizó de referencia la normativa DIN 2043 en la cual se asigna el color azul para las tuberías que transportan aire comprimido y verde para las tuberías que transportan agua, donde se realiza la distinción del agua utilizada para uso industrial y agua residual colocando 1 o 2 líneas negras respectivamente a una distancia de 2 m.
- Señalizaciones de 7 al 10: Esta recomendación de señalizaciones se realizó en base a la normativa ISO 7010, cada una de estas señalizaciones enfocadas en seguridad y uso de equipo de protección personal serán utilizadas de acuerdo al análisis de riesgo que en la organización lo realiza el personal de salud y seguridad ocupacional una vez al año o cada vez que se realiza una modificación en las áreas.

Por medio de este análisis se identifica los diferentes riesgos que existen en cada una de las áreas y se definen las diferentes medidas a tomar entre las cuales involucran el uso de equipo de seguridad, la instalación de extintores, la prohibición de equipo electrónico entre otros, lo que implica la instalación de la rotulación pertinente.

- Señalización 11: La rotulación de las diferentes tuberías se realizará colocando el nombre del fluido que transportan y una flecha indicando la dirección del movimiento en un sctiker de vinil resistente a rayos UV.

El mantenimiento de todas las señalizaciones se realizará por medio de inspecciones mensuales que serán realizaras por el departamento de mantenimiento específicamente con los técnicos de

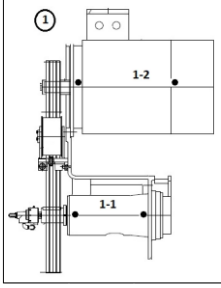
pintura, quienes indicaran si es necesario realizar retoques de pintura o cambiar las señalizaciones de forma que se puedan mantener en el tiempo.

2.2.2.3 Estándares de lubricación temporales

Para la elaboración de los estándares temporales de lubricación es recomendable inicialmente seguir las especificaciones del fabricante de los diferentes componentes, además revisar las fallas relacionadas con problemas de lubricación para poder crear un estándar que nos permita mediante las diferentes actividades el incremento de la disponibilidad de los equipos.

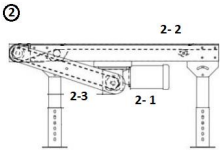
Los estándares de mantenimiento de las tablas 14 y 15 buscan minimizar las fallas relacionadas a lubricación de los equipos que se definieron inicialmente en este documento.

Tabla 14. Estándar provisional de lubricación de molinos.

TPM	Estándar de Mantenimiento autónomo (provisional de lubricación)				Grupo:_____ Líder:_____							Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020
	Area: Esmalte		Equipo: Molino									
① 	Chequeo por medio de la limpieza											
	Punto de engrase	Lubricante	Cantidad	Método	Herramienta	Tiempo	Intervalo D	S	M	A	Responsable	
	1 Transmisión											
	1-1 Eje de molienda	Grasa	2	Engrasadora		5		x			Operador	
	1-2 Motor	Grasa	2	Engrasadora		5		x			Operador	

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

Tabla 15. Estándar provisional de lubricación de envasadora.

TPM	Estándar de Mantenimiento autónomo (provisional de lubricación)				Grupo:_____ Líder:_____							Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020
	Area: Esmalte		Equipo: Envasadora									
② 	Chequeo por medio de la limpieza											
	Punto de engrase	Lubricante	Cantidad	Método	Herramienta	Tiempo	Intervalo D	S	M	A	Responsable	
	2 Banda transportadora											
	2-1 Moto reductor	Aceite	2	Aceitera		5		x			Operador	
	2-2 Cadena	Aceite	2	Aceitera		5		x			Operador	
	2-3 Banda transportadora	Aceite	2	Aceitera		5		x			Operador	

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

2.2.2.4 Estándares temporales

El objetivo de este paso es determinar de forma precisa cada una de las actividades de inspección, limpieza y lubricación que se realizaran para reducir el deterioro forzado de los equipos para esto seguiremos la serie de pasos establecidos en la Fig. 18. Donde se inicia con el análisis de todas las tarjetas colocadas en los primeros pasos del mantenimiento autónomo.

Es importante identificar cuales tarjetas pertenecen a fallas relacionadas a deterioro forzado el cual se puede dar debido a falta de lubricación, corrosión, sobrecarga de capacidad, suciedad entre otros y los que corresponden a deterioro natural el cual se da debido a un análisis inadecuado de ciclo de vida de los componentes de los equipos.

A las fallas identificadas se les realizara un análisis de causa raíz utilizando las diferentes técnicas vistas anteriormente, con el objetivo de conocer la causa de la falla y retroalimentar los estándares para evitar que estas fallas se repitan colocando actividades que las contrarresten. Al realizar este análisis debemos de incluir al grupo de TPM para que los operarios se sientan incluidos fortaleciendo el compromiso y la motivación de estos con el programa de TPM.

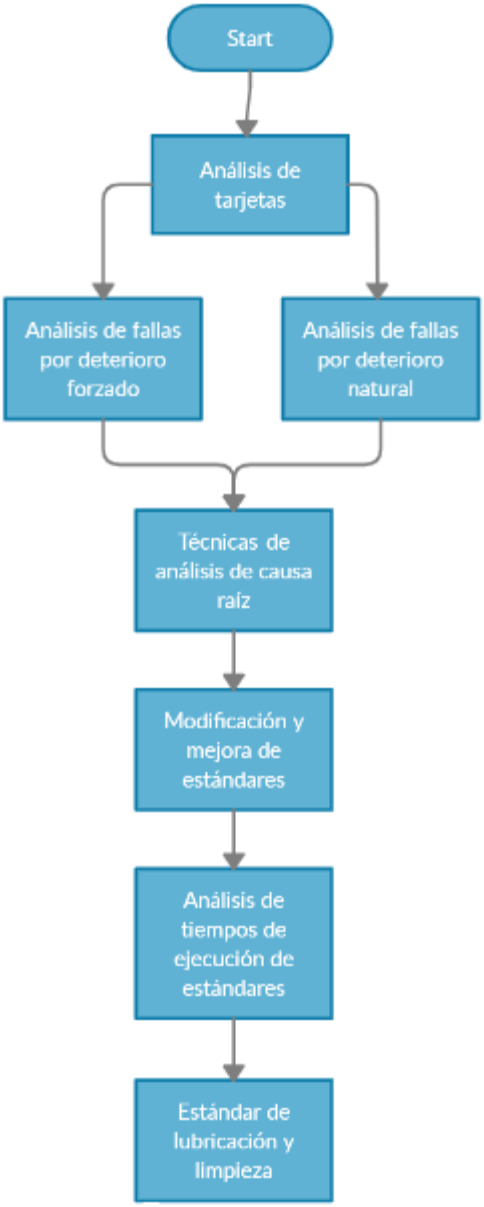


Figura 18. Procedimiento de implementación.

En este paso además se debe de realizar un análisis del tiempo que lleva cada una de las actividades de limpieza y lubricación para poder estandarizarlas, al agregar nuevas actividades a los estándares como resultado de este paso debemos de realizar nuevamente el análisis de los tiempos de ejecución con el fin de garantizar la mejora continua y la sostenibilidad de los resultados obtenidos en el tiempo.

Para el análisis de la información de las tarjetas se procederá como se observa en la Fig. 18. Donde la recolección de la información y la digitalización se realizará semanalmente por el auxiliar de mantenimiento, posteriormente se realizará el análisis de todos los datos de forma mensual por el equipo de mantenimiento el cual consta del planificador y supervisor de mantenimiento mecánico y eléctrico.

Luego se tomará la decisión de modificación de los formatos de inspección o la implementación de una rutina de mantenimiento la cual puede ser preventiva, predictiva, etc. Esta implementación y definición de rutinas será realizadas por el equipo de mantenimiento mencionado anteriormente en caso que solo aplique la modificación de los formatos de inspección también se involucrará al equipo de TPM que constará de operarios y supervisores.

En caso de que se proceda a realizar rutinas de mantenimiento se realizará una evaluación del nivel de complejidad de estas tareas, si estas rutinas son de baja complejidad o similares a las ya realizadas en las inspecciones, se procederá a asignarlo a los operarios. En caso contrario en que la complejidad sea alta se realizará la rutina por parte de los técnicos de mantenimiento.

Finalmente repitiendo este procedimiento todas las veces que se tengan fallas relacionadas a deterioro natural o forzados enriqueceremos las inspecciones y rutinas de mantenimiento hasta alcanzar un incremento de la disponibilidad de los equipos y por lo tanto un incremento de la productiva lo cual nos permitirá poder realizar la transición al siguiente paso del mantenimiento autónomo, es indispensable la eliminación de este tipo de fallas para avanzar en la metodología.

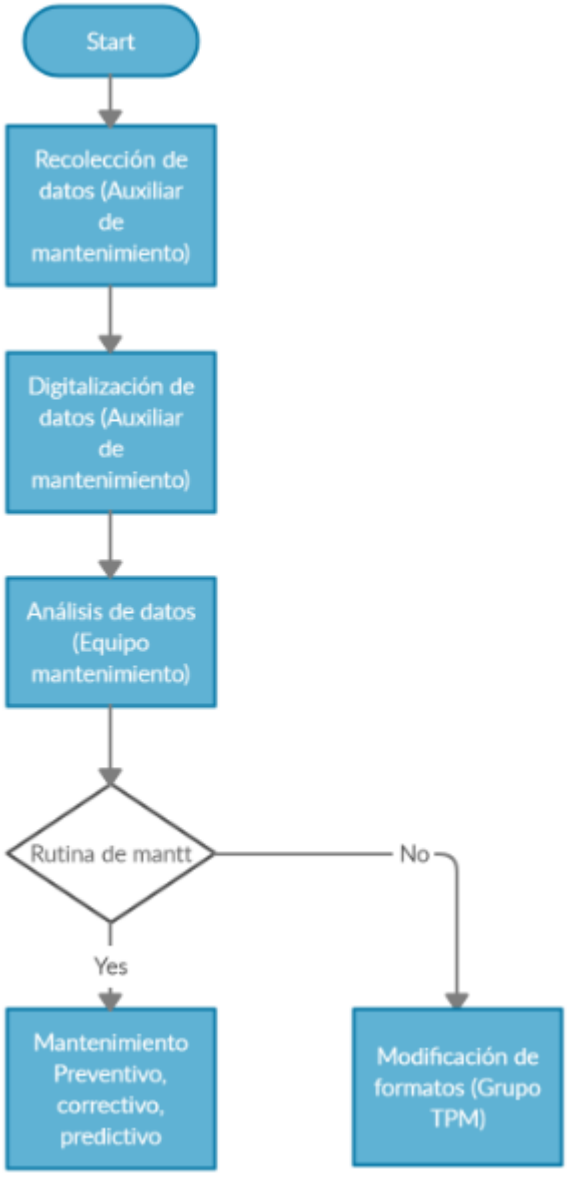


Figura 19. Flujo de información procedente del análisis de tarjetas.

2.2.2.5 Inspecciones generales

Para poder realizar las inspecciones generales es necesario que los operarios tengan un profundo conocimiento del funcionamiento y de los componentes de los equipos esto además ayuda a que los operarios realicen un uso eficiente de los equipos y que puedan identificar fácilmente anomalías que posteriormente puedan generar fallas.

Para esto es indispensable capacitar a los operarios y realizar una identificación de los componentes y sistemas en los que se capacitaran a los operarios como se muestran en las tablas

14 y 15, donde se identificaron los componentes, sistemas para las envasadoras, molinos y el nivel de conocimiento necesario.

Tabla 16. Identificación de necesidades de capacitación para molino.

Molinos		
Sistema	**Componentes**	**Nivel**
Enfriamiento	Válvulas	Bajo
	Mangueras	
Control eléctrico	Botoneras	Bajo
	Presostatos	
	Paro de emergencia	
Transmisión	Pernos	Intermedio
	Poleas	
	Fajas	
	Baleros	
Neumático	Mangueras	Bajo
	Racores	
	Unidad de mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia.

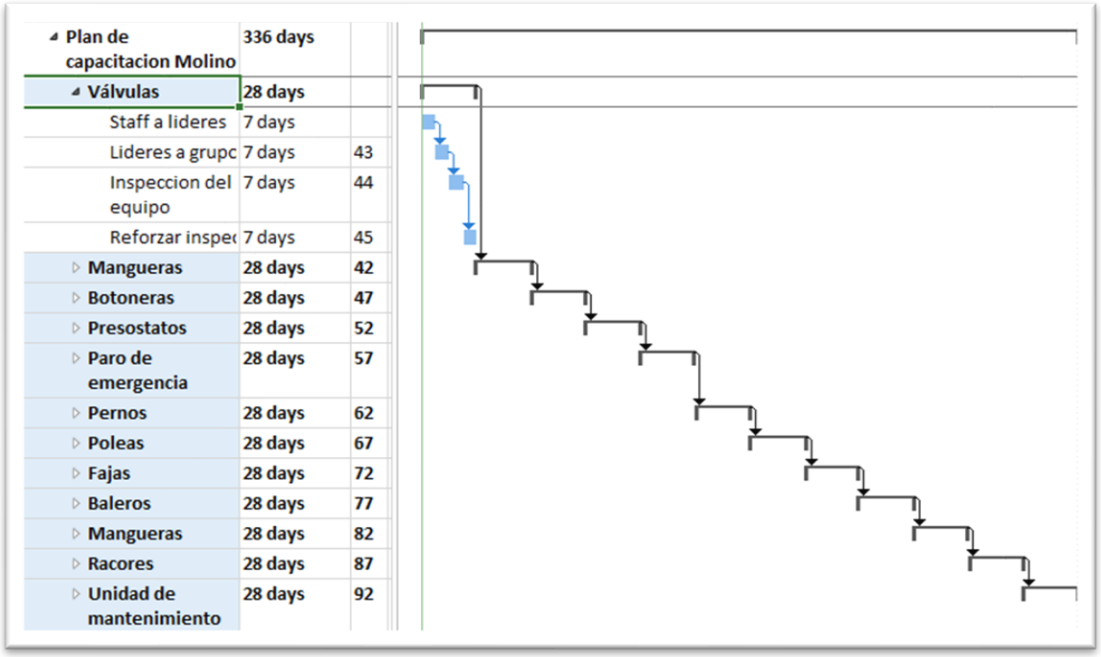
Tabla 17. Identificación de necesidades de capacitación de envasadoras.

Envasadoras		
Sistema	**Componentes**	**Sistema**
Neumático	Racores	Intermedio
	Unidad de mantenimiento	
	Actuadores	
	Mangueras	
Transmisión	Pernos	Bajo
	Cadenas	
	Motor	

Fuente: Elaboración propia.

Luego de identificar las necesidades de capacitación se realiza un plan como se muestra en las tablas 18 y 19, el cual contempla un tiempo de 1 mes para cada uno de las temáticas dentro de este tiempo se estima 1 semana para que el personal de mantenimiento capacite al líder del equipo, una segunda para que el líder capacite al grupo, en la tercera se realizara la inspección de los equipos y en la cuarta semana se reforzará la inspección general.

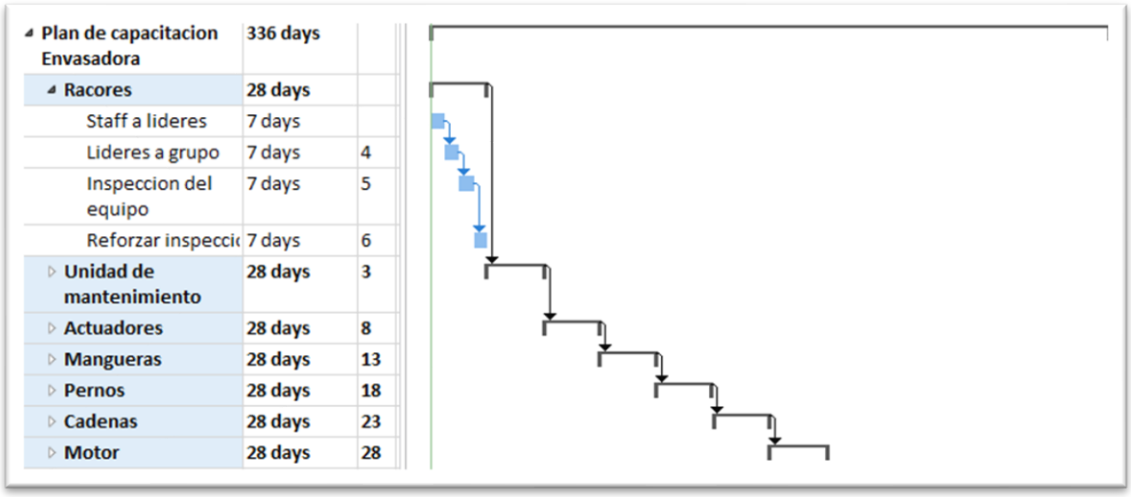
Tabla 18. Cronograma de capacitaciones para molinos.



Plan de capacitacion Molino	336 days	
Válvulas	28 days	
Staff a lideres	7 days	
Lideres a grupc	7 days	43
Inspeccion del equipo	7 days	44
Reforzar inspec	7 days	45
Mangueras	28 days	42
Botoneras	28 days	47
Presostatos	28 days	52
Paro de emergencia	28 days	57
Pernos	28 days	62
Poleas	28 days	67
Fajas	28 days	72
Baleros	28 days	77
Mangueras	28 days	82
Racores	28 days	87
Unidad de mantenimiento	28 days	92

Fuente: Elaboración propia.

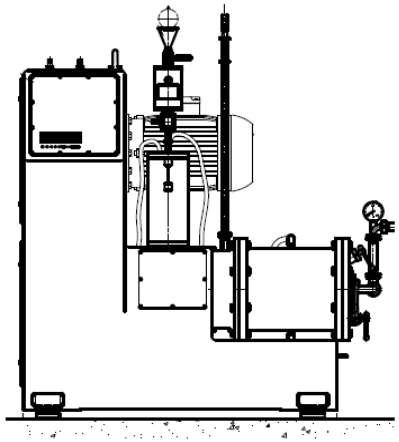
Tabla 19. Cronograma de capacitaciones para molinos.



Plan de capacitacion Envasadora	336 days	
Racores	28 days	
Staff a lideres	7 days	
Lideres a grupo	7 days	4
Inspeccion del equipo	7 days	5
Reforzar inspecci	7 days	6
Unidad de mantenimiento	28 days	3
Actuadores	28 days	8
Mangueras	28 days	13
Pernos	28 days	18
Cadenas	28 days	23
Motor	28 days	28

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Formato de inspección general.

TPM	Estándar de Mantenimiento autónomo (provisional de limpieza)						Grupo:_____ Líder:_____		Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020				
	Area: Esmalte			Equipo: Envasadora									
	Chequeo por medio de la limpieza												
	Componente	Pernos		Tuercas		Arandelas			Tiempo	Intervalo				Responsable
								Estado		D	S	M	A	
	Recamara de molienda		16					Mal	3	x				Operador
				16				Excelente	3	x				Operador
						16		Excelente	3	x				Operador
							16	Mal	3	x				Operador
	Estructura	25						Excelente	3	x				Operador
			4					Excelente	3	x				Operador
				4				Excelente	3	x				Operador
					4			Excelente	3	x				Operador
						4		Excelente	3	x				Operador
							16	Excelente	3	x				Operador

Fuente: Elaboración propia, basada en TMP en industrias de proceso.

