



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TPM PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS DE PARADA POR MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE UNA PLANTA DE CAL”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Aldo Sandro Cardenas Zedano

Bach. Ernesto Rafael Malaga Chanji

Asesor:

Ing. Elmer Aguilar Briones

Cajamarca – Perú

2019

AGRADECIMIENTO

Agradezcos a la Universidad Privada del Norte por estos años de enseñanza y a nuestro asesor por el tiempo dedicado al desarrollo de la tesis. Así mismo, al gerente general de la planta de cal, por permitirmos estudiar la problemática de su empresa, y así implementar las mejoras en base a los conocimientos adquiridos académicamente y mediante la experiencia.

Aldo Sandro Cardenas Zedano.

Un significativo agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la adquisición de conocimientos en estos años de estudio. A la Universidad Privada Del Norte por brindarnos profesionales de calidad que contribuyen con nuestra formación académica y personal.

Ernesto Rafael Malaga Chanji.

DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mi amada
familia, ellos son la motivación y
fuerza para mi superación
personal y profesional.
Aldo Sandro Cardenas Zedano.*

*Dedico esta tesis a mi familia,
ellos son fuente de inspiración y
motivación en mi vida diaria.
Ernesto Rafael Malaga Chanji.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 2 |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | 4 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 8 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 10 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 12 |
| ABREVIATURAS | 13 |
| RESUMEN..... | 14 |
| ABSTRACT | 15 |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 16 |
| 1.1 Realidad Problemática | 16 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 19 |
| 1.3 Objetivos. | 19 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 19 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos. | 19 |
| 1.4 Hipótesis..... | 19 |
| CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA..... | 20 |
| 2.1 Tipo de Investigación..... | 20 |
| 2.2 Materiales, instrumentos y métodos | 20 |
| 2.2.1 Materiales | 20 |

| | |
|---|----|
| 2.2 Instrumentos | 21 |
| 2.2.3 Procedimiento Metodológico..... | 22 |
| 2.2.3.1 Metodología..... | 23 |
| 2.2.3.1.1 Diagnóstico situacional de las paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos..... | 23 |
| 2.2.3.1.2 Indicadores de la metodología TPM – Eficiencia Global..... | 28 |
| 2.2.3.1.3 Diseño e implementación de la metodología TPM | 30 |
| 2.2.3.1.4 Analizar los resultados de la implementación de la metodología TPM en los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos de una planta de cal..... | 34 |
| 2.2.3.1.5 Análisis Beneficio- Costo..... | 34 |
| 2.3 Matriz de consistencia..... | 35 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS | 37 |
| 3.1 Diagnóstico situacional del área de estudio..... | 37 |
| 3.1.1 Diagnóstico situacional de los tiempos de paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos..... | 37 |
| 3.1.1.1 Proceso de producción de la planta de cal..... | 37 |
| 3.1.1.2 Análisis de criticidad de los equipos en una planta de cal..... | 38 |
| 3.1.1.3 Diagnóstico del tiempo de parada de planta en base al MTTR de fallas de equipos críticos..... | 40 |
| 3.1.1.4 Diagnóstico de la parada prolongada de planta por cambio de rodamiento ... | 42 |
| 3.1.1.5 Diagnóstico de la causa raíz de parada de planta..... | 46 |

| | |
|---|----|
| 3.1.2 Diagnóstico de la eficiencia global (OEE) de los equipos críticos | 48 |
| 3.1.3 Resumen inicial de la operacionalización de variables | 50 |
| 3.2 Diseño e implementación de los pilares TPM aplicables en función al diagnóstico realizado. | 52 |
| 3.2.1 Pilares TPM aplicables | 52 |
| 3.2.2 Diseño de los pilares TPM aplicables | 54 |
| 3.2.2.1 Mejoras enfocadas | 54 |
| 3.2.2.2 Mantenimiento autónomo | 55 |
| 3.2.2.3 Mantenimiento Planificado | 62 |
| 3.2.2.4 Mantenimiento de calidad | 66 |
| 3.2.2.5 Mantenimiento inicial | 72 |
| 3.2.2.6 Mantenimiento en áreas administrativas | 74 |
| 3.4.2.7 Educación y capacitación..... | 76 |
| 3.4.2.8 Seguridad y medio ambiente | 80 |
| 3.2.3 Implementación de la metodología TPM | 86 |
| 3.2.3.1 Capacitación en base a los ocho pilares TPM..... | 87 |
| 3.2.3.2 Implementación de los rodamientos bipartidos | 88 |
| 3.2.3.3 Implementación de procedimientos y formatos | 88 |
| 3.2.3.4 Aplicación de programas de evaluación del aprendizaje | 89 |
| 3.3 Analizar los resultados de la implementación de la metodología TPM en los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal. | 90 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3.3.1 | Análisis de la mejora de la eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal | 90 |
| 3.3.2 | Análisis de la reducción del tiempo de parada de planta de los equipos críticos después de la implementación TPM | 93 |
| 3.3.3 | Resumen de la operacionalización de las variables después de la implementación TPM | 94 |
| 3.4 | Análisis económico, beneficio-costo de la implementación del TPM | 95 |
| CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES..... | | 98 |
| 4.1 | Discusión | 98 |
| 4.2 | Conclusiones..... | 100 |
| REFERENCIAS | | 101 |
| ANEXOS | | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Diseño Pre- experimental | 20 |
| Tabla 2 Materiales a utilizar en el trabajo de investigación..... | 21 |
| Tabla 3 Instrumentos a utilizar en el trabajo de investigación..... | 21 |
| Tabla 4 Criterios para evaluar el factor pérdida de disponibilidad en el AC | 24 |
| Tabla 5 Criterios para evaluar el factor pérdida de producción en el AC..... | 25 |
| Tabla 6 Criterios para evaluar el factor de seguridad e impacto ambiental en el AC | 25 |
| Tabla 7 Interpretación de la OEE | 30 |
| Tabla 8 Ahorro generado después de la implementación TPM | 34 |
| Tabla 9 Matriz de consistencia | 36 |
| Tabla 10 Equipos de la planta de cal. | 38 |
| Tabla 11 Análisis de criticidad | 39 |
| Tabla 12 Fallas en los equipos críticos | 40 |
| Tabla 13 Estándares de mantenimiento para equipos en el área de quemado de caliza | 41 |
| Tabla 14 Causa raíz de la parada prolongada de planta por cambio de rodamiento | 47 |
| Tabla 15 Historial de horas de parada de equipos críticos..... | 48 |
| Tabla 16 Pérdida de producción por paradas de planta no programadas..... | 49 |
| Tabla 17 Calidad- Producción de cal de mala Ley. | 50 |
| Tabla 18 Cálculo de la eficiencia global de los equipos críticos de una planta de cal | 50 |
| Tabla 19 Resumen inicial de la operacionalización de las variables..... | 51 |
| Tabla 20 Pilares aplicables en la mejora. | 53 |
| Tabla 21 Programación de las capacitaciones de la metodología TPM | 87 |
| Tabla 22 Aplicación de programas de aprendizaje de la metodología TPM | 89 |