Además de las capacitaciones también es necesario crear los formatos de inspección general, en estos se debe de incluir componentes como pernos, tuercas, arandelas entre otros los cuales suelen ser elementos auxiliares. En estos formatos se evalúa el estado de estos componentes y de ser necesario se coloca una tarjeta de anomalía para reportar e identificar desgastes, oxidación, daños, etc. cómo se observa en la Tabla 20.

CAPITULO 3 MANTENIMIENTO PLANIFICADO

3.1 Referencia Conceptual

3.1.1 Plan maestro de mantenimiento

El mantenimiento planificado busca reducir la variación de la frecuencia de las averías, extender y mejorar el tiempo promedio entre fallas, establecer el mantenimiento basado en el tiempo y la predicción de fallas para lo cual establece una serie de pasos que buscan cumplir cada uno de estos cometidos. Entre estos tenemos los siguientes:

- Evaluar el estado inicial de los equipos.
- Restaurar el deterioro y corregir debilidades.
- Crear un sistema de gestión de la información.
- Crear un sistema de mantenimiento periódico.
- Crear un sistema de mantenimiento predictivo.
- Evaluar el sistema de mantenimiento.

3.1.2 Evaluación de estado inicial de los equipos

Para comprender adecuadamente la situación inicial es de vital importancia mantener un registro de todos los equipos, esto se vuelve más necesario cuando se manejan equipos similares, ya que fácilmente los registros de falla y mantenimiento se pueden adjudicar al equipo equivocado con lo que perderíamos información valiosa para la toma de decisiones.

Existen diferentes softwares de mantenimiento los cuales manejan diferentes fichas para el registro de mantenimiento sin embargo para un adecuado registro y administración de los equipos debemos de mantener como mínimo la siguiente información:

- Numero de activo.
- Modelo, planos, especificaciones.
- Fabrica, planta, proceso al que pertenece.
- Fabricante, fecha de fabricación, instalación y arranque.
- Registro de modificaciones en el equipo.
- Registro de mantenimiento.

Además de estos se pueden llevar registros de datos e indicadores más especializados como por ejemplo el tiempo hasta la reparación y el tiempo promedio entre fallas el cual aporta mucho valor para el análisis de fallas especialmente cuando se suelen llevar no solo a nivel de equipos sino también a nivel de componentes críticos para la operación de los equipos.

3.1.2.1 Priorización de equipos

Luego de tener el registro adecuado y que agregue valor al proceso de mantenimiento se debe de priorizar los equipos debido a que el aumento de la disponibilidad de un equipo requiere recursos los cuales no son ilimitados por lo que debemos de enfocarlos de manera adecuado en aquellos equipos que tienen un alto impacto en los aspectos de operaciones, mantenimiento, calidad, seguridad entre otros.

Al realizar este análisis debemos de seguir el proceso de la Fig. 20, donde se evalúa si el equipo debe de ser regulado con política de 0 fallas, esto se define evaluando los cuatros aspectos antes mencionados y colocando un número de 0 si el impacto es bajo o hasta 10 si el impacto es alto. Esto se realizará para cada uno de los aspectos que se consideren.

Al realizar la suma si este valor es mayor a 31 el equipo es considerado como clase A, clase B si el número es menor a 30 y mayor que 20, y clase C si el valor es menor que 20. Esto nos permitiría colocar regular los mantenimientos de forma de administrar de forma eficiente los recursos.

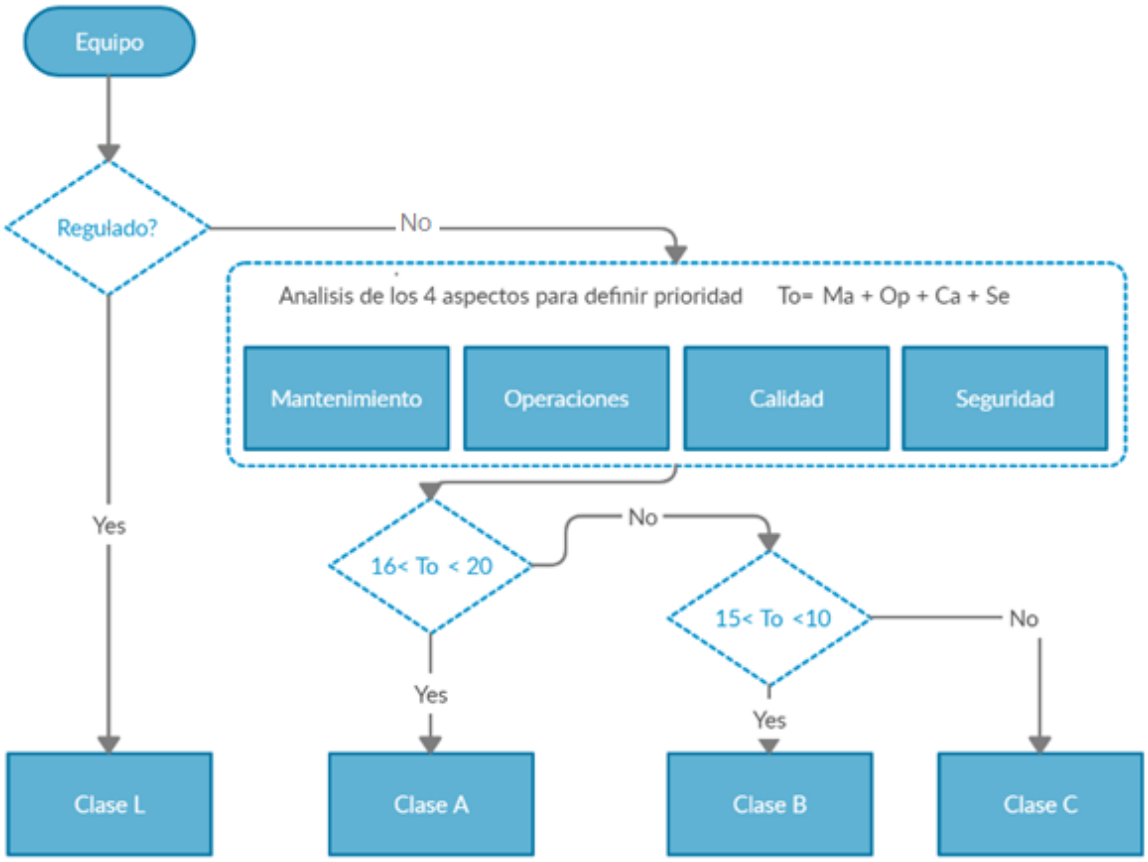


Figura 20. Proceso para priorización de equipos. (Suzuki, 2017)

3.1.3 Sistema de gestión de la información

La información se ha considerado un recurso que se encuentra al mismo nivel que los recursos financieros, materiales o humanos. Anteriormente estos eran los únicos que constituían los ejes sobre los que giraba la gestión empresarial; pero ahora la información juega un papel clave en el quehacer de la empresa.

La importancia de la gestión de la información en una empresa se debe al conjunto de recursos que sirven como soporte para la recolección y transformación de la información que surge de los diferentes procesos y que se llevan a cabo dentro de dicha empresa. Un sistema de información debe de adecuarse a las necesidades de la empresa, en el sentido de ser capaz de recolectar, analizar, procesar, administrar y mostrar los datos obtenidos.

Es importante destacar que el análisis de datos debe ser relativo a los indicadores de gestión que se han decidido usar para el proceso, es decir para obtener resultados deseados se debe de

introducir datos adecuados; también tomando en cuenta que la calidad de datos de salida depende de la calidad de los datos de entrada.

Los sistemas de gestión de la información deben ser capaces de dar soporte y facilitar la gestión del mantenimiento, gracias a la transmisión y procesamiento de información en grandes cantidades y velocidades (Parra & Crespo, 2012). Deben ser capaces de optimizar el uso de los recursos tanto técnicos como humanos.

Una forma de llevar a cabo esa tarea es la utilización de softwares especializados para la gestión del mantenimiento. Este software debe de ser adaptado para el tamaño y necesidad que la empresa exige; es decir no se deberá ni sobredimensionarse o caso contrario, minimizarse. De no adaptarse a las necesidades requeridas los resultados podrán ser perjudiciales ya que este no estaría alineado en coordinación con la realidad en la que se encuentra la empresa.

Como mencionan Parra & Crespo (2012), la necesidad de una correcta implantación de los sistemas de soporte parala gestión de la información, es la base para el desarrollo de programas para mejorar el mantenimiento y las operaciones.

Es crucial que la recolección de datos se haga de manera adecuada, esto significa que el personal a cargo de esta tarea debe de estar debidamente entrenado y capacitado para realizar sus labores con éxito. También debe capacitarse el personal encargado de introducir los datos de manera que esto se realice correctamente y que los datos ingresados sean de calidad y acordes a lo requerido, garantizando así la eficacia de la información.

La elección del software adecuado junto con la obtención de datos de valor facilitará la toma de decisiones correctas para poder maximizar la generación de negocio en la empresa, esto a través de mejoras en procesos productivos.

El sistema de gestión de la información a través del software elegido debe de proporcionar resúmenes del estado de mantenimiento de los componentes de los equipos para un intervalo de tiempo definido por el departamento de mantenimiento de manera que se realicen reuniones periódicas para tratar los datos obtenidos, de tal forma que se puedan tomar acciones de mejora.

Por todo lo mencionado se propone que lo más adecuado para esta industria será la elaboración de informes comparativos de los trabajos de mantenimiento, así como también la elaboración de programas de materiales que faciliten los planes de trabajo. De igual forma se recomienda que

se incluyan listas de información que contengan las prioridades de los trabajos de mantenimiento. Con respecto a la vida de los equipos se recomienda que se considere un sistema que genere datos MTBF que sean comparables al pasado y a las fechas en las que se prevé que el equipo finalice su vida útil.

Todo esto, se propone que se registre con la ayuda de cuadros comparativos en las que se contemple el costo del mantenimiento del equipo en condiciones óptimas. El sistema de gestión debe de permitir medir la eficacia del mantenimiento (Suzuki, 2017).

3.1.4 Creación de un sistema de mantenimiento periódico

El sistema de mantenimiento periódico consiste en intervenir los equipos basados en intervalos de tiempo, (Suzuki, 2017). Para este tipo de mantenimiento es necesario anticipar ciertos elementos de reserva como repuestos o consumibles y equipos de inspección ya que solo así el mantenimiento puede proceder de forma regular.

La selección de equipos y componentes para mantenimiento periódico debe basarse en categorías como equipos que requieren inspección periódica, equipos con intervalos de mantenimiento determinados por experiencia y/o equipos que requieren verificaciones regulares debido a la importancia para el proceso, también aquellos con intervalos de reemplazo preestablecidos en función de la vida de servicio de sus componentes y equipos con dificultad para corregir anomalías durante la operación.

La ejecución de este tipo de mantenimiento debe de ser basada en planes que producción a medio plazo, para ello se debe perfilar planes que incorporen la fabricación e instalación por anticipado de piezas para reducir tiempos en los trabajos de mantenimiento, se debe minimizar el movimiento del personal durante los mantenimientos, también es necesario anticipar la preparación de aquellos elementos que se requieran para dichos mantenimientos.

Para garantizar que el personal de mantenimiento designado para la ejecución de dichas tareas los realice con eficacia y precisión es necesario que se creen estándares. Dichos estándares deben de contemplar temas como la selección de material, procurando que se elijan los materiales adecuados para la ejecución del trabajo, estándares de estimación del trabajo donde se evalúen

los intervalos de tiempo necesarios para realizar el mantenimiento, por ejemplo, tiempos de montaje y desmontaje, reemplazo de piezas y ajuste, etc.

Deben establecerse también estándares de control de repuestos y consumibles, de manera que se cuente con un stock adecuado evitando la acumulación de stock innecesario. También es imprescindible contar con estándares de seguridad para evitar accidentes de diversos indoles relacionados la ejecución del mantenimiento.

3.1.5 Creación de un sistema de mantenimiento predictivo

A pesar de que los fallos inesperados se reducen considerablemente una vez que se ha establecido el mantenimiento periódico, realmente no se han eliminado del todo y se siguen produciendo (Saitoh, 2017). Es entonces necesario utilizar otras técnicas de mantenimiento que permitan detectar posibles anormalidades o fallos que se manifiesten en una máquina, de una manera más precisa.

Una de estas técnicas para detección de fallos o anormalidades es el mantenimiento predictivo el cual se basa en la condición del equipo, dicha condición se fundamenta en un diagnóstico realizado al equipo cuyo objetivo es determinar el grado de deterioro real. De esta forma se pueden medir o calcular mejor los tiempos de intervención y también el tipo de mantenimiento adecuado para dicha condición.

Para que un sistema de mantenimiento predictivo sea considerado efectivo, este debe de incrementar el estado operacional de la maquinaria con el propósito de buscar disminuir los costos de mantenimiento y producción. Para ello, esta industria en particular de pinturas y barnices se puede valer de hacer uso de técnicas como análisis de vibraciones y termografías.

El análisis de vibraciones es una técnica que se especializa en máquinas rotativas, para la correcta ejecución de esta técnica es necesario que el personal encargado sea debidamente capacitado, así mismo se recomienda que para poder recolectar data confiable, este análisis se realice con intervalos razonables basados en periodos de uno, dos o tres meses. Los resultados obtenidos deben servir para pronosticar las condiciones próximas del equipo.

Por otro lado, el análisis termográfico es una técnica muy versátil ya que permite determinar con mucha precisión y de forma remota las temperaturas de un equipo. Esta técnica tiene muchas

posibles aplicaciones como los análisis en sistemas eléctricos y mecánicos, por lo que se recomienda ampliamente su uso la empresa en estudio.

3.1.6 Evaluación del sistema de mantenimiento planificado

Para el mantenimiento planificado existe una función más allá de solo calendarizar las actividades y técnicas de mantenimiento, en este caso se refiere a los métodos que se han de emplear para mantener la eficacia y funcionalidad esperadas de los equipos. Es por esto que se sugiere emplear una sistematización de las técnicas de mantenimiento más eficaces para disminuir o evitar los fallos que reducen la vida funcional de los equipos de esta empresa.

Para lograr esta sistematización de forma exitosa se deberá contar con departamento altamente responsable que cumpla con la periodicidad de los mantenimientos programados, así como también que el mantenimiento predictivo se convierta en una herramienta confiable. Además, se recomienda que el departamento de producción participe en los chequeos o inspecciones rápidas diarias para así lograr obtener datos correctos de lo que sucede a los equipos.

Con la obtención de los datos correctos la empresa en cuestión podrá evaluar la eficiencia, calcular la oportunidad en los tiempos de manera que el sistema de mantenimiento se pueda calibrar y ajustar a las necesidades existentes para lograr un mantenimiento funcional y consistente.

3.2 Propuesta de documentación

3.2.1 Plan de evaluación estado inicial del equipo

Para poder implementar una adecuada base de datos acerca de los diferentes activos de una planta se puede realizar de diferentes maneras, siendo lo más utilizada actualmente los CMMS (Computerized Maintenance Mangement System) los cuales son sistemas de gestión computarizados que almacena bases de datos con información relacionada a las operaciones de mantenimiento de una organización.

En la empresa de estudio se utiliza el CMMS PMC (Preventive Maintenance Program), el cual simplifica la administración de las ordenes de trabajo, el almacenamiento de datos históricos, la

generación de indicadores e informes, centraliza las compras y los inventarios de repuestos facilitando la labor de los departamentos de mantenimiento.

El PMC permite realizar el registro e identificación de los activos, el cual es el primer paso para poder iniciar la gestión del mantenimiento para esto es necesario llenar los formatos de las Fig. 21, 22 y 23 donde se ingresan datos básicos relacionados a los activos como los siguientes:

- **ID:** Es una codificación para la rápida identificación del activo la cual debe de ser definida por la organización. Permite realizar registros históricos de diferentes variables, asignar órdenes y rutinas de trabajo, etc.
- **Descripción:** Es una breve reseña acerca del equipo la cual puede contener datos como la aplicación, función y componentes más importantes.
- **Tipo de equipo:** Se menciona la naturaleza del equipo como, por ejemplo: Mezclador, molino, Envasadora, bomba neumática, etc.
- **Proveedor:** Debe de incluir datos como número telefónico, nombre, contactos, entre otros de la empresa con la que se adquirió el activo
- **Supervisor:** se introduce el nombre del área o proceso a la que pertenece el equipo, como por ejemplo Supervisor de esmalte, supervisor de control de calidad, etc.
- **Ubicación:** se debe de mencionar el lugar donde fue instalado el activo. Por ejemplo: galera 1, taller de mantenimiento, edificio de operaciones, etc.
- **Equipo Padre:** Se utiliza cuando se desea relacionar un equipo con otro el cual puede ser un sistema auxiliar o un componente. Por ejemplo: variadores de frecuencia, motores, bombas, etc.
- **Departamento:** Se registra al departamento al que brinda servicio el equipo
- **Prioridad:** esta debe de asignarse en base al dato proporcionado por alguna metodología para la jerarquización de equipos como se mencionó anteriormente.
- **Costos:** se registran los costos de instalación, de salvamento, compras relacionadas al equipo y la vida útil.
- **Centro de costo:** se utiliza para facilitar el seguimiento contable del equipo y poder direccionar los costos al centro asignado por la organización.
- **Formato de ficha de PMC**

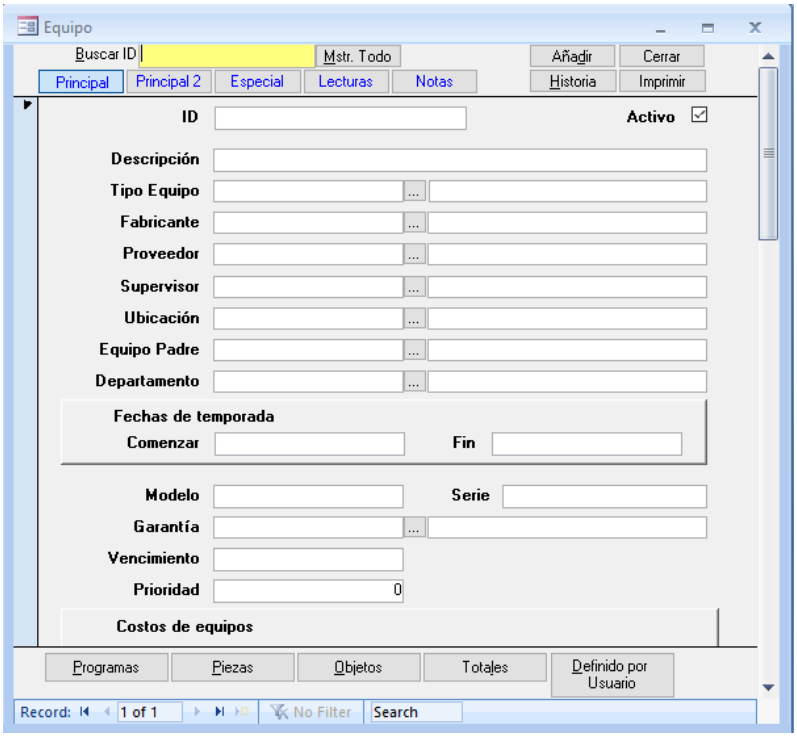


Figura 21. Fichas de equipos en software PMC.

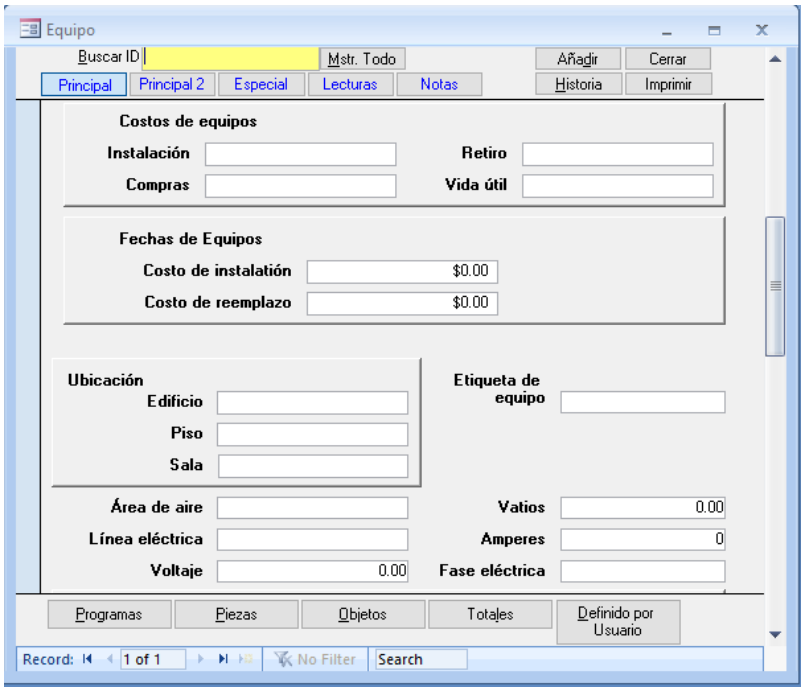


Figura 22. Fichas de equipos en software PMC.

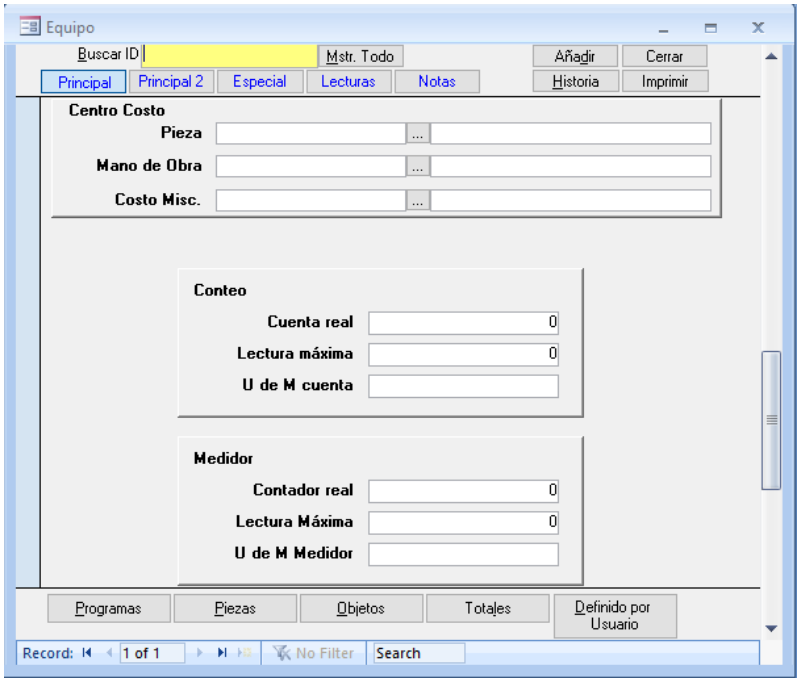


Figura 23. Fichas de equipos en software PMC.

Dentro del registro de mantenimiento además datos de los mencionados también son importantes los relacionados a los cambios realizados en el equipo, mantenimientos correctivos, preventivos, predictivos, etc. Los cuales se almacenan por medio de las diferentes órdenes de trabajo que se realizan en el software.

Actualmente en la empresa se utiliza ERP (Enterprice Resource Planning) con el cual se gestiona la información de las diferentes áreas de la empresa, pero existe la dificultad para poder enlazarlo con el CCMS ya que las bases de datos de ambos softwares no son compatibles lo cual impide poder explotar los módulos de inventarios de repuestos y compras lo que limita el desempeño del PMC.

- **Jerarquización de equipos**

La jerarquización de los equipos es una de las actividades más importantes para la correcta asignación de los recursos de mantenimiento los cuales siempre son limitados, para esto se utilizará la metodología propuesta en la literatura de TPM donde se evaluarán el impacto del equipo en las áreas de producción, calidad seguridad y mantenimiento como se observa en la Fig. 20.

Para la asignación de la calificación en cada una de las 4 áreas de interés se deben de colocar criterios los cuales deben de ser dialogados entre los diferentes departamentos posteriormente se deberán de asignar una calificación en la cual se deben de involucrar a al operario, supervisores, personal de seguridad, mantenimiento entre otros.

En la Tabla 19, se realiza una recomendación de criterios los cuales se han colocado basado en el contexto de la empresa y a los datos obtenidos por medio de las ordenes de trabajo que se registran y almacenan en el CCMS PMC, en estas se observa información como los tiempos de reparación y los costos asociados a la falla.

En el criterio de mantenimiento se evalúa el tiempo promedio de reparación, a pesar que los 4 molinos son modelos similares y procesan la misma materia prima se puede observar que hay una pequeña diferencia la cual se debe a que dos de los equipos tienen menos tiempo en operación específicamente el molino 1 y 4.

En las envasadoras se observa un alto tiempo de reparación esto se debe a que estas son totalmente automáticas y han presentado fallas en partes electrónicas relacionadas a la calidad de la energía. Estas partes normalmente no se manejan en el almacén de respuestas y tienen un tiempo de entrega prologando.

En el criterio de seguridad se evalúa el impacto ambiental y sobre la seguridad de los operarios ya que en estos equipos se manejan diferentes tipos de solventes, derivados del petróleo y químicos sin embargo la calificación otorgada es baja ya que los equipos cuentan con los dispositivos adecuados de seguridad para mitigar cualquier evento que pueda desencadenarse debido a una falla del equipo.

Tabla 21. Jerarquización de equipo, metodología TPM.

JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS METODOLOGÍA TPM						
Criterios	**Molino 1**	**Molino 2**	**Molino 3**	**Molino 4**	**Envasadora 1**	**Envasadora 2**
Mantenimiento						
5.- Tiempo hasta la reparación de mas de 1 semana 4.- Tiempo medio de reparación de 3 días 3.- Tiempo medio de reparación 1 día 2.- Tiempo medio de reparación de 10 hrs 1.- Tiempo medio de reparación de 5 hrs	3	4	4	3	5	5
Seguridad						
5.- Evento catastrófico: muerte y/o Alto impacto ambiental 4.- Evento genera: lesión incapacitante y/o afectación sensible al ambiente 3.- Evento genera: daños menores a la integridad física y/o afectación al ambiente controlable 2.- Evento genera: alarma potencial en seguridad y/o incidente ambiental sin repercusión sobre la normativa legal vigente 1.- No genera ningún impacto sobre la seguridad y el ambiente	2	2	2	2	2	2
Calidad						
5.- Afectación en calidad (pérdida 75-100 %) 4.- Afectación en calidad (pérdida 50-75 %) 3.- Afectación en calidad (pérdida 25- 50%) 2.- Afectación en calidad (pérdida 0-25%) 1.- No genera ningún impacto en calidad	2	2	2	2	5	5
Impacto en producción						
5.- Costos superiores a 1.000.000 $ 4.- Costos entre 100.000 y 1.000.000 $ 3.- Costos entre 10.000 y 100.000 $ 2.- Costos entre 1.000 y 10.000 $ 1.- Costos inferiores a 1.000 $	3	3	3	3	4	4
Total	10	11	11	10	16	16
Clasificación	B	B	B	B	A	A

Fuente: Elaboración propia.

En el criterio de calidad se evalúa como impacta la falla en la calidad del producto final. En el caso de los molinos por la naturaleza del proceso una falla no impacta grandemente en la calidad sin embargo en el caso de las envasadoras una falla puede impactar grandemente sobre todo si está relacionada al sistema de pesaje.

En el criterio de impacto a la producción se realiza un estimado de los costos asociados a la falla y se incluyen tanto los costos de mantenimiento como el costo de oportunidad debido a las unidades no producidas. En el caso de las envasadoras poseen un mayor impacto debido al volumen de unidades que procesan.

Finalmente se puede observar que después del análisis de jerarquización se observa que los molinos tienen una clasificación B mientras que las envasadoras poseen clasificación A. lo cual implica que se deben de enfocar mayores esfuerzos en estas últimas para asegurar la disponibilidad.

3.2.2 Plan de restauración de deterioro y corrección de debilidades

- **Registro de fallas**

El registro de fallas actualmente se realiza por medio del Software PMC donde para cada falla se realiza una orden de trabajo y se registran datos como el tiempo muerto, el tipo de falla, el procedimiento que se realizó para la reparación, el nombre de la empresa contratista en caso de realizase con terceros, costos de mano de obra y repuestos.

Estos registros quedan por tiempo indefinido registrados en el software sin embargo actualmente solo se encuentran registrados dentro del software los equipos mas no componentes críticos como baleros, motores etc. Lo cual podría traer un gran valor agregado, ya que permitiría poder analizar los datos fácilmente.

- **Proceso de fallas**

Actualmente al ocurrir una falla se procede de emergencia por medio de los técnicos de mantenimiento a realizar la reparación y previamente se registra en el PM, al implementar TPM este proceso cambiará tal como se observa en la Fig. 24 en donde se observa que la falla puede ser atendida por parte del departamento de producción o mantenimiento lo cual dependerá de la complejidad de la falla.

Si la falla es de baja complejidad los operarios procederán a realizar las respectivas acciones y los técnicos de mantenimiento realizarán el reporte de la falla la cual se registrar en el PMC, además se procederá a realizar un análisis de 5W+ 1H y 5 ¿Por qué?, con el objetivo de identificar la causa raíz realizar modificación y replicar para evitar que los fallos se repitan.

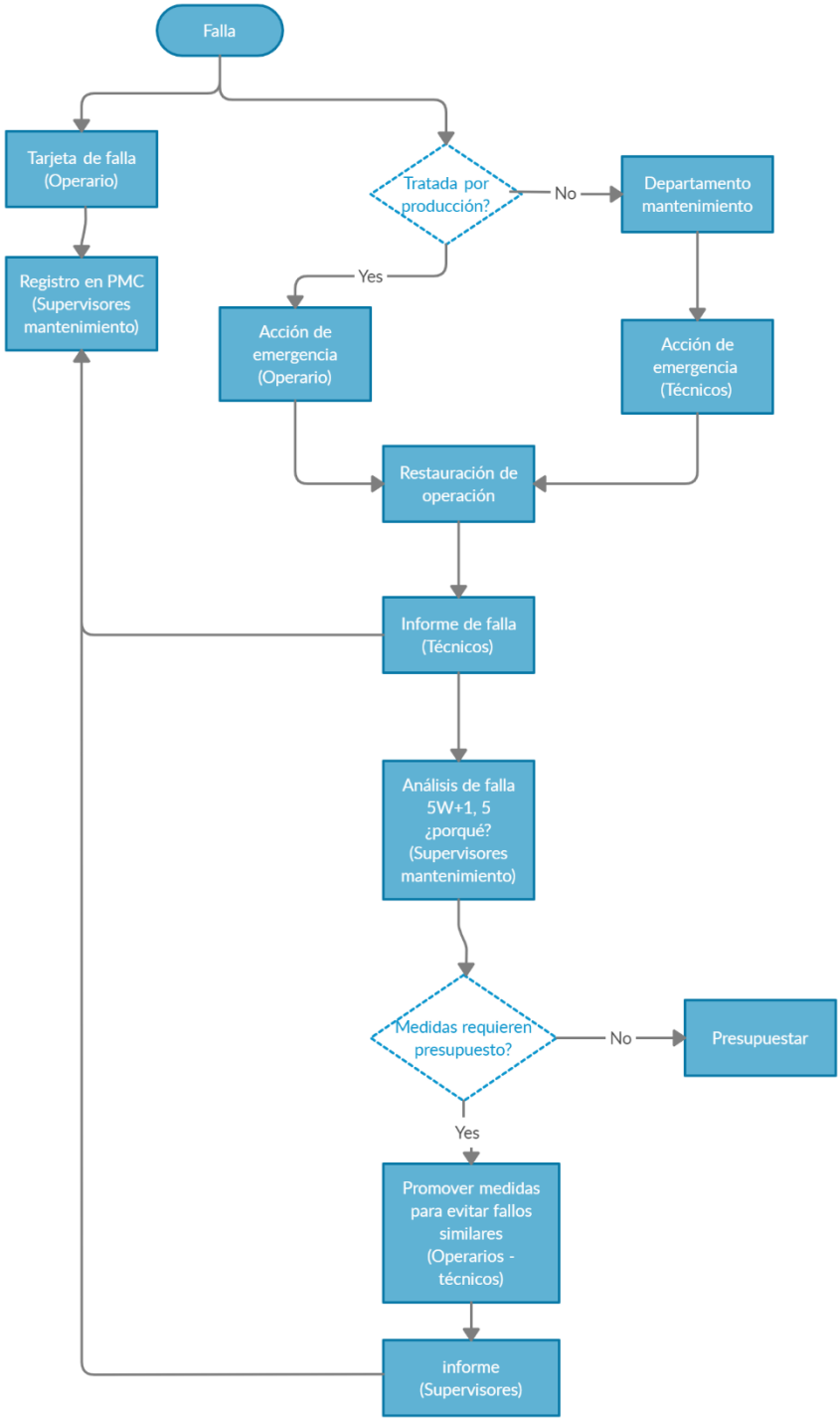


Figura 24. Proceso para la restauración de fallas.

Es importante recalcar que durante todo el proceso de atención de la falla debe de existir una comunicación fluida entre los departamentos para evitar sobre trabajos y poder realizar sinergia,

además durante todo este proceso se debe de registrar todas las acciones y decisiones tomadas y registrarlas en el CMMS

Tabla 22. Análisis de fallas.

ANÁLISIS DE FALLAS			
EQUIPO:		**Elaboró:**	
Línea de producción:			
Fecha del evento:		**Problema:**	**Esporádico___ Crónico____**
Fecha de restablecimiento:			
Tiempo de restablecimiento:			
Total tiempo muerto:			
5 W - 1H	**Hechos**		
	WHAT - ¿QUÉ?		
	WHEN- ¿CUÁNDO?		
	WHERE - ¿DÓNDE?		
	WHO- ¿QUIÉN?		
	WHICH - ¿CUÁL?		
	HOW - ¿CÓMO?		
Resumen del fenómeno:			
	¿Por qué?	**Observación**	
¿Por qué?-1			
¿Por qué?-2			
¿Por qué?-3			
¿Por qué?-4			
¿Por qué?-5			
Acción tomada		**Fecha:**	
		Fecha:	

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el análisis de 5W+ 1 H utilizaremos el formato de la Tabla 20, donde inicialmente se colocarán la línea de producción donde ocurrió la falla, el código del equipo, la fecha del evento como la de restablecimiento del equipo, el tiempo muerto y cuál es el problema que ocurrió donde se debe de especificar si es un problema repetitivo o esporádico.

En los hechos se realizará un análisis de 5 W + 1H este busca establecer la problemática de una forma clara y concisa para esto se responderá las siguientes preguntas relacionadas con la falla:

- What – ¿Qué?: Se explicará qué fue lo que ocurrió.
- When – ¿Cuándo?: Se definirá cuando paso el problema.
- Where – ¿Dónde?: Se explicará en qué parte, componente o subsistema ocurrió la falla.
- Who – ¿Quién?: Se colocará si la falla esta relaciona a la habilidad del operario o técnico de mantenimiento.
- Which – ¿Cuál?: Se especificará si el problema es periódico o es aleatorio.
- How – ¿Cómo?: se explicará cómo fue que ocurrió el problema o falla.

Finalmente se procederá a realizar un resumen con cada una de las respuestas colocadas en cada una de las preguntas lo que nos ayudara a entender claramente cómo sucedieron los hechos y nos facilitara la realización de metodología de análisis de causa raíz que en este caso se propone 5 porque la cual se explica en sección 1.1.2 c.

3.2.3 Plan para crear un sistema de gestión de la información

Como se mencionó en la empresa de estudio se utiliza el CMMS PMC el cual es utilizado para facilitar la gestión de las actividades y registros de mantenimiento este además cuenta con diferentes módulos como el de inventarios de equipos, el de inventario de repuestos, el módulo de compras y el de reportes y gráficos.

El software actualmente se encuentra totalmente implementado y cuenta con los códigos de identificación de la maquinas, registros de mantenimientos, inventarios, etc. Sin embargo, al realizar la implementación de la filosofía de TPM existen nuevas variables las cuales tendrán que ser tomadas en cuenta y que modificarán parte de la estructura actual.

Las nuevas variables a incluir se encuentran en la Fig. 24 dentro de estas se observan las informaciones relacionadas a las tarjetas de anormalidades, los diferentes chequeos que

realizarán, mantenimiento preventivos y correctivos que ya no solo podrán ser realizados por los técnicos de mantenimiento sino también por los operarios.

Actualmente las ordenes de trabajo las cuales pueden ser mantenimientos correctivos, preventivos y correctivos son asignados mediante las solicitudes realizadas por parte de los supervisores de producción o el plan de mantenimiento con el que se alimenta al PMC para la generación de órdenes de mantenimiento preventivas y predictivas automáticas.

Con la implementación también se incluyen las tarjetas de anormalidades estas de igual manera podrán ser entradas para las solicitudes de mantenimientos tal como se observa en la Fig. 19 y 25, donde la digitalización se realizará por el auxiliar de mantenimiento y la alimentación de PMC por medio de los supervisores de mantenimiento.

Dentro de esta propuesta se contempla agregar dentro de las rutinas de mantenimiento los chequeos para poder brindarles un seguimiento adecuado, sin embargo, esto involucra una carga de trabajo adicional por lo que deberá ser analizado por la organización. Finalmente, dentro de las ordenes de mantenimiento además se deberá poder agregar a los operarios ya que actualmente solo se asignan a técnicos de manteniendo.