| | |
|--|----|
| Tabla 23 Resultados de la implementación de la metodología TPM en el tiempo de paradas de planta | 90 |
| Tabla 24 Historial de horas de parada después de la implementación TPM | 91 |
| Tabla 25 Producción perdida por paradas de planta no programadas después de la implementación TPM..... | 92 |
| Tabla 26 Calidad- Producción de cal de mala Ley después de la implementación TPM..... | 92 |
| Tabla 27 Cálculo de la eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal después de la implementación de la metodología TPM..... | 93 |
| Tabla 28 Resumen de la operacionalización de las variables después de la implementación TPM | 94 |
| Tabla 29 Ahorro generado después de la implementación TPM | 95 |
| Tabla 30 Inversión para la implementación de la metodología TPM..... | 96 |
| Tabla 31 Cálculo beneficio/costo de la implementación de la metodología TPM..... | 97 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Procedimiento metodológico de la investigación..... | 22 |
| Figura 2: Las seis grandes pérdidas..... | 23 |
| Figura 3: Matriz de criticidad..... | 24 |
| Figura 4: El diagrama Ishikawa modelo | 26 |
| Figura 5: El diagrama Pareto modelo | 27 |
| Figura 6: Pilares TPM..... | 30 |
| Figura 7: Proceso de producción de la planta de cal.. | 37 |
| Figura 8: Horas de parada de planta por mantenimiento. | 41 |
| Figura 9: Diagnóstico de la parada prolongada de planta..... | 42 |
| Figura 10: Ubicación del reductor y motor en el elevador de cangilones.. | 43 |
| Figura 11: Equipo de izaje necesario para el montaje de reductor y motor..... | 44 |
| Figura 12: Estándares de carga en base a altura y radio de alcance.. | 44 |
| Figura 13: Rodamiento estándar..... | 45 |
| Figura 14: Personal elaborando y desacoplando componentes. | 45 |
| Figura 15: Personal requerido para realizar el cambio de rodamiento. | 46 |
| Figura 16: Diagrama de Pareto – Análisis de causa raíz de las paradas prolongadas de planta en base al análisis de las 6M. | 47 |
| Figura 17: Vista de rodamientos bipartidos ángulo superior. | 54 |
| Figura 19: Vista de rodamientos bipartidos vista general..... | 54 |
| Figura 19: Diseño interior del rodamiento bipartido..... | 55 |
| Figura 20: Organigrama del comité TPM. | 86 |
| Figura 21: Personal capacitándose en la metodología TPM. | 87 |
| Figura 22: Rodamiento bipartido. | 88 |

Figura 23: Procedimientos y formatos..... 88

Figura 24: Aplicación de programas de aprendizaje en base a la metodología TPM

implementada. 89

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1: Cálculo de la criticidad | 25 |
| Ecuación 2: Cálculo de la disponibilidad | 28 |
| Ecuación 3: Cálculo del rendimiento..... | 28 |
| Ecuación 4: Cálculo de la calidad | 29 |
| Ecuación 5: Cálculo de la eficiencia global | 29 |
| Ecuación 6: Cálculo Beneficio/ Costo..... | 35 |

ABREVIATURAS

- AC** : Análisis de criticidad.
- JIPM** : Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta.
- MTTR** : Tiempo medio para reparar fallas.
- MTBF** : Tiempo medio entre fallas.
- OEE** : Eficiencia Global.
- SAP** : Systems, Applications, Products in Data Processing.
- SST** : Seguridad y Salud en el Trabajo.
- TPM** : Mantenimiento Productivo Total.

RESUMEN

Considerando las seis grandes pérdidas en los procesos productivos, el objetivo principal de esta tesis consiste en minimizar los tiempos de parada de planta por mantenimiento mediante la implementación de la metodología TPM en una planta de cal. El tipo de investigación es aplicada, correlativa, cuantitativa y pre-experimental, como técnica se utilizó la revisión documental. Inicialmente se realizó un diagnóstico situacional del tiempo de paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos, así mismo se realizó el diagnóstico de la Eficiencia Global obteniendo un porcentaje inicial de 86.54%. Posteriormente se realizó el diseño e implementación de los ocho pilares TPM, considerando el pilar principal el de mejora enfocada, que para nuestra investigación se basa en el cambio de diseño de los rodamientos estándares oscilantes por bipartidos, logrando así una disminución de MTTR total de parada de planta de 508 h a 84 h y un incremento de la disponibilidad de 94% a 98%, el rendimiento de 93% a 94%, la calidad de 99% a 99.8% y finalmente la OEE incrementó en 4.56 % a un porcentaje de 92%, encontrándose sobre el estándar que estipula la empresa. Finalmente, en base al ahorro estimado de 127200 dólares semestrales, se realizó el análisis económico, beneficio-costos de la implementación del TPM, obteniendo un valor de 22.27 indicando que los beneficios superan a los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

Palabras Clave: TPM, Cal, Tiempo, Paradas, Planta, Equipos, Críticos, Mantenimiento.

ABSTRACT

Considering the six major losses in production processes, the main objective of this thesis is to minimize plant downtime for maintenance by implementing the TPM methodology in a lime plant. The type of research is applied, correlative, quantitative and pre-experimental, as a technique the documentary review was used. Initially, a situational diagnosis of the plant downtime was performed due to maintenance of the critical equipment, as well as the Global Efficiency diagnosis was obtained, obtaining an initial percentage of 86.54%. Subsequently, the design and implementation of the eight TPM pillars was carried out, considering the main pillar that of focused improvement, which for our research is based on the change of design of the oscillating standard bearings by bipartite, thus achieving a reduction in down MTTR plant from 508 h to 84 h and an increase in availability from 94% to 98%, yield from 93% to 94%, quality from 99% to 99.8% and finally the OEE increased by 4.56% to a percentage of 92%, meeting the standard stipulated by the company. Finally, based on the estimated savings of 127,200 semiannual dollars, the economic analysis, benefit-cost of the implementation of the TPM, was carried out, obtaining a value of 22.27 indicating that the benefits outweigh the costs, therefore, the project must be considered.

Keywords: TPM, Lime, Time, Stops, Plant, Equipment, Critics, Maintenance.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Para la tendencia de la economía mundial, para que un proceso de producción sea eficaz, las plantas de procesos deben operar de forma continua durante largos periodos. Las fallas, incluso las que involucran un solo equipo, pueden parar una planta entera, afectando a la disponibilidad, rendimiento, calidad, generando pérdidas en la producción, sobrecostos y por ende pérdidas económicas. (Garcia, 2015).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos. De acuerdo al (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta, 2015) el TPM elimina las seis grandes pérdidas que reducen la efectividad por interferir con la producción: fallas, pérdidas de arranque, paradas menores, reducción de velocidad, defectos de calidad y ajustes.