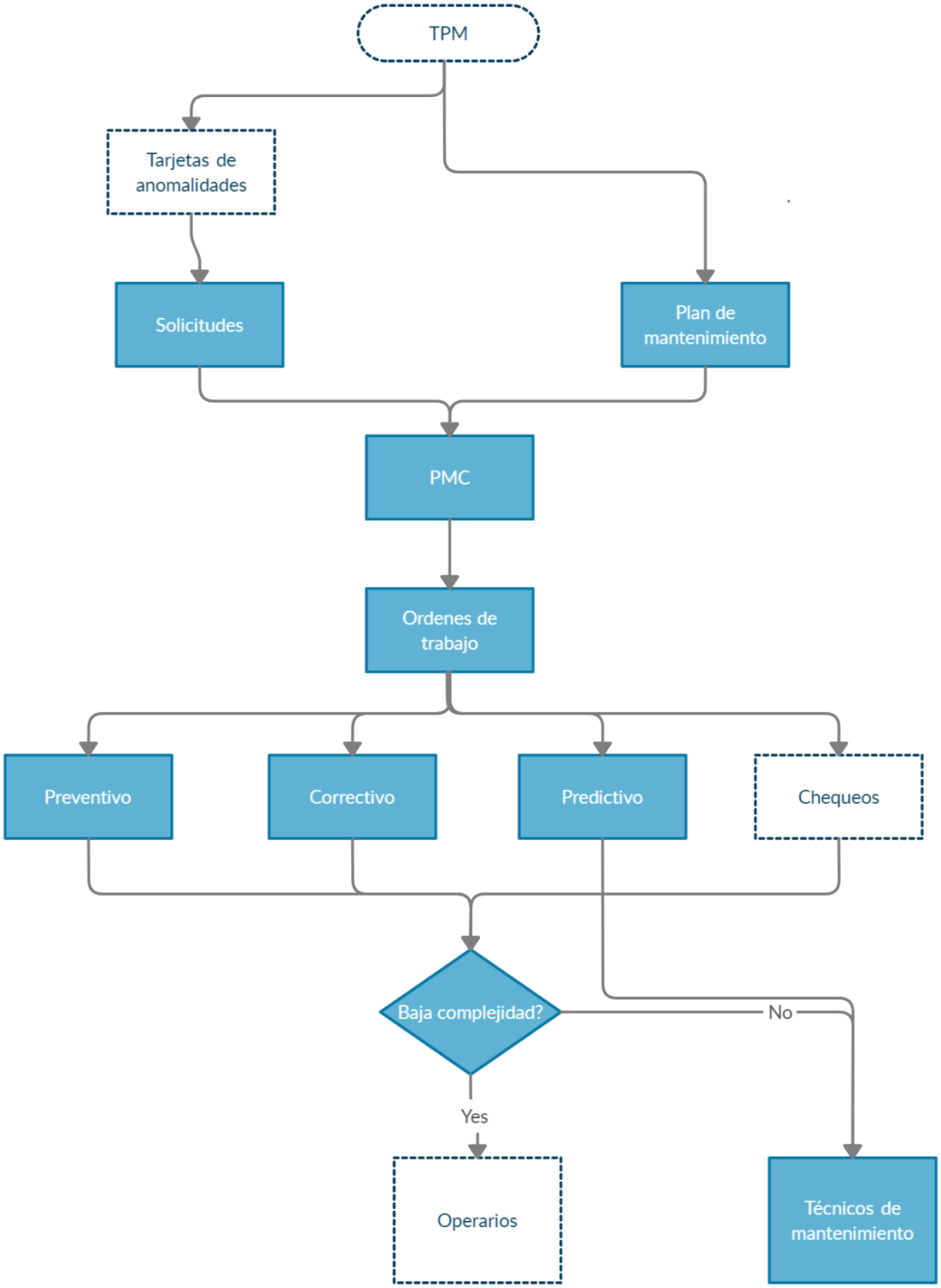


Figura 25. Modificación del proceso de CMMS debido a la implementación de TPM.

3.2.4 Plan para crear un sistema de mantenimiento periódico

Como se mencionaba en la sección 3.1.5, el sistema de mantenimiento periódico sea capaz de mantener las condiciones óptimas de operación es necesario, crear planes de mantenimiento específicos para los elementos que conforman el proceso productivo.

Este mantenimiento se basa inicialmente en las recomendaciones realizadas por el fabricante, se optimiza mediante la experiencia de los técnicos y se adecuan al contexto de la operación por medio de la información obtenida de las tarjetas de anormalidad. Estos buscan el aumento de la disponibilidad de los equipos.

El mantenimiento que se debe de brindar a los equipos en estudio es el siguiente:

Tabla 23. Mantenimientos preventivos brindados.

Mantenimientos Preventivos													
Equipo	Componentes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
Molino	Recámara			■			■			■			■
	Motor						■						■
	Sistema neumático			■			■			■			■
	Variador de frecuencia				■								
	Poleas y fajas			■			■			■			■
	Bomba de producto			■			■			■			■
	Tablero eléctrico						■						■
Envasadora	Sistema neumático		■			■			■			■	
	Sistema de dosificación		■			■			■			■	
	Conveyor		■			■			■			■	

Fuente: Elaboración propia.

También como muestra del tipo de mantenimiento periódico o preventivo que la empresa ya posee y ejecuta para diferentes áreas y equipos, se adjuntan algunas listas de mantenimiento a modo de ejemplo en los Anexos de este documento. Es necesario aclarar que las rutinas que se muestran ya se encuentran en ejecución, y han sido diseñadas por el departamento de mantenimiento.

En la Fig. 26 se muestra el proceso de mantenimiento preventivo donde se encuentran en color blanco las nuevas actividades propuestas donde estos mantenimientos pueden ser asignados a operarios, técnicos de mantenimiento o a personal externo en el caso de ser algo muy

especializado y que necesite equipo especial como por ejemplo pruebas de cromatografía de gases realizadas a transformadores.

El proceso busca que todo sea realizado de forma sistemática y que todo mantenimiento sea recibido por un supervisor quien será quien dará el visto bueno, en tal caso se procederá al cierre de la orden de trabajo en el software de mantenimiento.

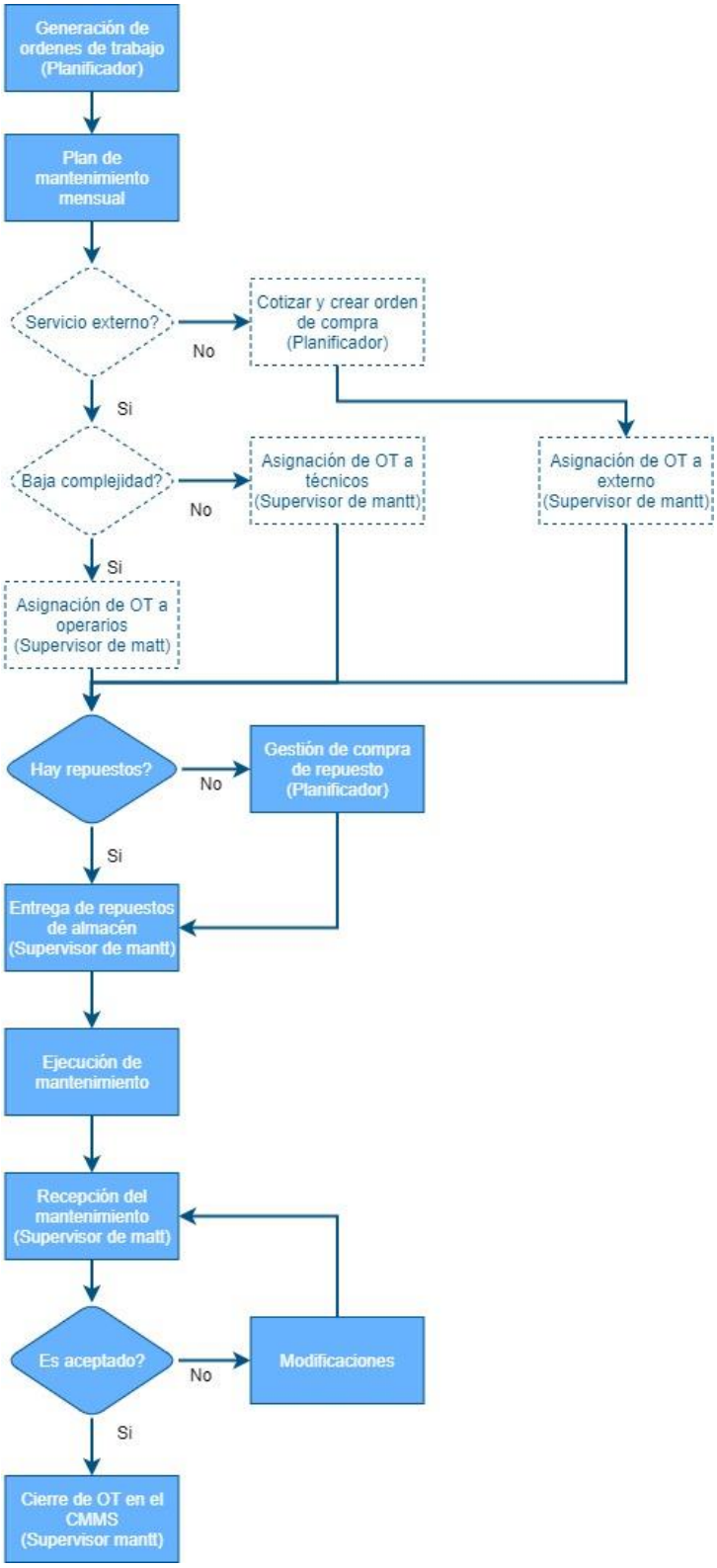


Figura 26. Flujo de proceso de mantenimiento preventivo.

3.2.5 Plan para crear un sistema de mantenimiento predictivo

Mediante las tomas de lecturas periódicas de los componentes se deberá establecer las variables que será necesario controlar, de manera que resulta de mucha importancia hacer una selección de los equipos que se va a monitorizar. En este caso se ha determinado por criticidad que, tanto las envasadoras y los molinos será necesario aplicar este tipo de mantenimiento.

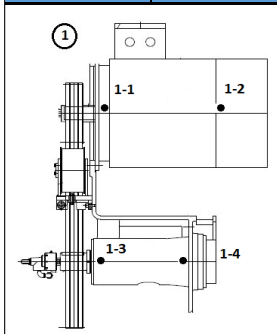
Por lo tanto, se determinó que se deberán realizar análisis de vibraciones, termografías, ultrasonido, así como análisis de espesor, todo esto con el fin de comparar las actividades que se llevan a cabo un mantenimiento preventivo versus el correctivo. Se propone además realizar un programa piloto de los mismos, esta incluirá una fecha mensual que posteriormente puede ir siendo ajustada con el propósito de buscar obtener los mejores resultados.

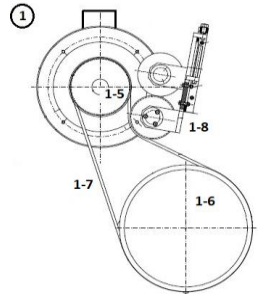
Con respecto al análisis de vibraciones, dado que esta empresa aun no cuenta con un software para el manejo de las mediciones, se recomienda que se elija un software idóneo con el objetivo de procesar la información obtenida de las mediciones de forma priorizada y resumida que sea útil para una toma de decisiones adecuadas.

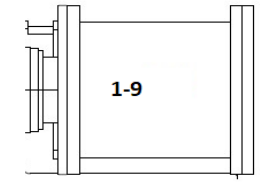
Para la realización del mantenimiento predictivo se propone realizar el monitoreo periódico con ayuda de la Tabla 24 y 25.

Tabla 24. Estándares de mantenimiento predictivo.

TPM	Estándar de Mantenimiento predictivo Area: Esmalte Equipo: Molino	Grupo:_____ Líder:_____	Preparado: 10/1/2020 Revisado: 10/6/2020





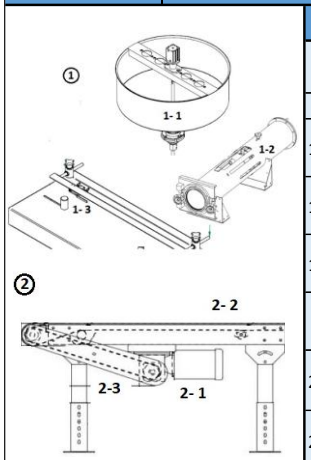


Mantenimiento predictivo de termografia, analisis de vibraciones y espesor										
Piezas	Estándar	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	Tiempo	Intervalo D	Intervalo S	Intervalo M	Intervalo S	Responsable
1 Transmisión										
1- 1 Balero de carga	Sin vibracion	Vibraciones	SKF Quick Collect	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1- 2 Balero Ventilador	Sin vibracion	Vibraciones	SKF Quick Collect	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
1- 3 Balero Eje de molienda	Sin vibracion	Vibraciones	SKF Quick Collect	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1- 4 Balero Eje de molienda	Sin vibracion	Vibraciones	SKF Quick Collect	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1-5 Polea	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1-6 Polea	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1-7 Correas	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1-8 Tensor	Sin calentamiento	Termografia	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
1-9 Recamara de molienda	Sin desgaste	Medicion espesor	SAUTER TN 230US	Informar a supervisor	120				x	Tec. Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25. Estándares de mantenimiento predictivo.

TPM	Estándar de Mantenimiento predictivo Area: Esmalte Equipo: Envasadora	Grupo:_____ Líder:_____	Preparado: Revisado:



Mantenimiento predictivo de termografia, analisis de vibraciones y espesor

Piezas	Estándar	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	Tiempo	Intervalo D	Intervalo S	Intervalo M	Intervalo S	Responsable
1. Docificación										
1-1 Tolva de producto	Sin vibración	Ultrasonido	Amprobe ULD-300	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
1-2 Pistón de dosificación	Sin vibración	Ultrasonido	Amprobe ULD-300	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
1-3 Mesa y sensor	Sin vibración	Ultrasonido	Amprobe ULD-300	Informar a supervisor	15			x		Tec. Mantenimiento
2. Conveyor										
2-1 Moto reductor	Sin calentamiento	Termografía	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
2-2 Cadena	Sin calentamiento	Termografía	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento
2-3 Banda transportadora	Sin calentamiento	Termografía	Fluke TI 200	Informar a supervisor	10			x		Tec. Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.6 Plan para evaluar el sistema de mantenimiento planificado

El sistema de mantenimiento deberá de ser evaluado de tal manera que se puedan observar las variaciones en el tiempo, y si este se está ejecutando adecuadamente, para llevar a cabo esto es necesario tener en cuenta que debe de existir previamente un patrón de comparación donde se haya evaluado con los mismos parámetros que se pretenden evaluar para la revisión del estado actual de un sistema de mantenimiento.

La gestión del sistema de mantenimiento de esta empresa será evaluada con base en los datos obtenidos previamente en la inspección diagnostica del mismo. Para ser consecuentes, se utilizará nuevamente la auditoria AMORMS, desarrollada por Crespo y Parra (2017), ya que esta sirvió para evaluar el estado actual de la gestión del mantenimiento en la empresa, como se menciona en partes previas de este documento.

Como menciona Parra (2015), permite evaluar el modelo de Gestión de Mantenimiento. Las áreas a ser auditadas con la herramienta AMORMS son:

1. Gestión de Activos, Objetivos del Negocios (KPIS) y organización de soporte
2. Modelos de Jerarquización basados en Riesgo (criticidad de equipos)
3. Análisis de problemas (manejo de fallas)
4. Procesos de programación y planificación
5. Procesos de asignación de recursos, soporte informático y logístico
6. Procesos de control y análisis de indicadores técnicos RAM
7. Proceso de análisis de costos de ciclo de vida
8. Procesos de revisión y mejora continua

El método correcto para la aplicación eficiente del proceso es realizar la auditoría tomando en cuenta al personal de mantenimiento desde supervisores, jefes de mantenimiento, ingeniero, y gerentes, con un mínimo de 8 personas.

Parras (2015), remarca que el proceso de análisis de las áreas a diagnosticar se realiza a partir de un cuestionario guía de 150 preguntas. Cada participante evaluará cada uno de las preguntas propuestas, asignando puntuaciones que irán desde el 1 hasta el 5, en función de la siguiente escala:

1. Proceso muy deficiente
2. Proceso debajo del promedio
3. Proceso estándar promedio
4. Proceso con muy buenas prácticas
5. Proceso a nivel de Clase Mundial

Los resultados de la auditoría se presentan en un formato tipo Radar, como se muestran en la Fig. 1.

Es importante destacar que las auditorias permiten tener una visión clara sobre el estado del sistema de gestión, y si los esfuerzos que se vierten sobre el mismo están bien enfocados, también a su vez permiten la toma de decisiones para la mejora continua del proceso de gestión.

CAPÍTULO 4 EDUCACIÓN Y ADIESTRAMIENTO

4.1 Referencia Conceptual

4.1.1 Evaluación de programas vigentes y establecimiento de estrategias

Este es el primer paso para la implementación del pilar de educación y entrenamiento, conste de evaluar los actuales programas de capacitación verificando la importancia y profundidad con la que se llevan a cabo, usualmente en las industrias se perciben las capacitaciones como algo secundario, no primordial e incluso un gasto innecesario.

El impacto de la falta de capacitaciones se observa directamente en la necesidad de subcontratar actividades no muy complejas y en la disponibilidad del equipo, ya que un operario sin un conocimiento profundo del equipo realizara maniobras inadecuadas las cuales pueden terminar dañado seriamente los activos.

Esto se puede solventar con un firme compromiso de la organización con las capacitaciones y expresándolo por medio de una política, si existen otras políticas relacionadas a sistemas de gestión es adecuado integrarlas para poder brindarle un mayor peso al compromiso realizado por parte de la alta dirección.

4.1.2 Elaboración de un programa para la mejora de capacidades

Para esto se realiza una matriz de identificación de competencias donde se enlistes todas las competencias que idealmente deben de poseer los colaboradores y posteriormente se debe de evaluar cómo se encuentra actualmente estas habilidades y hasta donde queremos llevarlas. Esto es decisivo para poder realizar el programa de mejora de capacidades.

Las capacidades se pueden evaluar cómo no conoce nada del tema, sabe los conceptos básicos, puede realizarlo con apoyo, puede realizarlo solo y está en capacidad de enseñar. Después de definir el nivel para cada competencia se realiza el programa de entrenamiento el cual debe de ser adecuado a la tecnología, contexto y equipos con los que cuenta la organización.

4.1.3 Sistema de formación de capacidades a largo plazo

Para esto se realizará una estructura que se seguirá para la implementación de las capacitaciones además de un plan de formaciones a largo mediano plazo el cual busca crear el conocimiento o

fortalecerlo para poder llevar a cabo de manera satisfactoria todos los pasos de la metodología TPM

4.1.4 Estimulación del autodesarrollo

Esto se basa en el auto aprendizaje en el lugar de trabajo, para esto es importante que los operarios no estén sobrecargados con las labores diarias, ya que esto limita la experiencia que puedan obtener poniendo en práctica todo lo visto en las diversas capacitaciones brindadas de acuerdo al plan de formación.

En este tiempo el operario debe de realizar actividades relacionadas a las inspecciones, desmontaje, limpieza de piezas, lubricación, reapreté general entre otras actividades que le permitan asimilar de forma práctica los conocimientos.