El TPM influye en la disponibilidad y confiabilidad del equipo que son indicadores operativos, que además sumado al indicador de calidad se obtiene el indicador universal de eficiencia global del equipo (OEE), que a su vez permite cuantificar la eficiencia de los procesos y al incrementarse se mejora la productividad, así mismo lo demuestra (Alejabo, 2019) donde afirma que la implementación de la metodología TPM, incrementó el OEE de 31% a 87%. Así también (Burga, 2018) sustenta que realizó la medición de la efectividad global de los equipos (OEE) desde el inicio al final de la implementación, notando un incremento en los índices de disponibilidad, rendimiento y tasa de calidad.

En la planta de cal estudiada, se observa distintas situaciones que afectan su sistema productivo, se ha identificado sucesos que contribuyen a las seis grandes pérdidas del

Mantenimiento Productivo Total. Entre los problemas más frecuentes se presentan el excesivo tiempo de paradas por falla de equipos críticos, lo que genera la parada total de la planta. (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta, 2015) manifiesta que desde la filosofía del TPM se considera que una máquina parada para efectuar un cambio está en una situación intolerable que produce pérdidas a la empresa.

Según datos obtenidos en los reportes diarios, las paradas de planta dependen del tipo de fallas en los equipos críticos, entre estos podemos mencionar: falla de canastilla, rodillos y soldadura de rodamientos que prolongan el tiempo de parada de planta debido a problemas por falta de personal, equipos de izaje, desmontaje y montaje, procedimientos de mantenimiento no estandarizados, difícil acceso para realizar el mantenimiento, eventos que se han presentado debido al tipo de rodamiento estándar oscilante que utilizaban. Así mismo, se han visto afectados los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad establecidos por la empresa, obteniéndose un porcentaje de eficiencia global de 86.54%, estando por debajo del estándar requerido por la empresa 90%, y un tiempo de paradas de planta - MTTR total de 508 horas por mantenimiento, superando el límite de horas establecidos por la empresa.

Los tiempos excesivos de parada de planta han sido identificados en base a los reportes de MTTR por falla de equipos críticos, brindados por la empresa, éstos recopilan información acerca del tiempo medio para reparar una falla establecido por la empresa y el tiempo real que empleaban en resolver la falla, evidentemente se identifica el problema del excesivo tiempo de parada por mantenimiento de equipos críticos.

Para la implementación de la metodología emplearemos los ocho pilares TPM. El pilar de mejoras enfocadas permite reducir o eliminar desperdicios mediante herramientas como la metodología Kaizen (Burgos, 2017). El pilar de mantenimiento autónomo involucra a los

operadores en cuidar su propio equipo (García, 2015). El pilar de mantenimiento planificado se enfoca en maximizar la disponibilidad del equipo (Mansilla, 2016). El pilar de mejoras del proyecto se enfoca en maximizar la vida del equipo, el pilar mantenimiento de calidad utiliza herramientas como reporte de causas y efectos en materiales, máquinas y mano de obra (3M), programa de inspección periódico de los factores críticos, matrices de mantenimiento y mejora (Tuarez, 2013).

El pilar de áreas administrativas ofrece el apoyo para que el proceso funcione eficientemente, a través de un proceso que produce información (Martínez, 2015). Según (Avendaño, 2017) sostiene que pilar de formación y adiestramiento se orienta a incrementar las capacidades del personal mediante el autodesarrollo y la formación sistemática. El pilar de seguridad y medio ambiente, usa como instrumento el IPERC que es la base de la seguridad y el formato de inspecciones mediambientales.

En esta investigación sustentamos que al igual que sostiene (Alejabo, 2019) y (Burga, 2018) la implementación de la metodología TPM en la planta de cal, ha disminuido el MTTR total de paradas de plantas de 508 horas a 84 horas generando así ha incrementado los indicadores de disponibilidad de 94% a 98%, el rendimiento de 93% a 94%, la calidad de 99% a 99.8%, por ende, el OEE incrementó de 86.54% a 92%. Adicionalmente se generó un ahorro de 127200 dólares. Así también, de acuerdo a las recomendaciones del (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta, 2015) se han considerado acciones para contribuir a la mejora continua en base a la actualización y seguimiento de la implementación de la metodología TPM.

1.2 Formulación del problema.

¿En que medida la implementación de la metodología TPM disminuirá los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Disminuir los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal con la implementación de la metodología TPM.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico situacional de los tiempos de parada de planta por mantenimiento de los equipos críticos, así como los indicadores de la metodología TPM en una planta de cal.
- Diseñar e implementar los pilares TPM aplicables en función al diagnóstico realizado.
- Analizar los resultados de la implementación de la metodología TPM y los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal.
- Realizar el análisis económico de la implementación del TPM en los equipos críticos en una planta de cal.

1.4 Hipótesis

La implementación de la metodología TPM, disminuirá los tiempos de parada de planta por mantenimiento de equipos críticos en una planta de cal.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

Según su propósito es aplicada, ya que nos basaremos en conocimiento ya existente, en este caso, los lineamientos de la metodología TPM.

Según su profundidad es explicativa, ya que su propósito es realizar un análisis de causalidad entre dos variables que son metodología TPM y las paradas de planta de equipos críticos.

Según su naturaleza de datos es cuantitativa, ya que se obtendrán datos cuantificables referentes a eficiencia, rendimiento, calidad, OEE.

Según su manipulación de variables es pre-experimental, ya que se trabajará con hechos de experiencia directa con un bajo nivel de control.

Diseño Pre – experimental

Tabla 1

Diseño Pre- experimental

| Observación Pre – Prueba | Aplicación metodología TPM | Observación Post- Prueba |
|-----------------------------|---|-----------------------------|
| O1 | Pilares TPM Mejoras específicas. Mantenimiento autónomo. Mantenimiento planificado. Mantenimiento de calidad. Mantenimiento inicial. Mantenimiento en áreas administrativas. Educación y capacitación. Seguridad y medio ambiente. | O2 |

La tabla muestra el diseño pre-experimental empleado en la investigación.

2.2 Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1 Materiales

En la tabla 2 se presentan los materiales a utilizar en todo el trabajo de investigación.

Tabla 2
Materiales a utilizar en el trabajo de investigación

| Materiales | Medida | Cantidad |
|----------------------|---------------|-----------------|
| Laptop. | Unidad | 1 |
| Hojas Bond A4 | Millar | 1 |
| Impresora. | Unidad | 1 |
| Lapiceros | Unidad | 3 |
| USB | Unidad | 1 |
| Zapatos de seguridad | Unidad | 2 |
| Casco de seguridad | Unidad | 2 |
| Lentes de seguridad | Unidad | 2 |
| Respirador | Unidad | 2 |
| Orejas | Unidad | 2 |

La tabla muestra los materiales utilizados en el proceso de investigación, desde los elementos para recopilar información como los equipos de protección personal para el ingreso a la planta de cal.

2.2 Instrumentos

En la tabla 3 se presentan los instrumentos a utilizar en todo el trabajo de investigación.

Tabla 3
Instrumentos a utilizar en el trabajo de investigación.

| Objetivo general | Indicador | Técnica | Instrumento | Fuente bibliográfica de la técnica |
|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Implementar la metodología TPM para disminuir los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal. | MTTR total de paradas de planta por mantenimiento de equipos críticos | Revisión documental Observación | Ficha resumen Guía de observación | Data de paradas de planta |
| | Eficiencia Global | Revisión documental | Ficha resumen | Indicadores de la metodología TPM |

La tabla muestra los instrumentos utilizados en el proceso de investigación.

2.2.3 Procedimiento Metodológico

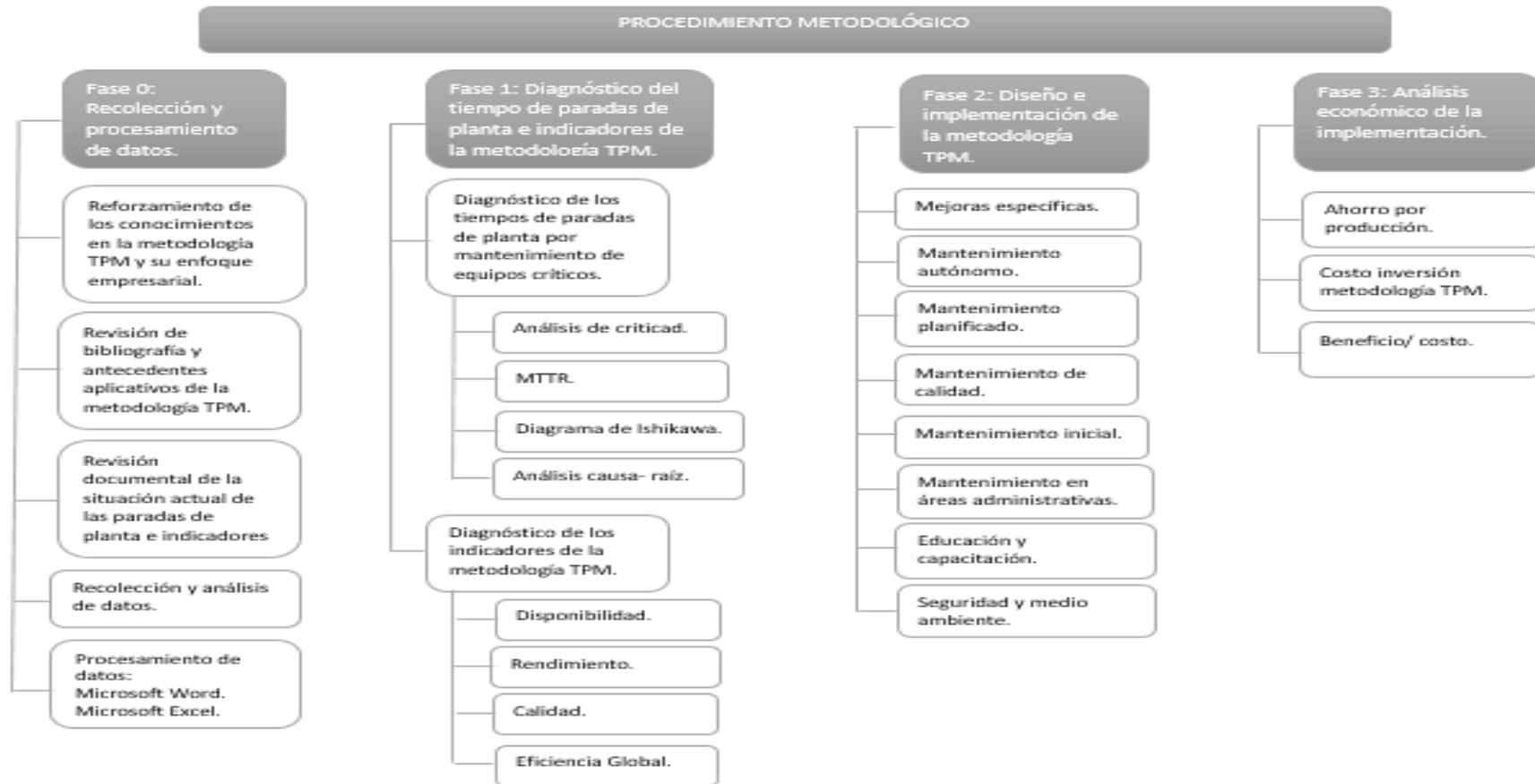


Figura 1: Procedimiento metodológico de la investigación.

2.2.3.1 Metodología

2.2.3.1.1 Diagnóstico situacional de las paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos.

Inicialmente identificamos que la empresa presentaba problemas relacionados a las seis grandes pérdidas

- **Las seis grandes pérdidas que busca eliminar la metodología TPM.**

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos, dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del proceso productivo
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos
- Productos defectuosos o mal funcionamiento de las operaciones en un equipo.

En la figura 2 se visualiza las seis grandes pérdidas que busca eliminar la metodología TPM.



Figura 2: Las seis grandes pérdidas.

Posteriormente se realizó el análisis de criticidad en los equipos de la planta de cal.

- **Análisis de criticidad de equipos:**

El análisis de criticidad se realizará en base a la evaluación por factores, considerándose pérdida de disponibilidad, pérdida de producción, seguridad e impacto ambiental.

Se evaluaron 13 tipos de equipos en planta, bajo la siguiente matriz.

La importancia esta relacionada con la ponderación 0.5, 0.4 y 0.1.

| EQUIPOS CONSIDERADOS PARA ANÁLISIS | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|--------------|------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------|
| EQUIPOS | Pérdida de disponibilidad. | Importancia. | Pérdida de producción. | Importancia. | Seguridad e Impacto ambiental | Importancia. | PUNTAJE DE CRITICIDAD PONDERADO |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Figura 3: Matriz de criticidad

- **Factor de pérdida de disponibilidad**

Permite establecer los criterios para categorizar de manera específica todos los equipos, pues nos da un valor cualitativo de comparación, si ante una falla el equipo en reparación produce una parada total de la planta, perdiendo disponibilidad del sistema. Los criterios de evaluación se presentan en la tabla 4.

Tabla 4

Criterios para evaluar el factor pérdida de disponibilidad en el AC

| Factor de Disponibilidad | Criterios |
|--------------------------|---|
| 5 | Pérdida total de disponibilidad operativa de planta >24 Horas |
| 4 | Parada total de planta < 24 horas |
| 3 | Parada parcial de la planta < 10 horas |
| 2 | Parada parcial de la planta < 5 horas |
| 1 | No es necesario parar la planta |

La tabla muestra los criterios utilizados en la evaluación del factor de disponibilidad.

- **Factor de pérdida de producción**

Establece los criterios para la categorizar de manera específica todos los equipos, pues nos da un valor del coste de la parada de la planta, si se produjera, debido a la falla del equipo estudiado. La manera de compararlo será por las toneladas de cal que se dejan de producir mientras dura la falla.

Tabla 5
Criterios para evaluar el factor pérdida de producción en el AC

| Factor de Producción | Criterios |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 5 | Pérdida total de la producción |
| 3 | Pérdida parcial de la producción |
| 1 | No afecta a la producción |

La tabla muestra los criterios utilizados en la evaluación del factor de producción

- **Factor de seguridad e impacto ambiental**

Establece los criterios para la categorizar de manera específica todos los equipos desde el impacto ambiental o aspectos de SST que puedan generar.