4.1.5 Evaluación de actividades y planificación futura

Para poder evaluar las actividades se deben de realizar exámenes para evaluar si se está alcanzado el nivel de competencia que se proyectó inicialmente para los colaboradores. Además, se debe de realiza la matriz de competencias de forma periódica para evaluar si es necesario incluir nuevos conocimientos debido a cambios organizacionales, tecnologías, equipos etc.

Para la implementación se realizará los siguientes pasos:

- Analizar programas vigentes y establecer estrategias.
- Elaborar programa para la mejora de las capacidades.
- Sistema de formación a largo plazo.
- Sistema de formación de capacidades.

4.2 Propuesta de Documentación

4.2.1 Evaluación de programas vigentes y establecimiento de estrategias

Actualmente en la empresa de estudio se apuesta mucho por el crecimiento, la capacitación y especialización de los empleados por lo que actualmente existe un plan de adiestramiento el cual se basa en el plan de carrera y el descriptor de puestos que se establece por medio del jefe inmediato y el departamento de recursos, en este se define un proceso para poder cerrar la brecha entre las competencias ideales para el puesto y las que poseen los colaboradores.

En este proceso de cierre de brechas se establece una serie de capacitaciones las cuales se enfocan en cubrir cada uno de los aspectos deficientes que incluyen tanto las habilidades duras que consienten en el conocimiento técnico, como las blandas las cuales son más difíciles de medir y que consisten en manejo de personal, trabajo en equipo, pensamiento crítico, puntualidad, etc.

Todas estas capacitaciones son colocadas en una calendarización anual donde previamente se someten a aprobación, además son medidas por medio de las auditorías realizadas al sistema de gestión de la calidad basado en la ISO 9001. Las capacitaciones actualmente no cumplen con lo requerido por la filosofía de TPM, ya que actualmente a los operarios raramente se capacitan en temas técnicos a excepción de los relacionados con el proceso de producción.

Para poder realizar el cambio de forma adecuada es necesario que se pueda establecer un compromiso por medio de una política y objetivos que tenga el visto bueno de la alta dirección. A continuación, se presenta una propuesta.

- **Política de capacitaciones**

"En esta empresa se tiene un firme y constante compromiso con el desarrollo de capacidades técnicas y blandas de todos los colaboradores por medio de un plan de capacitaciones adecuado para cumplir con los requisitos establecidos dentro de la filosofía del mantenimiento productivo total. Además, creemos en las capacidades y crecimiento profesional de nuestros colaboradores lo cual es uno de nuestros pilares principales para mejorar la productividad y rentabilidad del negocio".

- **Objetivo**

Incrementar la disponibilidad y rentabilidad de nuestro negocio por medio de formación de personal competente en el cuido de los equipos y con conocimientos profundos en el funcionamiento y entendimiento de los diferentes procesos.

- **Prioridades**
    1- Definir las capacidades necesarias para generar competencias para el cuido de los equipos, aumentar la productividad y disminuir perdidas.
    2- Establecer un programa de capacitaciones para el desarrollo de las habilidades.

4.2.2 Elaboración de un programa para la mejora de capacidades

Para poder realizar un programa de capacitaciones se necesita identificar cuáles son las temáticas que necesitamos, el nivel que posee actualmente de conocimiento el personal en esas temáticas y finalmente cual es el nivel de conocimiento adecuado que deben de tener cada uno de los colaboradores para realizar el cuido y gestión de los equipos.

En el área de estudio la cual consta de 4 molino y 2 envasadoras se cuenta con un total de 8 colaboradores de los cuales los primeros 4 se dedican a operar un molino y los siguiente 4 se encargan de operar las dos envasadoras. En base a la naturaleza de los equipos se debe de realizar la identificación de necesidades de capacitación tal como se observa en las tablas 26 y 27.

Se observa que actualmente el conocimiento necesario para la implementación de TPM es muy bajo por lo que es necesario realizar un programa de capacitaciones donde se involucren todas las áreas que se han identificado donde necesitamos fortalecer diferentes habilidades y conocimientos.

Tabla 26. Matriz de identificación de competencias.

Matriz de identificación de competencias																										
Criterio de calificación	**No conoce nada del tema** ⊕			**Sabe los conceptos básicos** ◔			**Puede hacerlo con apoyo** ◕			**Puede hacerlo solo** ●			**Esta en capacidad de enseñar a**													
Estado del conocimiento	**I** = Estado inicial						**D** = Nivel deseado						**H** = Desarrollo de la habilidad													
Habilidad Persona	Operario 1			Operario 2			Operario 3			Operario 4			Operario 5			Operario 6			Operario 7			Operario 8			Operarios 9		
	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H	I	D	H
Conocimiento/uso de pernos y tuercas	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●
Conocimiento/uso de Herramientas	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●	◔	⊕	●
Conocimiento/uso de ejes	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔
Conocimiento/lectura de planos	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔
Conocimiento/lectura de unifilares	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Conocimiento/aplicación de lubricantes	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●
Conocimiento/uso de instrumentos	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	●	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Conocimiento/uso de contactores y relay	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◔

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Segunda matriz de identificación de competencias.

Matriz de identificación de competencias																										
Criterio de calificación	**No conoce nada del tema** ⊕			**Sabe los conceptos básicos** ◔			**Puede hacerlo con apoyo** ◔			**Puede hacerlo solo** ◕			**Esta en capacidad de enseñar a** ●													
Estado del conocimiento	**I** = Estado inicial						**D** = Nivel deseado												**H** = Desarrollo de la habilidad							
Habilidad Persona	Operario 1			Operario 2			Operario 3			Operario 4			Operario 5			Operario 6			Operario 7			Operario 8			Operarios 9		
	I	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**	**I**	**D**	**H**
Conocimiento/uso de motores de inducción	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔
Conocimiento/uso de tuberias y cables	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔
Conocimiento de instalaciones	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔	⊕	⊕	◔
Conocimiento/uso de válvulas actuadas	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕
Conocimiento/uso de cilindros neumáticos	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕
Conocimiento/uso de tuberias y accesorios	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕
Conocimiento de bloqueo y etiquetado	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕
Conocimiento de trabajos en altura	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕	⊕	⊕	◕

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Sistema de formación de capacidades a largo plazo

para garantizar el proceso de formación es necesario establecer un proceso robusto que permita de forma periódica el análisis de las capacidades y la identificación de nuevas necesidades de formación relacionado al cambio constante del contexto organizacional. Para esto se propone el proceso establecido en la Fig. 27.

Figura 27. Proceso de formación a largo plazo.

En la Fig. 27 se observa que los planes de formación no son estáticos si no que estos deben de ser evaluados con una frecuencia propuesta de 1 año debido a diferentes cambios los cuales pueden incluir cambios en procesos, cambios de tecnologías, cambios de maquinaria, nuevos productos, etc.

- **Mejora de capacidades**

Para establecer el sistema de formación se deben de conocer previamente las necesidades de capacitación y conocer cuál es el estado actual de las habilidades y conocimiento de los operarios de producción y de los técnicos de mantenimiento, esto nos servirá de base para establecer la estructura de los cursos y las temáticas a tratar.

El pilar de educación y formación propuesto está formado por 4 etapas de adiestramiento la primera busca que los operarios conozcan su equipo y cómo influyen los servicios auxiliares en su desempeño. El segundo busca tecnificar a los operarios, a los técnicos y se divide en intermedio y avanzado, estos buscan preparar al personal para apoyar en los pasos de la filosofía de TPM.

El proceso que se muestra en la Fig. 27 y planes de formación propuestas en este documento en las Tablas 28, 29 y 30 serán lideradas por el personal de mantenimiento y producción especialmente por el staff de TPM. El proceso dura un total de 4 años después de los cuales el proceso formación no termina solo se modificará tal como se observa en la Fig. 27.

Figura 28. Proceso de formación de TPM.

Tabla 28. Plan de capacitaciones básico.

Plan de formación básico						
Nivel	Temática	Subtemas	Objetivo	Tiempo estimado	Tiempo estimado	Método de evaluación
Cursos básicos	Equipos	• Tipos de molinos, envasadoras y dispersores • Equipo de seguridad y salud ocupacional	Conocer los equipos y cómo influyen los equipos auxiliares en sus mantenimiento, ademas del equipo de seguridad necesario.	6 meses	48 hrs	Examen
	Equipo auxiliares	• Tipo de quipo auxiliares • Revisión de equipos auxiliares				
	Sistema de dosificación	• Partes del sistema de automatización de dosificación • Funcionamiento				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Plan de capacitaciones intermedio.

Plan de formación intermedio						
Nivel	Temática	Subtemas	Objetivo	Tiempo estimado	Tiempo estimado	Método de evaluación
Cursos intermedios	Pernos y tuercas	• Tipos de pernos y sus grados • Aplicaciones de pernos • Materiales de los pernos • Tuercas • Troque adecuado	Conocer los diferentes pernos, sus aplicaciones y torques adecuados para realizar el reaprete de los equipos	3 meses	24 hrs	Examen
	Lubricación	• Tipos de grasas • Tipos de aceites • Aplicaciones y cantidades adecuadas	Conocer los métodos de aplicación de lubricantes	2 meses	16 hrs	Examen
	Interpretación de planos	• Simbología eléctrica • Simbología neumática • Simbología de p&id • Interpretación	Conocer las bases para interpretación de planos	3 meses	24 hrs	Examen
	Desmontajes básicos	• Tipos de herramienta • Uso de herramientas generales • Ensambles	Poder desarmar piezas básicas de los equipos	2 meses	16 hrs	Examen
	Electricidad básica	• Conceptos Corriente, voltaje, potencia, energía y ampacidad • Compresión de unifilares • Tipos de conductores • Uso de multímetros	Conocer los conceptos básicos de electricidad y equipo de medición	3 meses	24 hrs	Examen
	Control eléctrico	• Contactores y relés • Circuitos star – stop de motores • Relés térmicos y termo magnéticos	Conocer el funcionamiento de los sistemas de control de motores	3 meses	24 hrs	Examen
	Sensores básicos	• Sensores ópticos • Finales de carrera • Presostatos • Sensores de temperatura • Sensores inductivos y capacitivos	Facilitar los procesos de inspección en sensores	3 meses	24 hrs	Examen
	Seguridad e inspecciones eléctricas	• Bloqueo y etiquetado • Equipo se seguridad eléctrica • Inspecciones eléctricas	Conocer el métodos de trabajo seguros en equipo eléctrico	2 meses	16 hrs	Examen
	Neumática	• Mangueras • Tipos de actuadores • Unidades de mantenimiento	Conocer el funcionamiento de los sistemas neumáticos	2 meses	16 hrs	Examen

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Plan de capacitaciones avanzado.

Plan de formación avanzado						
Nivel	Tematica	Sub temas	Objetivo	Tiempo estimado	Tiempo estimado	Metodo de evaluacion
Cursos avanzados	Tipos de mantenimientos	• Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo	Conocer las estrategias de mantenimiento	2 meses	16 hrs	Examen
	Rutinas de mantenimiento	• Estándares de inspección • Inspecciones periódicas	Conocer los conceptos y aplicaciones	1 meses	8 hrs	Examen
	Registros de anomalías	• Tipo de tarjetas de anomalías • Utilización de tarjetas • Registro de tarjetas	Que los operarios interioricen el proceso de utilizacion de tarjetas	2 meses	16 hrs	Examen
	Mantenimiento planificado	• Calendarios de mantenimientos	Revisar la planificación	2 meses	16 hrs	Examen
	Desarrollo y ejecución de	• Explicación de estándares • Prácticas de inspecciones	Que los operarios interioricen el proceso de	3 meses	24 hrs	Examen
	Instalación de tubería	• Tipos de sujeciones • Tipos de tuberías • Terrajas y roscas • Montaje	Que los operarios puedan realizar pequeñas modificaciones y reparaciones en tuberias	3 meses	24 hrs	Examen
	Detección de fallos	• Relación entre deterioro y anomalías	Que el operario comprendan el impacto de las anomalias	2 meses	16 hrs	Examen
	Técnicas de mantenimientos predictivos	• Conocimientos básicos termografía, análisis de vibraciones, análisis de espesor y ultrasonido.	Comprender el objetivo del mantenimiento predictivo	3 meses	24 hrs	Examen
	Análisis de casos	• Análisis de problemas identificados en inspecciones • Análisis de los lugares de trabajo con oportunidad de mejora	Interiorizar lo aprendido	3 meses	24 hrs	Examen

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de cronograma de implementación de los pilares básicos en la línea piloto

En la Fig. 28 se muestra el cronograma general de las actividades a realizar para la implementación en la línea piloto. Inicia con el anuncio de la alta dirección de implementar la filosofía, lo cual es de vital importancia ya que sin su apoyo no es posible la implementación y lograr un verdadero cambio cultural.

El paso 2 es concientizar a todo el personal esto se logrará por medio de diferentes reuniones las cuales serán impartidas por personal de mantenimiento, además como paso 3 se establecerá un comité para promoción del TPM el cual estará formado por personal de las diferentes áreas en especial producción, mantenimiento y SSO.

Figura 29. Cronograma de actividades generales.

Como parte del paso 4 se establecen los objetivos y metas. Queda a consideración de la compañía evaluar la meta que se asignaran, esta dependerá de los recursos que se destinen y del alcance final que se le brinde al TPM.

El paso 5 se divide en el diseño del plan maestro para la implementación de TPM y en la implementación en la línea piloto. Para esto en el cronograma de diseño del plan se nombra diferentes pasos los cuales se describen a lo largo de este documento, sin embargo, antes de la implementación en la línea piloto la organización debe de analizarlos y realizar las pequeñas modificaciones que crean correspondientes para lo cual se estiman los tiempos mostrados en la Fig. 30.

Para la realización de esta primera parte se considera un tiempo total de 11 meses calendario, por lo que se recomienda que esta revisión se inicie antes de entrar en el proceso de implementación. La segunda parte corresponde a la implementación de la metodología en la línea piloto.

La segunda parte del paso tiene como objetivo probar todo los procesos, formatos y documentación realizados en la primera parte, para comprobar su efectividad y realizar modificaciones en el caso de ser necesarias y de esta forma robustecer el plan maestro con el objetivo de asegurar su correcta implementación y existo cuando se expanda al resto de las líneas.

Para esta primera implementación se considera un tiempo aproximado de 6 meses como se observa en la Fig. 31, en los cuales no es posible implementar toda la metodología, pero si obtener información valiosa del desempeño del plan maestro inicial.

Paso 5. Diseño de plan maestro	**427 days**	**Comité,Jefes**
Paso 5.1 Diseñar un plan maestro inicial	**247 days**	**Comité,Jefes,Super**
Mejoras orientadas y eficacia de producción	**27 days**	**Comité,Jefes,Super**
Conformación de comité para evaluación de mejoras orientadas	1 day	**Comité,Jefes, Supervisores**
Definición de pérdidas a evaluar y árbol de pérdidas	5 days	Comité
Elaboración de procedimientos para recolección de datos en producción	5 days	Comité, Supervisores
Guía mediciones para OEE y pérdidas relacionadas	10 days	Comité, Supervisores
Guía para evaluación de herramientas para la reducción de pérdidas (LEAN)	5 days	Comité
Administración de información	1 day	Comité
Plan de seguridad para el operario	**6 days**	
Guía de bloqueo y etiquetado para TPM	3 days	SSO,Comité,Supe
Plan compra y modificación de paros de emergencia de equipos	3 days	Comité,Mantt
Mantenimiento autónomo	**48 days**	
Plan limpieza inicial	3 days	Comité,Mantt
Plan eliminar fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	4 days	Comité,Mantt
Plan establecer estándares de limpieza, lubricación y aprete de pernos	31 days	Comité,Mantt
Plan para realizar inspección generales	10 days	Comité,Mantt
Mantenimiento planificado	**39 days**	
Plan maestro de mantenimiento	4 days	Comité,Mantt
Evaluar el estado inicial de los equipos	4 days	Comité,Mantt
Restaurar el deterioro y corregir debilidades	4 days	Comité,Mantt
Crear un sistema de gestión de la información	2 days	Comité,Mantt
Crear un sistema de mantenimiento periódico	10 days	Comité,Mantt
Crear un sistema de mantenimiento predictivo	10 days	Comité,Mantt
Evaluar el sistema de mantenimiento planificado	5 days	Comité,Mantt
Formación y adiestramiento	**44 days**	
Evaluar programas vigentes y establecer estrategias	4 days	RRHH,Comité
Elaborar programa para la mejora de las capacidades	20 days	RRHH,Comité
Sistema de formación de capacidades a largo plazo	10 days	RRHH,Comité
Estimulación del auto desarrollo	5 days	RRHH,Comité
Evaluación de actividades y planificación futura	5 days	RRHH,Comité

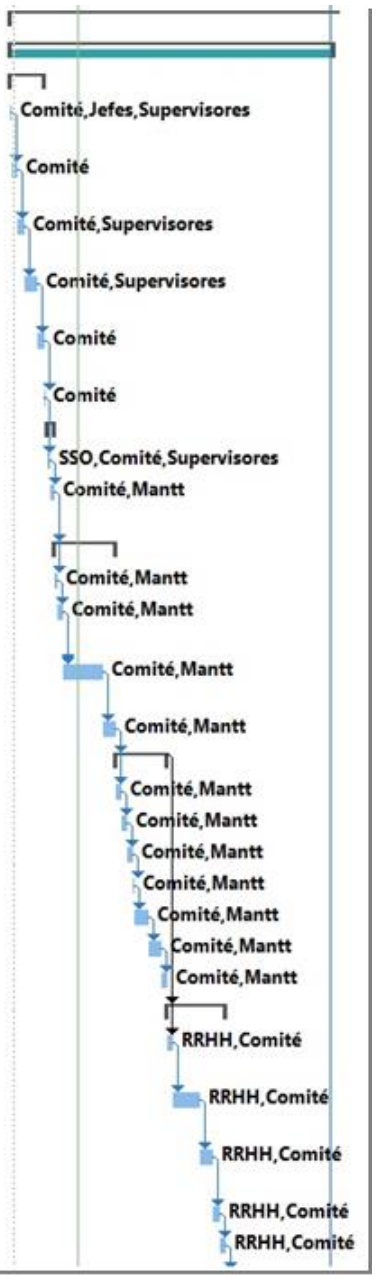


Figura 30. Cronograma para la revisión del diseño del plan maestro.