Tabla 6
Criterios para evaluar el factor de seguridad e impacto ambiental en el AC

| Factor de seguridad e impacto ambiental | Criterios |
|--|--|
| 5 | Genera impactos ambientales y de SST no tolerables. |
| 3 | Se necesita aplicar controles ambientales y SST. |
| 1 | No se generan impactos ambientales, ni riesgos en SST. |

La tabla muestra los criterios utilizados en la evaluación del factor de seguridad e impacto ambiental.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia

Ecuación 1: Cálculo de la criticidad

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

- **Diagrama de Ishikawa:** Se realizó la representación gráfica en la cual se visualiza las causas que originan el mayor tiempo de parada por cambio de rodamientos. En el diagrama utilizado se diferenciaron 5 ramas de las posibles causas que son:
 - Máquina: se analizó cada máquina empleada y su funcionamiento, su metodología de trabajo y su configuración.
 - Método: Se enfocó en preguntarse si se están haciendo las cosas bien y si hay alguna forma de mejorarlas.
 - Materiales: se analizó las características y diseño del material en los repuestos y sus condiciones.
 - Mano de obra: se identificaron las deficiencias causadas por la mano de obra.
 - Medio ambiente: se tomó en cuenta las condiciones ambientales para garantizar que son las más adecuadas para realizar el trabajo.

El diagrama Ishikawa modelo se visualiza en la figura 4.

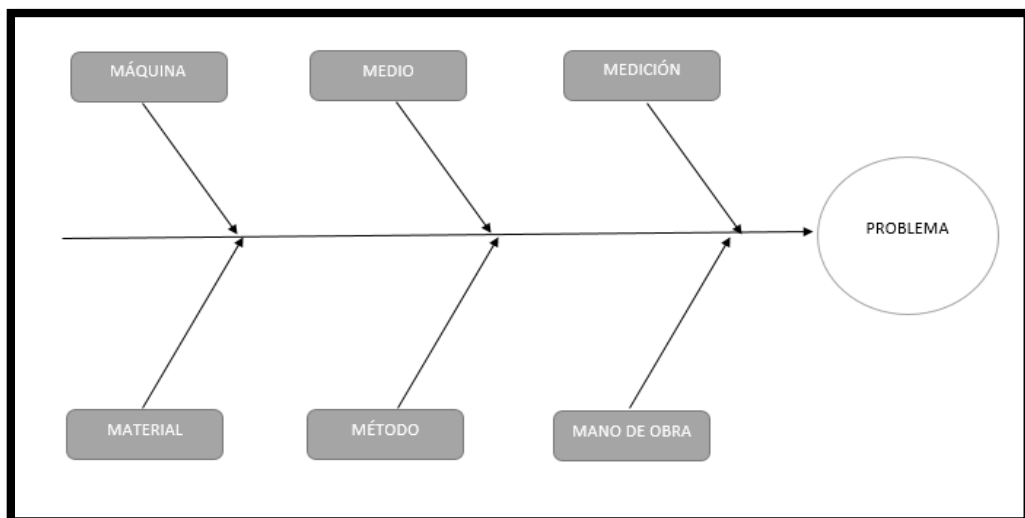


Figura 4: El diagrama Ishikawa modelo

Identificada las causas, mediante frecuencias de ocurrencia se separó las más relevantes con el principio de Pareto, sugerido por Stachú, (2004).

- **Diagrama de Pareto:** Es una técnica gráfica que clasifica causas en orden de mayor a menor frecuencia y permite asignar un orden de prioridades, manteniendo principios como pocos vitales, muchos triviales (Izar y Gonzáles, 2004).

Se inició listando las causas del problema principal identificado en el diagrama de Ishikawa, se las agrupó y ordenó por su ocurrencia de mayor a menor, luego se calculó la frecuencia normalizada y la frecuencia acumulada.

El diagrama de Pareto modelo se visualiza en la figura 5.

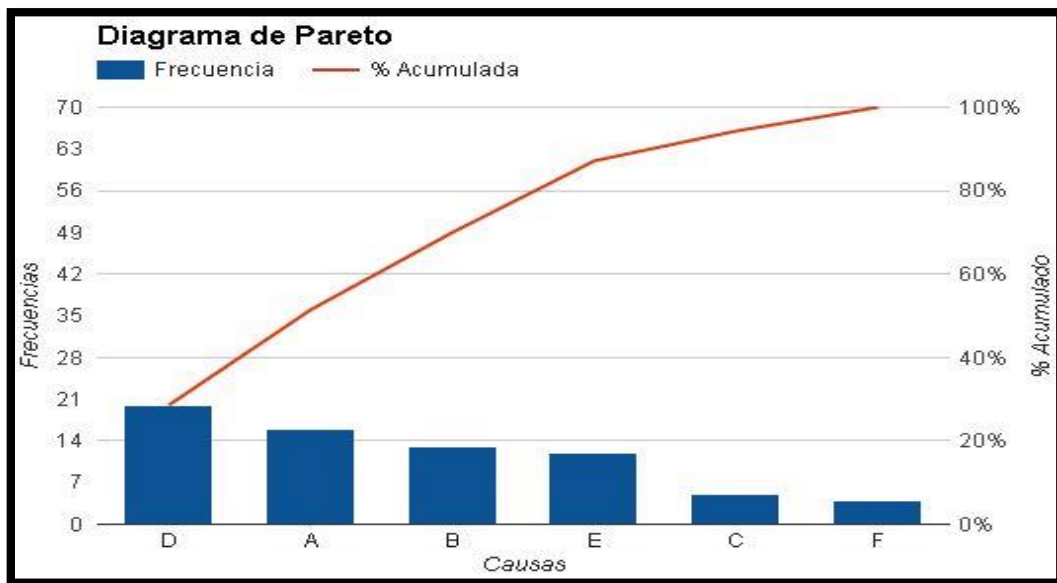


Figura 5: El diagrama Pareto modelo

El diagrama de Pareto fue empleado como complemento del análisis causa- raíz.

2.2.3.1.2 Indicadores de la metodología TPM – Eficiencia Global

Para calcular la eficiencia global como herramienta de diagnóstico del TPM se utilizaron los siguientes indicadores:

- **Disponibilidad operativa**

Avendaño (2017), establece una fórmula para calcular la disponibilidad de los equipos, la cual se muestra en la ecuación 2, este indicador se mide mensualmente, la disponibilidad esperada lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 95%.

Ecuación 2: Cálculo de la disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

- **Rendimiento**

Este indicador se calcula con la fórmula establecida por Henao (2017) que se muestra en la ecuación 3. El rendimiento esperado lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 95%.

Ecuación 3: Cálculo del rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

- **Calidad**

En la ecuación 4 se muestra la fórmula para calcular la calidad, para nuestra investigación se ha calculado en base a cal de mala Ley producida por reinicio de horno. La calidad esperada lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 95%.

Ecuación 4: Cálculo de la calidad

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción buena}}$$

- **Eficiencia Global**

Toral y Burgos (2013), establece la fórmula del OEE, la cual ha sido aplicada en el estudio de Santillán (2017), y se muestra en la ecuación 5. El OEE esperado lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 90%.

Ecuación 5: Cálculo de la eficiencia global

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

- **Interpretación de la eficiencia global**

Después de realizar el diagnóstico del OEE, se evaluará en base a la siguiente tabla 07. Siendo las posibles calificaciones inaceptable, regular, aceptable, buena y excelente.

Tabla 7
Interpretación de la OEE

| OEE | Calificativo | Consecuencias |
|-------------|--------------|--|
| <65% | Inaceptable | Importantes pérdidas económicas, baja competitividad. |
| ≥65% - <75% | Regular | Pérdidas económicas. Aceptable solo si se está en proceso de mejora. |
| ≥75% - <85% | Aceptable | Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja. |
| ≥85% - <95% | Buena | Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados “World Class”. |
| ≥95% | Excelente | Competitividad excelente. |

La tabla muestra las calificaciones asignadas de acuerdo al porcentaje obtenido de OEE.

2.2.3.1.3 Diseño e implementación de la metodología TPM

El TPM se sustenta sobre 8 pilares para su efectiva aplicación, como se muestra en la figura 6. Estos a su vez se sustentan sobre el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness, o Eficiencia General de los Equipos), que permitirá conocer la eficiencia con que trabajan los equipos y procesos, que a su vez permite conocer y cuantificar las pérdidas.

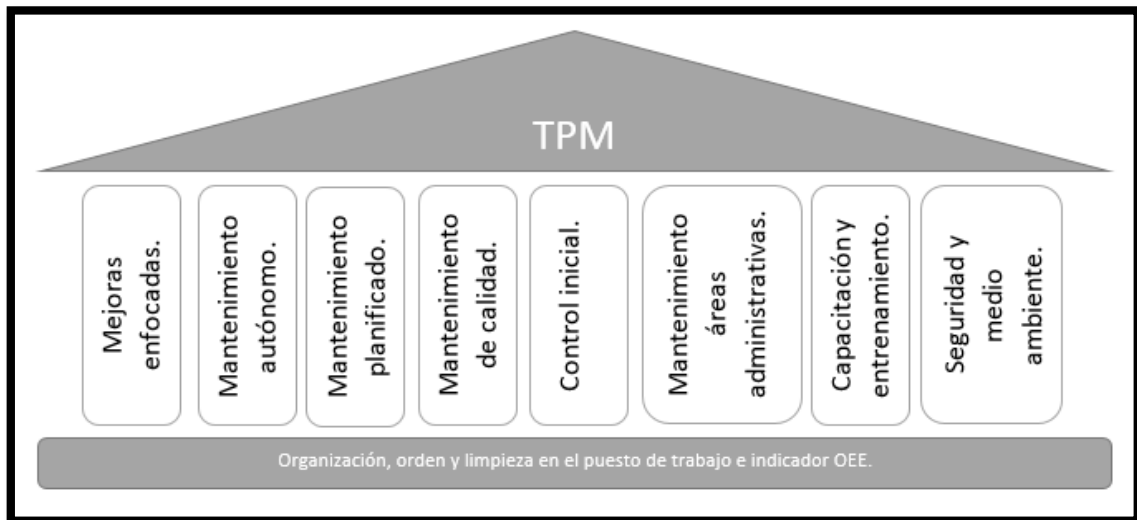


Figura 6: Pilares TPM.

- **Mejoras enfocadas o Keibetsu Kaizen:** El objetivo de estas mejoras es eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo. Aquí se trata de identificar los objetivos de mejora y realizar las acciones individuales y en grupo para eliminar los principales defectos de las instalaciones industriales.
- **Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen:** Este mantenimiento es básicamente la prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos, llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

Los operadores serán los encargados de llevar a cabo el mantenimiento rutinario de sus equipos. Este mantenimiento incluye lo siguiente:

- Limpieza diaria, que se tomará como un proceso de inspección □ Inspección de los puntos clave del equipo en busca de fugas, desgaste anormal, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación periódica de puntos clave del equipo
- Detectar fallas y reportar las mismas en caso de no poder repararse en el momento de su detección.
- Pequeños ajustes.

Estas actividades deben realizarse en base a estándares de trabajo creados conjuntamente entre las áreas de producción y mantenimiento, estableciendo las tareas que debe realizar el operador, su frecuencia, y las condiciones estándar del equipamiento.

- **Mantenimiento planificado o especializado (Keikaku Hozen):** El objetivo de este pilar es mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas. El mantenimiento planificado busca eliminar los problemas de los equipos realizando acciones de mejora, prevención y predicción de las fallas. Para esto se requiere contar con una correcta información sobre los equipos, teniendo detalladas las fallas de cada uno, su historial de servicio, y contar con las especificaciones técnicas y de funcionamiento de los mismos.

Esta información sirve como base para realizar la planificación del mantenimiento, determinando que mantenimiento realizar y su frecuencia de realización.
- **Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen:** Este consiste en tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo sin defectos o fallas. La meta aquí, es ofrecer un producto cero defectos producto de una máquina cero paradas y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo.
- **Control inicial:** Este pilar tiene como objetivo prevenir los problemas que se puedan presentar en equipos, maquinaria, productos o proyectos, desde las fases de diseño y desarrollo. En TPM se emplea para identificar y prevenir problemas potenciales que una empresa puede encontrar cuando se va a comprar, instalar y poner en marcha una máquina o proceso, o cuando una empresa está planificando la introducción de un nuevo producto al mercado.

- **Mantenimiento en áreas administrativas:** Este pilar tiene como principal objetivo eliminar las pérdidas que se presentan en las áreas que dan soporte a las operaciones de la empresa, y lo que se pretende es aprovechar la experiencia obtenida a través de la implementación en las áreas operacionales y trasladarlas hacia las oficinas, almacenes y demás áreas de la empresa.
- **Capacitación y entrenamiento:** Este pilar busca fortalecer las capacidades y habilidades del personal, buscando mejorar la capacitación y comprensión de los factores necesarios para lograr una correcta implementación del TPM y obtener los beneficios que se pretenden con esta implementación. En este pilar se definen las tareas que debe realizar cada persona de la organización, capacitando al personal en el uso de las herramientas y técnicas del TPM.

Se logra una mejor implementación cuando los que instruyen sobre lo que se hace y cómo se hace son parte del personal de la empresa, solo se debe buscar asesoría externa cuando las circunstancias lo requieran (capacitación técnica, cursos externos, etc.).
- **Seguridad y medio ambiente:** Aquí se pretende crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes ni contaminación. Lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo.

2.2.3.1.4 Analizar los resultados de la implementación de la metodología TPM en los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos de una planta de cal.

Después de realizar la implementación de la metodología TPM, se midieron los indicadores de disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE.

Así mismo se cuantificaron las horas de parada de planta por mantenimiento de los equipos críticos en el periodo de enero a junio del 2019.

2.2.3.1.5 Análisis Beneficio- Costo

Para calcular el beneficio de la implementación del TPM en una planta de cal, se estima el ahorro generado en el aumento de la producción por la disminución de tiempos de paradas de planta por mantenimiento de equipos críticos, se utilizará la siguiente tabla 8.