Paso 5.2 Implementación en línea piloto	**180 days**	
Mejoras orientadas y eficacia de producción	**180 days**	
Capacitación en pérdidas	3 days	
Medición de pérdidas por parte de operarios	177 days	Operarios, Supervisores
Cálculo de OEE	154 days	Supervisores
Árbol de pérdidas	154 days	Jefes,Supervisore
Implementar oportunidades de mejora	154 days	Jefes,Supervisore
Mantenimiento autónomo	**180 days**	
Capacitaciones de seguridad y LOTO	10 days	Mantenimiento
Inspecciones y limpieza inicial	170 days	Mantenimiento
Anormalidad y viñetas	170 days	Comité,Mantenir
Mantenimiento planificado	**180 days**	
Evaluación de estado inicial	180 days	Mantenimiento
Priorización de equipos	27 days	Mantenimiento
Mantenimiento predictivo	153 days	Mantenimiento
Formación y adiestramiento	**179 days**	
Plan de capacitación básico	179 days	RRHH,Comité

Figura 31. Cronograma de pilares propuestos en la línea piloto

Análisis financiero de costos de implementación de los pilares de TPM en la línea piloto

El mantenimiento debe ser integrado en la visión económica de la empresa; con el fin de que el emplear técnicas financieras sea una poderosa herramienta en la toma de decisiones sobre el actuar del mismo. Puesto que el fin de toda empresa es aumentar la rentabilidad. El departamento de mantenimiento debe estar en concordancia con la misión, visión, metas y objetivos de la empresa y la aplicación de análisis financiero sobre las estrategias de mantenimiento a implementar es la forma más efectiva de lograrlo

Cuando se aplica TPM y se quiere revisar sus beneficios es importante realizar un análisis que englobe todos los costos asociados al mismo. Para lograr medir el impacto final de la implementación de TPM en términos financieros es importante evaluar cual es su costo de implementación, para ello se ha recabado cierta información que permite evaluar los costos de implantación del TPM para la línea piloto. Se muestran en la Tabla 31. un presupuesto estimado con base en los precios actuales de mercado.

Tabla 31. Presupuesto de implementación de pilares en línea piloto.

Presupuesto de implementación			
Actividades	**Costo C/u**	**línea piloto**	**Planta**
Concientizaciones iniciales		$ 700.00	$ 15,000.00
Mejora Enfocada			
Capacitaciones de personal para registro de perdidas		$ 300.00	$ 12,000.00
Recolección de data y análisis de perdidas	$ 400.00		$ 14,400.00
Mantenimiento autónomo			
Paros de emergencia	$ 500.00	$ 5,000.00	$ 12,500.00
Puesta de paros de emergencia	$ 30.00	$ 300.00	$ 7,500.00
Bloqueos paro de emergencia	$ 40.00	$ 400.00	$ 2,200.00
Tarjeta de bloqueo polyester auto laminable	$ 3.40	$ 34.00	$ 187.00
Cajas de herramientas	$ 250.00	$ -	$ 16,250.00
Candados	$ 20.00	$ 200.00	$ 1,100.00
Tarjetas de anormalidades	$ 2.00	$ -	$ 400.00
Papelería	$ 200.00	$ -	$ 800.00
Recolección y análisis de tarjetas de anormalidades	$ 500.00	$ -	$ 6,000.00
Sctikers para rotulación	$ 5.00	$ -	$ 1,000.00
Rótulos en acrílico 60 x 30 cm	$ 75.00	$ -	$ 3,375.00
Rotulación de tuberías con pintura	$ 10.00	$ -	$ 3,000.00
Mantenimiento Planificado			
Cámara termográfica Flir E 76	$ 11,000.00	$ -	$ 11,000.00
Analizador de vibraciones Quick Collect	$ 2,500.00	$ -	
Capacitación en termografía	$ 1,100.00	$ -	$ 6,600.00
Capacitación en vibraciones	$ 1,100.00	$ -	$ 6,600.00
Capacitación análisis causa raíz	$ 1,000.00	$ -	$ 5,000.00
Educación y adiestramiento			
Plan básico	$ 177.12	$ -	$ 35,424.00
Plan Intermedio	$ 526.35	$ -	$ 78,952.50
Plan avanzado	$ 609.84	$ -	$ 91,476.00
Material didáctico	$ 5,000.00	$ -	$ 15,000.00
Concientizaciones durante el proceso	$ 181.50	$ -	$ 36,300.00
Costo de implementación de TPM aproximado		**$ 6,934.00**	**$ 382,064.50**
Imprevistos (15%)			**$ 57,309.68**
Inversión total			**$ 446,308.18**

Fuente: Elaboración propia.

El costo de total implementación asociado a los primeros cuatro pilares del TPM para la línea piloto es de $446,308.18.

Evaluación final de la línea piloto

Dada la importancia de conocer el impacto del TPM en la productividad y costos de operación y con el fin de poder proponer mejoras que beneficien al desempeño global de la organización por medio del cálculo del OEE para propiciar su crecimiento; se procedió a realizar un levantamiento de pérdidas por medio de las tablas 3 y 4, el cual consistió en anotar los tiempos relacionados a los diferentes tipos de pérdidas identificadas previamente. Este ejercicio se realizó durante 4 días, ya que la línea opera 11 horas diaria con un mismo personal.

El registro de pérdidas que se muestran en los Anexos A y B se realizó solo en las 2 envasadoras de la línea piloto, ya que se identificó que todas las pérdidas ocurridas en los diferentes equipos y procesos de la línea impactan directamente en la productividad de estas. Además, los demás procesos de envasados de las diferentes líneas son muy similares por lo que a través de esta identificación de pérdidas se puede hacer una valoración del estado general de las pérdidas de las demás líneas de producción.

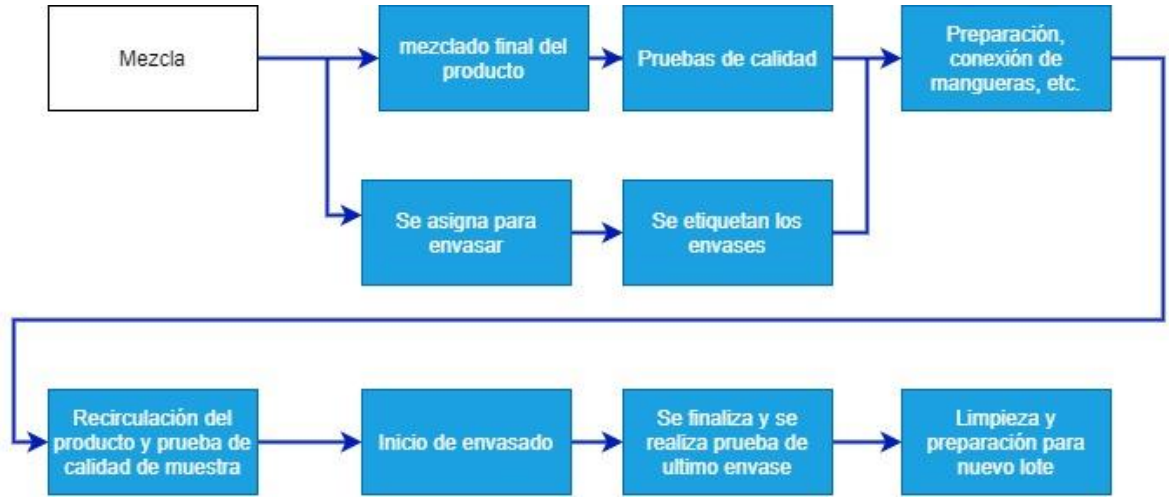


Figura 32. Proceso de envasado de línea esmalte.

En una breve descripción, el proceso de envasado inicia cuando el lote ya se encuentra listo y este ya fue aprobado por el departamento de aseguramiento de la calidad, en paralelo a este proceso se asigna y se etiquetan los envases. Cuando el operario inicia el proceso de envasado y ya tiene el documento de aprobación del lote se dirige a buscar los insumos como envases, tarimas y el tanque, conecta las mangueras de la envasadora al tanque y recircula el producto para posteriormente pasar una muestra nuevamente a aseguramiento de la calidad.

Una vez se obtiene el visto bueno de la muestra que se tomó de la boquilla de la envasadora se procede con el inicio del envasado, el proceso no se detiene a menos que existan derrames o algunas de las quiebras o pequeñas paradas que se definen en la tabla 4. La línea produce un total de 300 mil galones mensuales. En la siguiente tabla se muestra el resultado del registro de las pérdidas.

Tabla 32. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE de la envasadora 1.

Pérdidas y cálculo de OEE envasadora 1		
Tiempos	**Hrs.**	Oportunidad de mejora (hrs)
Tiempo total	44.00	0.00
Tiempo programado	4.60	0.00
Tiempo de carga	**39.40**	**0.00**
Cambios de formato	10.83	6.50
Tiempos de quiebra	0.50	0.35
Cambio elementos corte	0.00	0.00
Arranque y paro	0.00	0.00
Gestión	2.25	1.80
Movimiento operacional	0.00	0.00
Tiempo de operación	**25.82**	**8.65**
Organización de línea	0.00	0.00
Logística	4.63	4.17
Pequeñas paradas	0.42	0.49
Velocidad reducida	0.00	0.00
Tiempo neto de operación	**20.77**	**13.31**
Defectos y reproceso	0.00	0.00
Medición y ajuste	0.00	0.00
Tiempo de operación con valor	20.77	13.31
Oportunidad de reducción de perdidas (%)	53%	34%
Índices		**Resultado**
Índice de disponibilidad		0.66
índice de desempeño		0.58
Índice de calidad		0.97
OEE		**37%**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE de la envasadora 2.

Pérdidas y cálculo de OEE envasadora 2		
Tiempos	**Hrs.**	Oportunidad de mejora (hrs)
Tiempo total	44.00	0.00
Tiempo programado	4.60	0.00
Tiempo de carga	**39.40**	**0.00**
Cambios de formato	10.53	6.32
Tiempos de quiebra	1.17	1.05
Cambio elementos corte	0.00	0.00
Arranque y paro	0.00	0.00
Gestión	1.52	1.21
Movimiento operacional	0.00	0.00
Tiempo de operación	**26.18**	**8.58**
Organización de línea	0.00	0.00
Logística	3.75	3.00
Pequeñas paradas	0.28	0.49
Velocidad reducida	2.00	1.40
Tiempo neto de operación	**20.15**	**13.47**
Defectos y reproceso	0.00	0.00
Medición y ajuste	0.00	0.00
Tiempo de operación con valor	20.15	13.47
Oportunidad de reducción de pérdidas (%)	51%	34%
Índices		**Resultado**
Índice de disponibilidad		0.66
índice de desempeño		0.56
Índice de calidad		0.96
OEE		**36%**

Fuente: Elaboración propia.

El impacto de TPM se debe visualizar desde el punto de vista financiero puesto que es la forma más evidente de cuantificar si se está aplicando correctamente.

Como se puede observar en las tablas 32 y 33, el porcentaje de reducción de pérdidas que se ha estimado obtener luego de haber aplicado las diferentes herramientas y pasos de TPM para contrarrestar las pérdidas y que esto conlleve un aumento aprovechable del OEE es del 34%. Calculado para ambas envasadoras es del 36% y 37% como un estado actual.

Cabe mencionar que los porcentajes han sido asignados con base en un análisis de la naturaleza de las pérdidas. También ha sido importante escuchar y tomar en cuenta las diferentes opiniones de los operarios, los cuales en muchas ocasiones brindan excelentes ideas que ayudan a la optimización las actividades que realizan día a día.

En la Tabla 34 y Tabla 35 es posible observar la proyección del incremento del OEE como consecuencia de un incremento del tiempo neto de operación y reducción de las pérdidas, el OEE proyectado asciende al 77% y 76% respectivamente para las envasadoras. Para esto del tiempo total de oportunidad de reducción de pérdidas de 53% y 51% se utilizó solo el 34%, ya que debido a la naturaleza del proceso existen actividades del cambio de formato como la limpieza que no se pueden eliminar.

Tabla 34. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE proyectado de la envasadora 1.

Pérdidas y cálculo de OEE proyectado envasadora 1	
Tiempos	**hrs**
Tiempo total	44.00
Tiempo programado	4.60
Tiempo de carga	**39.40**
Cambios de formato	4.33
Tiempos de quiebra	0.15
Cambio elementos corte	0.00
Arranque y paro	0.00
Gestión	0.45
Movimiento operacional	0.00
Tiempo de operación	**34.47**
Organización de línea	0.00
Logística	0.46
Pequeñas paradas	0.00
Velocidad reducida	0.00
Tiempo neta de operación	**34.08**
Defectos y reproceso	0.00
Medición y ajuste	0.00
Tiempo de operación con valor	34.08
Índices	**Resultado**
Índice de disponibilidad	0.87
índice de desempeño	0.89
Índice de calidad	0.99

OEE	77%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Identificación de pérdidas y cálculo de OEE proyectado de la envasadora 2.

Pérdidas y cálculo de OEE proyectado envasadora 2	
Tiempos	**hrs**
Tiempo total	44.00
Tiempo programado	4.60
Tiempo de carga	**39.40**
Cambios de formato	4.21
Tiempos de quiebra	0.12
Cambio elementos corte	0.00
Arranque y paro	0.00
Gestión	0.30
Movimiento operacional	0.00
Tiempo de operación	**34.77**
Organización de línea	0.00
Logística	0.75
Pequeñas paradas	0.00
Velocidad reducida	0.60
Tiempo neta de operación	**33.62**
Defectos y reproceso	0.00
Medición y ajuste	0.00
Tiempo de operación con valor	33.62
Índices	**Resultado**
Índice de disponibilidad	0.88
índice de desempeño	0.87
Índice de calidad	0.98
OEE	**76%**

Fuente: Elaboración propia.

De la proyección de pérdida y OEE se obtiene que el porcentaje de mejora de incremento del OEE es de alrededor de 34 % esto implica un incremento de la producción hasta del 60% y un ahorro en costos de producción superiores al 30%. Debido a que las líneas tienen comportamientos similares es posible extrapolar el resultado al resto de las áreas de envasado

por lo que el ahorro puede ser hasta de un 30 % de los costos globales anuales de operación conocidos internamente dentro de la empresa como costo de conversión.

En las figuras 33 y 34 se observa el árbol de pérdidas para las envasadoras, donde se muestran que el mayor impacto es en los cambios de formato, seguido de los tiempos programados y la logística. Actualmente la mayor oportunidad de mejora se encuentra en cambios de formato y logística, sin embargo, se describirán recomendaciones para atacar cada una de estas pérdidas.

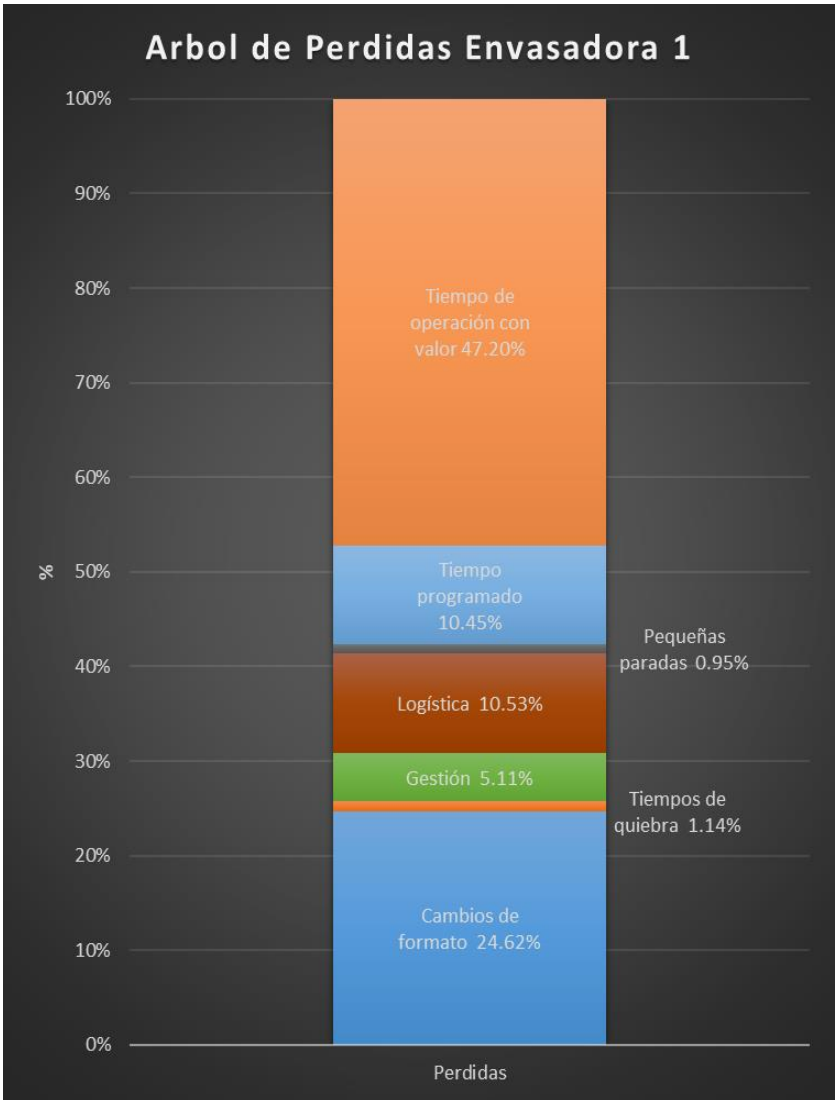


Figura 33. Árbol de pérdidas de la envasadora 1.

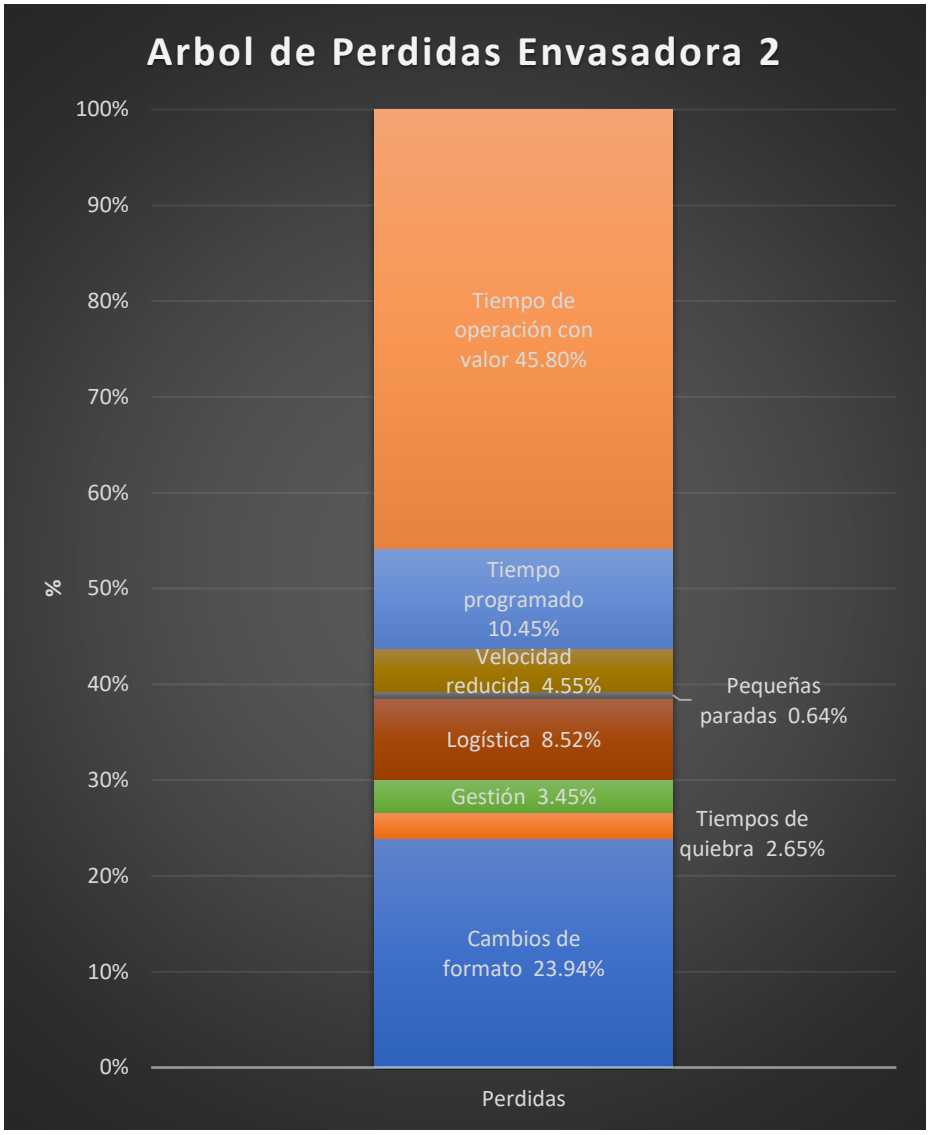


Figura 34. Árbol de pérdidas de la envasadora 2.