Tabla 8
Ahorro generado después de la implementación TPM

| Periodo | Horas parada antes del TPM | Tonelada/hora | Producción que se deja de producir (Tn) | Producción cal perdida | Costo Tonelada USD | Pérdida USD | Ahorro total USD |
|---------|----------------------------|---------------|---|------------------------|--------------------|-------------|------------------|
|---------|----------------------------|---------------|---|------------------------|--------------------|-------------|------------------|

Tabla para evaluar el ahorro generado después de la implementación TPM.

Para realizar el análisis beneficio/ costo se considerarán los siguientes parámetros:

- **Ahorro generado (Beneficio):** Aumento de la producción por disminución de tiempo de paradas de planta.
- **Costo de la implementación:** Costo total para realizar la implementación de los ocho pilares TPM.

- **Contra Beneficio (CB):** Oportunidad de inversión tomando con referencia la tasa de inversión en un fondo de inversión bancario o un interés a plazo fijo determinado.

Los criterios para tomar la decisión de la inversión ante el resultado de la razón B/C son:

B/C > 1 indica que los beneficios superan a los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

B/C=1 indica que no hay ganancias ya que los beneficios son iguales a los costes.

B/C < 1 indica que los costes son mayores que los beneficios, por consiguiente, el proyecto no debe ser considerado.

Para el cálculo B/C, se empleará la siguiente fórmula:

Ecuación 6: Cálculo Beneficio/ Costo

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficio- contrabeneficio}}{\text{Costo}}$$

2.3 Matriz de consistencia

En la tabla 9 se presenta la matriz de consistencia del trabajo de investigación.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1 Diagnóstico situacional del área de estudio.

3.1.1 Diagnóstico situacional de los tiempos de paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos

3.1.1.1 Proceso de producción de la planta de cal



Figura 7: Proceso de producción de la planta de cal. El proceso de producción de cal comienza con el chancado de la piedra caliza, selección y acumulación de ésta en la línea de carga, posteriormente se procesa en el horno a una temperatura de 1200 C° por un tiempo de 16 horas, obteniendo cal pura con una Ley de 80%. Finalmente pasa a línea de molienda y almacenamiento de cal par proceder a la zona de despacho.

3.1.1.2 Análisis de criticidad de los equipos en una planta de cal.

La planta de cal esta conformada por los siguientes equipos, que se muestran en la tabla 10.

Tabla 10

Equipos de la planta de cal.

| Equipos | Cantidad |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1. Elevador de Cangilones. | 3 |
| 2. Apront feder. | 1 |
| 3. Crisly. | 1 |
| 4. Chancadora. | 1 |
| 5. Bombas centrífugas. | 5 |
| 6. Bombas de desplazamiento positivo. | 30 |
| 7. Skip- Elevador de carga. | 1 |
| 8. Fajas transportadoras. | 12 |
| 9. Zarandas. | 3 |
| 10. Molino de martillo. | 2 |
| 11. Tornillo transportador de carga. | 5 |
| 12. Hornos | 2 |
| 13. Correctores de polvo. | 2 |
| Total | 68 |

En la tabla se muestran los equipos que conforman la planta de cal.

Se ha establecido los criterios para la categorización de manera específica de los equipos en la planta de cal. La manera de compararlo será por la cantidad de tonelaje de cal que se deja de producir mientras dura la reparación.

Análisis de criticidad

El análisis de criticidad se realizará en base a la evaluación por factores, considerándose pérdida de disponibilidad, pérdida de producción, seguridad e impacto ambiental.

La importancia esta relacionada con la ponderación 0.5, 0.4 y 0.1.

El análisis de criticidad se muestra en la tabla 11.

Tabla 11
Análisis de criticidad

| EQUIPOS CONSIDERADOS PARA ANÁLISIS | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|-------------|---------------------------------|
| | Pérdida de disponibilidad | Importancia | Pérdida de producción | Importancia | Seguridad e Impacto ambiental | Importancia | PUNTAJE DE CRITICIDAD PONDERADO |
| Elevador de cangilones. | 5 | 0.5 | 5 | 0.4 | 1 | 0.1 | 4.6 |
| Apront feder. | 3 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 2 |
| Crisly. | 1 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 1 |
| Chancadora. | 3 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 2 |
| Bombas centrífugas. | 1 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 1 |
| Bombas de desplazamiento positivo. | 1 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 1 |
| Skip - Elevador de carga. | 3 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 2 |
| Faja transportadora. | 5 | 0.5 | 3 | 0.4 | 1 | 0.1 | 3.8 |
| Zaranda. | 2 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 1.5 |
| Molino de martillos. | 2 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 1.5 |
| Tornillo transportador de carga. | 3 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 2 |
| Hornos. | 3 | 0.5 | 1 | 0.4 | 1 | 0.1 | 2 |
| Colectores de polvo. | 2 | 0.5 | 3 | 0.4 | 1 | 0.1 | 2.3 |

En la tabla se muestra en análisis de criticidad de los equipos de la planta de cal.

Después de realizar el análisis de criticidad, para el trabajo de investigación se consideran como equipos críticos los siguientes:

- Elevador de cangilones con un puntaje de 4.6
- Faja transportadora con un puntaje de 3.8

Estos equipos causan pérdida de disponibilidad y pérdida de producción, la seguridad e impacto ambiental no son significativos, ya que existen los controles adecuados.

3.1.1.3 Diagnóstico del tiempo de parada de planta en base al MTTR de fallas de equipos críticos

En base al histórico de fallas de los equipos considerados como críticos, se evaluó el MTTR y se determinó que las paradas de planta de mayor duración son por falla de canastilla, rodillos y soltura de rodamientos como se puede ver en la tabla 12.

Tabla 12
Fallas en los equipos críticos

| FALLA | Ene-18 | Feb-18 | Mar-18 | Abr-18 | May-18 | Jun-18 | Jul-18 | Ago-18 | Set-18 | Oct-18 | Nov-18 | Dic-18 | # de Paradas | MTTR | MTTR TOTAL |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|-----------|------------|
| Rotura de sello de laberinto. | | | 1 | | | | | | 1 | | | | 2 | 04:00:00 | 08:00:00 |
| Temperatura alta de rodamientos. | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 2 | 20:00:00 | 40:00:00 |
| Falla de canastilla de rodamiento. | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 2 | 30:00:00 | 60:00:00 |
| Falla de rodillos de rodamiento. | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | 30:00:00 | 60:00:00 |
| Soltura de rodamientos. | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 6 | 30:00:00 | 180:00:00 |
| Rotura de eje. | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 60:00:00 | 60:00:00 |
| Desgaste de alojamiento. | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 2 | 08:00:00 | 16:00:00 |
| Rotura de alojamiento. | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 2 | 08:00:00 | 16:00:00 |
| Rotura de engranajes. | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 20:00:00 | 20:00:00 |
| Falla en alta vibración. | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 2 | 20:00:00 | 40:00:00 |
| Desalineamiento. | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 2 | 04:00:00 | 08:00:00 |
| Eventos totales | 4 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 23 | 234:00:00 | 508:00:00 |

En la tabla se muestran las fallas en los equipos críticos.