Por lo tanto, se puede deducir que actualmente la mayor oportunidad de mejora se encuentra en cambios de formato y logística, sin embargo, se describirán recomendaciones para atacar cada una de estas pérdidas.

Recomendaciones de mejoras especificas con base en las problemáticas encontradas

A continuación, se mencionan las oportunidades de mejora con base en las diferentes problemáticas observadas en la línea y también recomendaciones generales:

- **Cambios de formatos**
    a. Delegar actividades que corresponden a otros departamentos

b. Mejorar el sistema de limpieza de la maquinaria
c. Aplicar SMED, para optimizar las actividades

- **Tiempos de quiebra**
  a. Mejorar el flujo de la comunicación de los diferentes problemas y anomalías que se presentan en la máquina, ya que normalmente estas no llegan hasta el departamento de mantenimiento convirtiéndose en quiebras.
  b. Implementar el pilar de mantenimiento autónomo

- **Gestión**
  a. Mejorar el seguimiento y la planificación de los lotes a etiquetar, ya que muchos de los atrasos en el proceso se deben a que el operario debe de esperar a que terminen de etiquetar los diferentes envases, para continuar con la tarea de envasado.

- **Logística**
  a. En el proceso existen una cantidad excesiva de inspecciones de calidad, lo cual hace que el departamento de aseguramiento de calidad se sature y esto se traduzcan en tiempos improductivos para los operarios, por lo que se debe de analizar y mejorar los procesos aplicando mejora enfocada para asegurar la calidad.

- **Velocidad reducida**
  a. Evaluar la modificación de las bombas que llevan el producto hasta las envasadoras, ya que en caso de productos con alta viscosidad el flujo de llenado de la tolva es más lento que el de llenado de envases por lo que los operarios se ven obligados a bajar la velocidad de envasado para no detener el equipo.

Evaluación del impacto de la propuesta en los indicadores actuales

Actualmente los indicadores que se utilizan en la línea en estudio para medir su productividad son: la utilización de la línea, galones producidos por hora hombre y el costo de conversión.

La utilización de la línea compara la producción que se podría obtener en la línea en condiciones óptimas y las obtenidas reales, como se observa en la Fig. 35 la meta regularmente no se logra.

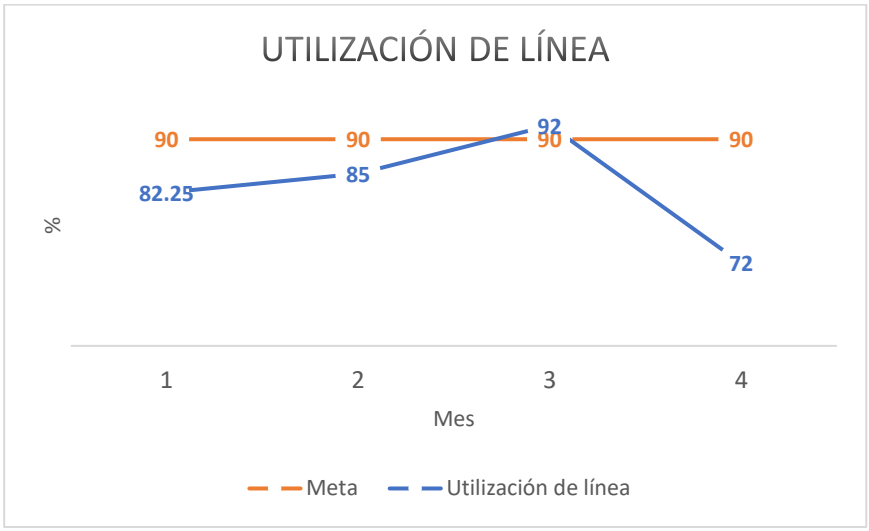


Figura 35. Indicador de utilización de línea.

Los galones hora hombre producidos se miden en base a cuantos galones se produjeron por cada hora hombre invertida para esta actividad, este indicador según lo observado en la Fig. 36 normalmente tiende a estar por debajo de la meta.

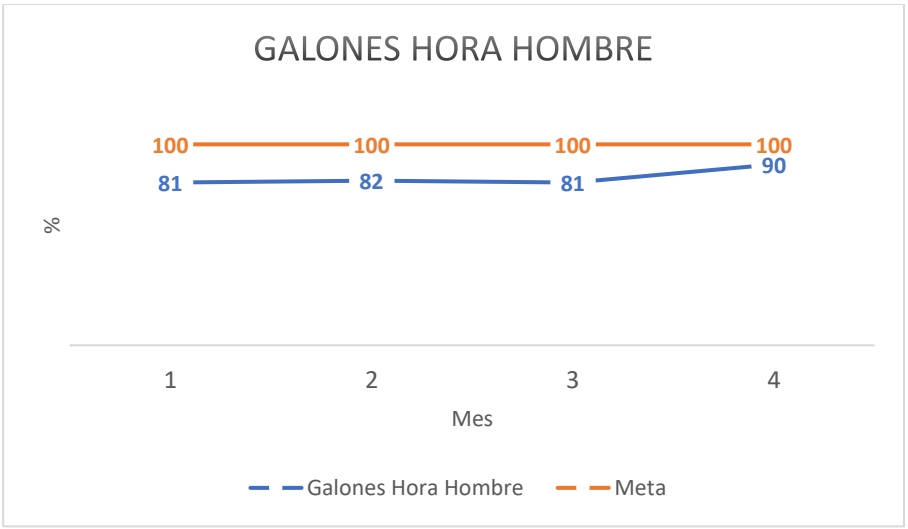


Figura 36. Indicador galones hora hombre.

El indicador de costos de conversión mide como fueron los costos relacionados a la producción, este indicador como lo observados tienden a encontrarse por encima de la meta.

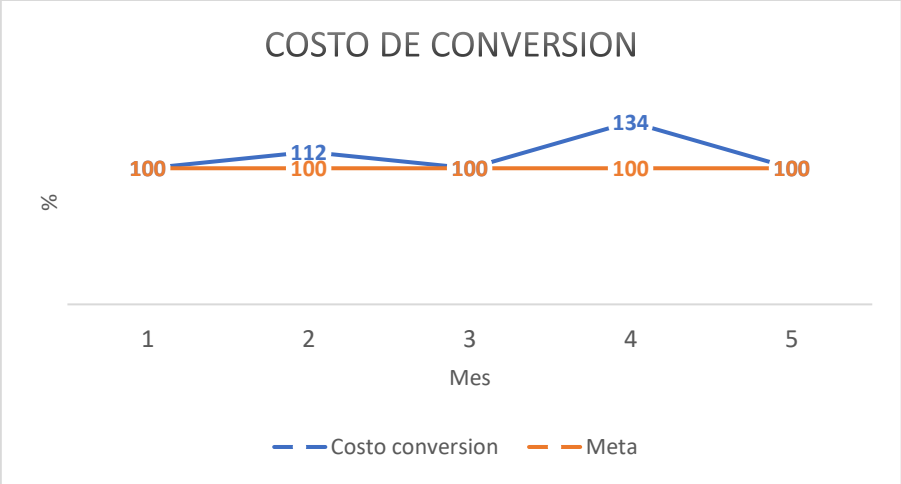


Figura 37. Indicador de costos de conversión

Por medio de la identificación de pérdidas y el cálculo del OEE realizado en la tabla 32 y tabla 33 se puede observar que aparentemente los indicadores y metas actuales no describen de forma fidedigna la productividad que se logra en los equipos por lo que se recomienda sustituir estos dos indicadores por el OEE y el árbol de pérdidas y mantener el costo de conversión.

Con estos nuevos indicadores será posible identificar de forma rápida oportunidades de mejora que ayuden a incrementar la productividad, además de conocer el estado real de la producción. Al iniciar la implementación de los pilares de TPM propuestos se evidenciará una tendencia a la baja del costo de conversión hasta llegar a un 30% como se menciona anteriormente.

Conclusiones

Las modalidades y procedimientos a utilizar concretamente en la elaboración de un modelo general de gestión de mantenimiento son función del tipo y problemática de la empresa y del sistema productivo considerado. Además, deben de considerarse los recursos con que cuenta la empresa, de forma que el modelo de gestión pueda funcionar óptimamente conllevando a tener los mejores resultados de eficiencia global.

Es preponderante que los encargados del mantenimiento de una empresa se inclinen hacia una forma de gestión del mantenimiento, en la cual se tome en cuenta aspectos integrales donde todas las partes estén alineadas a los objetivos organizacionales, ya que es la conlleva a mayores beneficios que se traducen en reducción de costos y aumento de la eficiencia.

La elaboración de planes, esquemas, flujogramas, formatos fueron detallados y tropicalizados a las necesidades de la empresa, lo que ha permitido el ordenamiento de las actividades de los procesos, para facilitar su comprensión, control y mejoramiento continuo posterior a su implementación.

Los resultados de la auditoría AMORMS fueron muy por debajo lo esperado sin embargo, este ejercicio servirá como una línea base del estado actual del mantenimiento para que luego de la implementación de TPM exista un marco de referencia con el cual medir los avances obtenidos.

Se determinó que debido a las similitudes en los comportamientos que presentan los equipos que participan en la producción de la línea piloto, con el resto de los equipos en las demás líneas; es posible extrapolar las medidas de implementación de mejora de TPM al resto de las áreas.

Se concluyó que los indicadores utilizados en la actualidad no reflejan cifras fidedignas concernientes a la productividad de los equipos por lo que será necesario definir indicadores que permitan identificar de mejor manera las falencias y a su vez las oportunidades de mejora.

El análisis del impacto en cuestión de tiempo, costo y beneficios, permitió estimar un ahorro de hasta el 30% de los costos anuales de operación.

Es fundamental mantener un proceso de monitoreo, control y seguimiento del plan de implementación de TPM, de forma que esté sujeto a una mejora continua a través de una retroalimentación constante y el estudio de todos los factores que estén involucrados en la ejecución de acciones para su implantación.

Recomendaciones

Uno de los problemas al tratar de implementar una estrategia de mantenimiento, que conlleve una vinculación entre personal operativo y el equipo o maquinaria en sí, es la oposición a los cambios. Se debe explicar al personal los beneficios de la implementación de este tipo de estrategias, los cuales pueden ser trabajar en un lugar más limpio y ordenado, un sitio más seguro y con menos riesgos de accidentarse, etc. Para ello se recomienda utilizar las medidas de concientización, así como las medidas de capacitación y adiestramiento mostradas en las tablas 28, 29 y 30.

Al hacer la ampliación del TPM a los demás equipos de la planta, se deben definir nuevas metas y desafíos. Se recomienda realizar una nueva auditoría previo a la implantación total, durante su desarrollo y al final de la implementación para medir los avances y hacer ajustes.

Se recomienda dar un seguimiento adecuado de los indicadores de gestión que representen el mayor interés a la compañía y que reflejen de mejor manera el comportamiento real de la producción y su impacto, a través del análisis de los mismos para la toma de decisiones.

Se insta a los encargados de procesos a revisar continuamente los procedimientos de operación para encontrar nuevas oportunidades de mejora.

Hacer uso de estrategias como la gestión del cambio, la cual consiste en el proceso para evaluar y controlar las modificaciones a las actividades, organización, operación, etc. previa a la implementación, para asegurarse que no se introduzcan nuevos peligros o que el riesgo de peligros existentes para los colaboradores, público o medio ambiente se vean incrementados inadvertidamente.

Es recomendable instar a los encargados de mantenimiento y producción a mantener a su personal capacitado y a la vanguardia, ya que eso a su vez motiva al personal, le dota de un sentido de pertenencia y le permite crecer técnica y profesionalmente, obteniendo mejores resultados en las operaciones.

Referencias

ARBÓS, L. C. (2009). Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. Profit Editorial.

BELOHLAVEK, P. (2006). OEE: overall equipment effectiveness. Blue Eagle Group.

BONILLA CASTRO, E. & RODRÍGUEZ S. P. (2005). Más allá del dilema de los métodos: La investigación en ciencias sociales. Bogota: Norma.

BOTERO GUTIÉRREZ, D. (2013). Plan de implementación del pilar mantenimiento planificado bajo mantenimiento productivo total en una empresa productora del sector cerámico (Doctoral dissertation, Universidad EIA).

BRENES-VALVERDE, K. (2016). Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) enfocado en las técnicas de Mantenimiento Autónomo, Control Visual y Metodología Cinco Eses (5S) en la planta productiva de Grupo Espartaco.

CALVO ROLLE, J. L., FERREIRO GARCÍA, R., ALAIZ MORETÓN, H., ALONSO ÁLVAREZ, Á., PIÑÓN PAZOS, A., & PÉREZ CASTELO, F. J. (2019). El binomio de la automatización y el TPM.

CASTRILLÓN MENDOZA, R. D. P., GOZÁLEZ HINESTROZA, A. J., QUISPE OQUEÑA, E. C., & FANDIÑO GUTIÉRREZ, D. (2014). Metodología para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía: Fundamentos y casos prácticos. Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente.

CHAN, F. T. S., LAU, H. C. W., IP, R. W. L., CHAN, H. K., & KONG, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. International journal of production economics.

CUATRECASAS, L., NADAL, J. O., & TORRELL, F. (2009). Gestión integrada de procesos en planta. Implantación gestión visual mediante técnicas TPM en un entorno Lean Management.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. (2013). DIN 2043 Identificación de canalizaciones según el fluido que transportan.

GADZIK, B. (2009). Introduction of total productive maintenance in steelworks plants. Metalurgija.

GUPTA, S.; TEWARI, P.C.; & SHARMA, A.K. (2006). TPM concept and implementation approach.

GURINDER, S.B. (2006). Keeping the Wheels Turning [Total Productive Maintenance]. Manufacturing Engineer.

HEGDE, H. G., MAHESH, N. S., & DOSS, K. (2009). Overall Equipment Effectiveness Improvement by TPM and 5S Techniques in a CNC Machine Shop. SASTech-Technical Journal of RUAS.

HIRANO, H. (2017). Poka-yoke: Mejorando la Calidad del Producto Evitando los Defectos. Routledge.

IRELAND, F., & DALE, B. G. (2001). A study of total productive maintenance implementation. Journal of Quality in Maintenance Engineering.

ISO 7010:2020. (2020). Símbolos gráficos. Colores y señales de seguridad. Señales de seguridad registradas

KAPLAN R.S. & NORTON D.P. (1992). The Balanced Scorecard - measures that drive performance. Harvard Business Review.

LEÓN, C. J. M., BURBANO, J. A. F., & DE POPAYÁN, F. U. (2019). Propuesta de mejoramiento para la planta física (máquinas y equipos) de la estación bomberos piendamó; basado en los pilares de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado del TPM.

LEÓN, E.R. (2004). Identificación de aspectos organizacionales para la eficaz implementación del mantenimiento productivo total. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería.

LOPEZ DANDERINO, C. E., & ARDILA HERRERA, C. A. (2014). Propuesta de un modelo de análisis para la reducción de perdidas asociadas al mantenimiento de la línea piloto de la compañía nacional de chocolates fabrica Bogotá, Universidad Industrial de Santander.

MARÍN-GARCÍA, J. A., & MATEO MARTÍNEZ, R. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. Intangible Capital.

MÁRQUEZ, A. C. (2007). The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance. Springer Science & Business Media.

MOORE, R., & RATH, R. (1999). La combinación del TPM y del RCM. Estudio de un caso práctico. Portland, Oregón.

MOYANO, C. E., PIZA, R. E., & ZARUMA, J. I. (2013). Implementación de un plan de mantenimiento autónomo en un taller mecánico industrial.

NAKAJIMA, S. (1989). TPM development program: implementing total productive maintenance. Productivity press.

NAKAZATO, K. (1999). Manual de Implementação do TPM. JIPM–Japan Institute of Plant Maintenance.

NATIONAL ELECTRICAL CODE COMMITTEE. (2017). NFPA 70: National Electrical Code. National Fire Protection Association.

PARRA, C., & CRESPO, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. INGECON.

PARRA, C., & CRESPO, A. (2016). Modelo integral de Gestión del Mantenimiento (MGM), alineado con los pilares del conocimiento de la certificación CMRP (Certified Maintenance & Reliability Professional).

PARRA, C., & CRESPO, A. (2017). Técnicas de Auditoría aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad.

PRESSMAN, R. S., & TROYA, J. M. (1988). Ingeniería del software.

SACRISTÁN, F. R. (2005). Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo. Fc editorial.

SUZUKI, T. (2017). TPM en industrias de proceso. Routledge.

VAGLIASINDI, F. (1989). Gestire la manutenzione: perché e come. FrancoAngeli.

Anexos

Anexo A: Registro de pérdidas de envasadora1 línea esmalte.

Registro de pérdidas de envasadoras de línea esmalte				
Fecha	Tiempo	Código	Motivo de paro	Equipo
25-05-21	15	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
25-05-21	40	201	Preparación	ENV-1
25-05-21	10	204	Cambio adicional de envase	ENV-1
25-05-21	30	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
25-05-21	35	201	Preparación	ENV-1
25-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-1
25-05-21	8	502	Derrame menor	ENV-1
25-05-21	43	201	Preparación	ENV-1
25-05-21	90	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
25-05-21	9	502	Derrame menor	ENV-1
25-05-21	40	201	Preparación	ENV-1
26-05-21	20	804	Reunión de personal	ENV-1
26-05-21	13	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
26-05-21	40	201	Preparación	ENV-1
26-05-21	40	906	En espera de etiquetado de lote	ENV-1
26-05-21	40	201	preparación	ENV-1
26-05-21	60	906	En espera de etiquetado de lote	ENV-1
26-05-21	40	201	preparación	ENV-1
26-05-21	30	118	Falla de sensor de puesta a tierra	ENV-1
26-05-21	30	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
26-05-21	40	201	preparación	ENV-1
27-05-21	10	906	Espera de etiquetado de cubeta	ENV-1
27-05-21	35	201	preparación	ENV-1
27-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-1
27-05-21	15	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
27-05-21	33	201	preparación	ENV-1
27-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-1
27-05-21	38	201	preparación	ENV-1
27-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-1
27-05-21	10	906	Espera de etiquetado de cubeta	ENV-1
27-05-21	39	201	preparación	ENV-1
28-05-21	15	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
28-05-21	40	201	preparación	ENV-1
28-05-21	10	204	Cambio adicional de envase	ENV-1
28-05-21	15	906	Espera de etiquetado de cubeta	ENV-1
28-05-21	40	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1

28-05-21	8	502	Derrame menor	ENV-1
28-05-21	33	201	preparación	ENV-1
28-05-21	20	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
28-05-21	37	201	preparación	ENV-1
28-05-21	10	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-1
28-05-21	37	201	preparación	ENV-1

Anexo B: Registro de pérdidas de envasadora 2 línea esmalte.

Registro de pérdidas de envasadoras de línea esmalte				
Fecha	**Tiempo**	**Código**	**Motivo de paro**	**Equipo**
25-05-21	15	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
25-05-21	40	118	Falla de sensor de puesta a tierra	ENV-2
25-05-21	46	201	Preparación	ENV-2
25-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-2
25-05-21	10	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
25-05-21	40	201	Preparación	ENV-2
25-05-21	10	204	Cambio adicional de envase	ENV-2
25-05-21	42	201	Preparación	ENV-2
25-05-21	20	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
25-05-21	40	201	Preparación	ENV-2
25-05-21	10	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
25-05-21	45	201	Preparación	ENV-2
26-05-21	20	804	Reunión de personal	ENV-2
26-05-21	40	201	Preparación	ENV-2
26-05-21	36	906	Espera de etiquetado de cubeta	ENV-2
26-05-21	40	201	Preparación	ENV-2
26-05-21	40	201	Preparación	ENV-2
26-05-21	120	602	Velocidad reducida (305090)	ENV-2
27-05-21	15	906	Espera de etiquetado de cubeta	ENV-2
27-05-21	35	201	preparación	ENV-2
27-05-21	15	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
27-05-21	35	201	preparación	ENV-2
27-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-2
27-05-21	39	201	preparación	ENV-2
27-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-2
27-05-21	15	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
27-05-21	40	201	preparación	ENV-2
27-05-21	5	204	Cambio adicional de envase	ENV-2
28-05-21	60	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2

28-05-21	40	201	preparación	ENV-2
28-05-21	10	204	Cambio adicional de envase	ENV-2
28-05-21	5	502	Derrame menor	ENV-2
28-05-21	30	118	Falla de sensor de puesta a tierra	ENV-2
28-05-21	40	906	Espera de etiquetado de cubeta	ENV-2
28-05-21	40	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
28-05-21	5	502	Derrame menor	ENV-2
28-05-21	33	201	preparación	ENV-2
28-05-21	40	1003	lote en proceso de aprobación	ENV-2
28-05-21	37	201	preparación	ENV-2
28-05-21	7	502	Derrame menor	ENV-2

Anexo C: Rutinas de mantenimiento eléctrico.

Rutina de Mantenimiento Gabinete Eléctrico - Anual		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Bloquear y etiquetar las protecciones pertinentes antes de realizar el mantenimiento y mida con un multímetro el voltaje en las barras para asegurarse que se encuentren des energizadas.	Téc. Mtto. Eléctrico.
2	Inspeccionar/verificar que no se presenten partes dañadas, flojas o sueltas. Poner atención en el color que se presenta en terminales, protecciones y conductores, si se percibe algún olor a quemado y si los conductores no se encuentran quemados de la parte más próxima a la terminal donde se encuentran conectados.	Téc. Mtto. Eléctrico.
3	Retirar el polvo acumulado en la celda, las virutas de cobre y el polvo sobre los conductores usando una aspiradora industrial, trapos de limpieza y aire comprimido, si en la celda existen variadores o arrancadores suaves, asegúrese de aspirar las virutas de cobre antes de utilizar aire comprimido.	Téc. Mtto. Eléctrico.
4	Retirar los componentes del gabinete que ya no se utilizan, reordene los conductores y rotule los componentes que no posean código.	Téc. Mtto. Eléctrico.
5	Realizar el reaprete de los componentes.	Téc. Mtto. Eléctrico.
6	Desarmar los contactores y arrancadores suaves, revisar el estado de desgaste de los contactos y procesada a limpiarlos con contact cleaner.	Téc. Mtto. Eléctrico.
7	Identificar las entradas de aire de los gabinetes y verificar que se encuentran limpias, en caso de poseer ventilación forzada, asegúrese que las aspas giran libremente y realice la limpieza de los filtros.	Téc. Mtto. Eléctrico.
8	Verifique que los conductores de puesta a tierra se encuentran bien conectados y que hay continuidad entre estos y la celda utilizando un multímetro.	Téc. Mtto. Eléctrico.
9	Limpie el área de trabajo y proceda a retirar el bloqueo y etiquetado.	Téc. Mtto. Eléctrico.
10	Realizar este procedimiento en todos los gabinetes que posea el equipo.	Téc. Mtto. Eléctrico.

<table>
<tr><th colspan="3">Rutina de Mantenimiento Variador de Frecuencia - Anual</th></tr>
<tr><th>Paso</th><th>Descripción del proceso</th><th>Responsable</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Des energizar el variador de frecuencia y proceder a realizar el bloqueo y etiquetado, anote el modelo, marca y número serie.</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Colocar un rotulo que indique que el equipo se encuentra en mantenimiento</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Revisar cada una de las conexiones de fuerza, control y realice el etiquetado antes de proceder a la desconexión.</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Desconectar el cableado del variador y desmóntelo</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Llevar el equipo a la mesa de trabajo y realizar las pruebas de rectificadores, llenar la siguiente tabla</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th colspan="3">PRUEBA DE RECTIFICADORES</th></tr>
<tr><th>Positivo</th><th>Negativo</th><th>> 0.2 Vcc < 0.7 Vcc</th></tr>
<tr><td>DC -</td><td>R</td><td></td></tr>
<tr><td>DC -</td><td>S</td><td></td></tr>
<tr><td>DC -</td><td>T</td><td></td></tr>
<tr><td>R</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><td>S</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><td>T</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="3">PRUEBA DE IGBT</th></tr>
<tr><th>Positivo</th><th>Negativo</th><th>> 0.35 Vcc < 0.7 Vcc</th></tr>
<tr><td>DC -</td><td>U</td><td></td></tr>
<tr><td>DC -</td><td>V</td><td></td></tr>
<tr><td>DC -</td><td>W</td><td></td></tr>
<tr><td>DC -</td><td>BR</td><td></td></tr>
<tr><td>U</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><td>v</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><td>W</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><td>BR</td><td>DC +</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="3">PRUEBA DE CAPACITOR</th></tr>
<tr><td>Positivo</td><td>Negativo</td><td></td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Desarmar el variador teniendo el cuidado de no dañar las cinchas, si es necesario señalice para facilitar el posterior armado.</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Poner especial atención a las tarjetas de control y fuerza si poseen soldaduras dañadas, partes quemadas, capacitor inflados o con derrames de aceite, en este caso consulte con su jefe inmediato para proceder a la reparación.</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Limpiar las tarjetas utilizando brochas, aire comprimido seco y contact cleaner (NOVEC) u otro que se evapore rápidamente.</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Identificar los IGBTS y los diodos rectificadores, limpie los rastros de pasta con contact cleaner, además limpie los pu de conexión con un</td><td>Téc. Mtto. Eléctrico.</td></tr>
</table>

	cepillo de cobre con cerdas suaves teniendo el cuidado que no caigan virutas en las tarjetas	
10	Colocar pasta térmica en cada uno de los IGBTS y Diodos rectificadores tomando en cuenta que deben de quedar totalmente llenos	Téc. Mtto. Eléctrico.
11	En caso de que el variador posea reactor de línea es necesario realizar la limpieza y revisión de las conexiones	Téc. Mtto. Eléctrico.
12	Proceder al armado del variador de frecuencia y a montarlo en el gabinete	Téc. Mtto. Eléctrico.
13	Quitar el bloqueo y etiquetado y realice pruebas con el equipo	Téc. Mtto. Eléctrico.

Rutina de Mantenimiento Motor Eléctrico – Semestral		
Objetivo:	**Estandarizar el procedimiento de mantenimiento de motores en planta con el objetivo de agilizar, establecer el mantenimiento, realizar modificaciones que permitan que los procedimientos sean efectivos y que se encuentren dentro de un proceso de mejora continua**	
Alcance:	**Este procedimiento se aplicará a todos los motores de planta a partir de 5 HP.**	
1. Motores		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Verificar que la superficie del motor se encuentra limpia y libre de polvo en caso contrario proceda a limpiarlo con un trapo de limpieza y naiz	Téc. Mtto. Eléctrico.
2	Quitar la cubierta del ventilador, revise que el ventilador se encuentre en buen estado y límpielo con el trapo de limpieza.	Téc. Mtto. Eléctrico.
3	Apretar las terminales de la caja de conexión del motor.	Téc. Mtto. Eléctrico.
4	Reapretar los tornillos del motor.	Téc. Mtto. Eléctrico.
5	Medir el voltaje del motor, el cual debe de estar dentro del 10% de tolerancia.	Téc. Mtto. Eléctrico.
6	Bloquear y etiquetar de la protección del equipo en el cuarto eléctrico correspondiente y asegúrese de poseer la llave del dispositivo de protección.	Téc. Mtto. Eléctrico.
7	Desconectar en el cuarto eléctrico los conductores que se encuentran a la salida del variador o en caso de que el equipo no posea, los conductores que se encuentran en la parte de abajo de la protección que se encuentra con el dispositivo de seguridad y proceda a realizar la medición de resistencia y aislamiento.	Téc. Mtto. Eléctrico.

8	Realice la medición de resistencia de los devanados del motor.	Téc. Mtto. Eléctrico.
9	Realice la medición de aislamiento del motor para esto coloque el megohmetro en la escala de 500 V y verifique que el motor se encuentre a temperatura ambiente, si al realizar las mediciones no se muestra la medición dentro del rango entonces coloque la escala de 1000V, la medición se debe de realizar entre la tierra y los embobinados.	Téc. Mtto. Eléctrico.
2. Botonera		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Revisar que la caja que contiene los pulsadores y potenciómetros posee todos sus pernos y con tus sus agujeros debidamente tapados	Téc. Mtto. Eléctrico.
2	Revisar que las botoneras funcionan adecuadamente sin que los pulsadores se entrampen al ser accionados y que sean los adecuados para el ambiente de trabajo.	Téc. Mtto. Eléctrico.
3	Inspeccionar que el potenciómetro actúe adecuadamente y que tenga tope al girarlo hacia ambos lados.	Téc. Mtto. Eléctrico.
4	Al observar alguna parte dañada en los puntos anteriores realice el cambio.	Téc. Mtto. Eléctrico.
3. Guardamotor		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Revisar que la protección de sobrecarga se encuentre debidamente seteada, en caso de no ser así proceda a colocar el valor adecuado. Para esto proceda a revisar el valor de corriente de placa del motor y multiplíquelo por 1.15 si el motor posee un factor de servicio de 1 o 1.25 si el motor posee un factor de servicio de 1.15 y coloque el resultado en la proyección de sobrecarga ajustándola con un destornillador.	Téc. Mtto. Eléctrico.
2	Quite los dispositivos de seguridad de la protección y deje el lugar de trabajo limpio y ordenado.	Téc. Mtto. Eléctrico.

Anexo D: Rutinas de mantenimiento mecánico.

Rutina de Mantenimiento Mecánico – Trimestral		
1. Cámara de Molienda		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Si aplica, quitar el tapón de la cámara de molienda para sacar la sílice de molienda.	Téc. Mtto. Eléctrico.
2	Desacoplar la cámara de molienda para retirar el resto de sílice.	Téc. Mtto. Eléctrico.
3	Hacer limpieza dentro de la cámara con cepillo. Aplicar solvente de limpieza. (NEOS20 tener cuidado de no aplicar solvente a los oring que hay en la tapa de la cámara.)	Téc. Mtto. Eléctrico.
4	Revisar el desgaste de la pared interna de la cámara y la superficie del rotor.	Téc. Mtto. Eléctrico.
5	Verificar desgaste de los pines de agitación de la cámara interna y girarlos a 180 grados, cuando sea posible. Sustituir los pines cuando el desgaste sea 1/3 de su diámetro inicial.	Téc. Mtto. Eléctrico.
6	Limpiar el tamiz utilizando un cepillo de alambre para desincrustar las esferas.	Téc. Mtto. Eléctrico.
7	Medir el desgaste de las ranuras del tamiz si se está pasando la sílice.	Téc. Mtto. Eléctrico.
	0.5mm en LMZ25 (molinos de esmalte)	
	0.5mm en LS01 (molino de laboratorio)	
	0.3mm en NES20 (molino de automotriz)	
8	Dejar la sílice de molienda secando para realizar el tamizado y carga.	Téc. Mtto. Eléctrico.
9	Controlar tamaño a través de tamizado de la carga de perlas, para evitar diferencias de tamaño.	Téc. Mtto. Eléctrico.
	Diámetro de 1.2mm a 1mm o de 1mm a 0.7mm en LMZ25 (molinos de esmalte)	
	Diámetro de 1.2mm a 1mm o de 1mm a 0.7mm en LS01 (molino de laboratorio)	
	Diámetro de 0.7mm a 0.5mm en NEOS20 (molino de automotriz)	
10	Medir la carga de esferas para mantener el volumen constante. Rellenar la cámara para que contenga el peso adecuado:	Téc. Mtto. Eléctrico.
	72kg para los equipos LMZ25 (molinos de esmalte)	Téc. Mtto. Eléctrico.
	1.8kg para LS01 (molino de laboratorio	
	60kg para NEOS 20 (molino de automotriz)	
11	NEOS20, revisar el estado de los oring del sistema de enfriamiento, cambiarlos si es necesario.	Téc. Mtto. Eléctrico

12	Revisar el oring de la tapa de la cámara, realizar el cambio si esta deformado.	Téc. Mtto. Eléctrico.
13	Cerrar la tapa de la cámara, en NEOS20 tener cuidado de que no quede sílice entre la cara de la tapa y la cámara.	Téc. Mtto. Eléctrico.
2. Sistema de Lubricación Sello Mecánico		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Revisar el funcionamiento del sensor de nivel del tanque de presión (siempre mantener lleno el tanque del líquido 50% alcohol 50% glicol).	Téc. Mtto. Mecánico.
2	Revisar que no existan fugas de glicol en el depósito y tuberías.	Téc. Mtto. Mecánico.
3	Desobstruir dreno de seguridad, en la base del cojinete, para evitar que eventuales derrames de líquido de sellado lleguen hasta el cojinete	Téc. Mtto. Mecánico.
4	Sustituir el líquido de sellado utilizando la combinación glicol-alcohol, teniendo especial cuidado que no existan burbujas (con el equipo apagado y desairarlo para que circule bien el líquido).	Téc. Mtto. Mecánico.
5	Revisar la actuación del presostato el cual debe desligar el molino a 2.8bar.	Téc. Mtto. Mecánico.
3. Sistema de Bombeo		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Observar nivel de aceite del reductor de la bomba (el nivel debe de estar a 72 Mm, esto medido desde la superficie superior hasta el nivel del aceite). De no tener dicho nivel rellenar con Aceite para reductor Mobil Glygoyle 30.	Téc. Mtto. Mecánico.
2	Desmontar bomba de engranes para revisión y limpieza.	Téc. Mtto. Mecánico.
3	Revisar el estado de la trenza, cambiarla si es necesario.	Téc. Mtto. Mecánico.
4	Revisar el estado de los acoples, cambiar el acople tipo araña si es necesario.	Téc. Mtto. Mecánico.
5	Desmontar la válvula antirretorno para realizar limpieza, verificar su buen funcionamiento.	Téc. Mtto. Mecánico.
6	Limpiar externamente el motor eléctrico utilizando contact cleaner y trapo de limpieza.	Téc. Mtto. Mecánico.
7	Verificar que el motor, reductor y bomba giren libremente.	Téc. Mtto. Mecánico.
8	Reapretar los pernos de los componentes del sistema de bombeo.	Téc. Mtto. Mecánico.
4. Transmisión de Potencia		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**

1	Inspeccionar el estado general de las fajas.	Téc. Mtto. Mecánico.
2	Inspeccionar la tensión en las fajas (hágalo girando la faja con los dedos pulgar e índice su giro no debe exceder los 90 grados, Si la faja se excede de los 90 grados ajustar la tensión de la faja).	Téc. Mtto. Mecánico.
3	Lubricar los cojinetes (de eje, motor de transmisión, sistema motor reductor bomba) con Grasa Mineral Zeta Lube 201 (3 golpes de la engrasadora).	Téc. Mtto. Mecánico.
4	Verificar eventuales derrames en la unión rotatoria y lubricar con el mismo lubricante del cojinete utilizar Grasa para rodamientos DIN51502 3k3 o Grasa sintética SHC100.	Téc. Mtto. Mecánico.
5	Revisar el desgaste de la polea tensora.	Téc. Mtto. Mecánico.
5. Motor Eléctrico		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Limpiar externamente el motor utilizando naiz y trapo de limpieza.	Téc. Mtto. Mecánico.
2	Revisar que el ventilador no esté quebrado observando a través de la guarda.	Téc. Mtto. Mecánico.
6. Instrumentos		
Paso	**Descripción del proceso**	**Responsable**
1	Revisar la lectura del manómetro y funcionamiento del presostato, apagando la máquina a 1,5 bares de presión.	Téc. Mtto. Mecánico.
2	Desmontar el presostato y limpiar el producto que está en la membrana.	Téc. Mtto. Mecánico.
3	Limpiar con desengrasante GENERAL GREEN conexiones del presostato y del manómetro con la tubería para garantizar la marcación correcta de la presión.	Téc. Mtto. Mecánico.

EPP Requerido	Herramientas
Gafas	Llaves Allen
Casco	Tenaza
Guantes para químicos	Brocha
Zapatos de seguridad	Desatornilladores
Mascara industrial	Navaja
	Llaves Allen
	Aspiradora industrial

Anexo E: Análisis de Debilidades y Fortalezas

	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4
Debilidades	No se mide el OEE	No se cuenta con ningún paso implementado	No se cuenta con mantenimiento predictivo	Los planes de capacitación no incluyen conocimientos técnicos
	No se realizar el árbol de perdidas	n/a	No se tiene una jerarquización de equipos	n/a
	No se cuenta con una metodología de análisis de falla	n/a	n/a	n/a
Fortalezas	Existe la cultura de la mejora continua	5´s	Existe un proceso de mantenimiento preventivo maduro	Existe un plan de capacitación del personal
	Existe un proceso documentado de mejora continua	Bloqueo y etiquetado	Se cuenta con un CMMS	n/a
	n/a	n/a	Procesos documentados de mantenimiento	n/a