En la tabla 13, presentamos el estándar de mantenimiento para equipos del área de quemado de caliza establecido por la empresa, donde se expresa las horas máximas permitidas por falla leve, moderada y grave.

Tabla 13
Estándares de mantenimiento para equipos en el área de quemado de caliza

| Estándares de mantenimiento correctivo para el área de quemado de caliza (Horno) | | | | | | |
|--|--------------------------------------|------------|-----------------------|------------|---|------------|
| Críticos | Horas Máx permitidas / Tipo de falla | | | | | |
| | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Elevador de cangilones | Inspección y ajustes | 2 | Desatoro | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| Fajas transportadoras | Alineamiento | 2 | Rotura de fajas | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| No críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Bombas | Fuga de combustible | 2 | Rotura de sello | 5 | No bombea | 5 |
| Compuertas | Fuga de gases | 2 | Rotura de empaque | 5 | Falla de sensor | 5 |

En la tabla se muestran las horas máximas permitidas para el mantenimiento.

Después de analizar la tabla 9 y 10, determinamos que el tiempo de parada de planta por falla de canastilla, rodillos y soltura de rodamientos es prologanda en comparación con las horas máximas permitidas como se muestra en la figura 8.

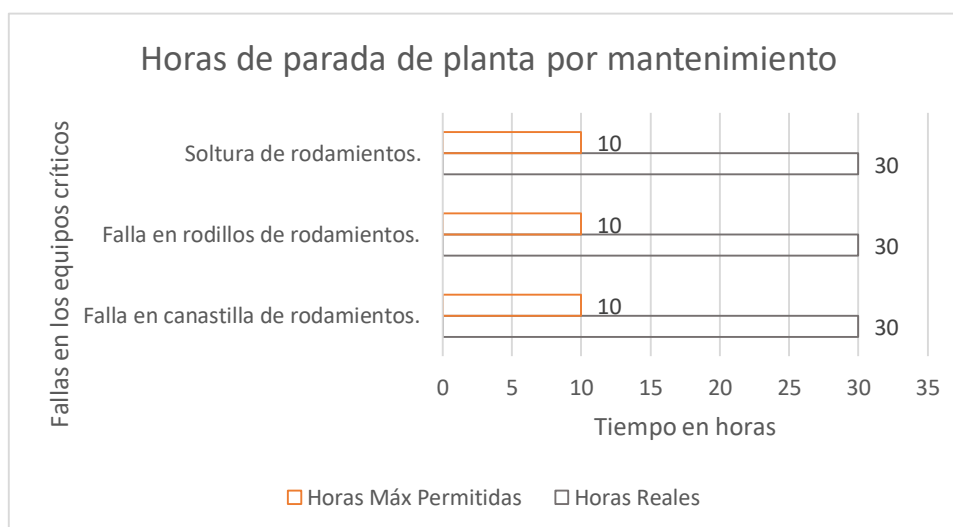


Figura 8: Horas de parada de planta por mantenimiento.

3.1.1.4 Diagnóstico de la parada prolongada de planta por cambio de rodamiento

En la figura 9 mediante el diagrama de Ishikawa, se detallan las causas del exceso de tiempos de parada por cambio de rodamiento.

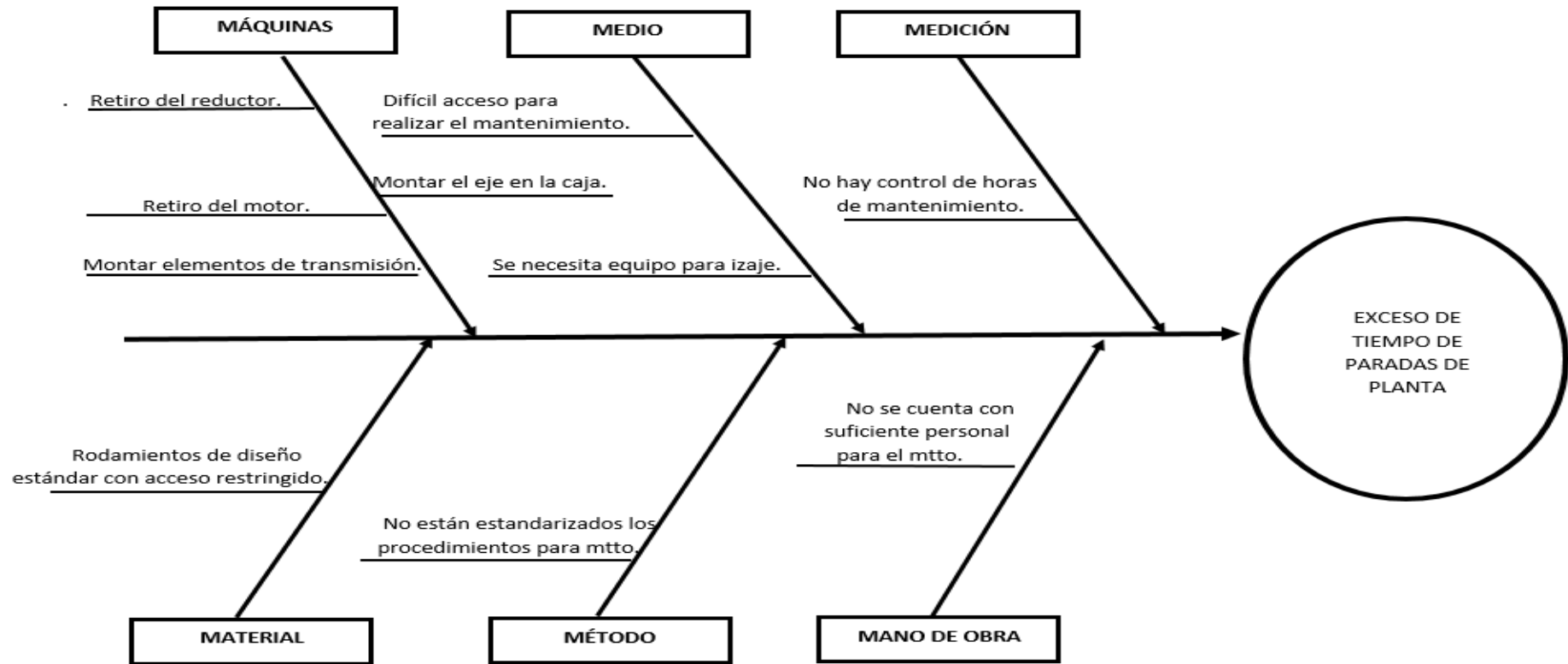


Figura 9: Diagnóstico de la parada prolongada de planta por cambio de rodamiento a causa de fallas de canastilla, rodillos y soltura.

Seguidamente analizaremos las 6M relacionadas directamente con la parada prolongada de planta por falla de rodamientos.

- **Máquina**

Como se puede apreciar en la figura 10, el área es de difícil acceso y requiere retirar motor y reductor, éste aumenta el tiempo de mantenimiento o parada de planta con el riesgo de golpear y romper el reductor, riesgo de derrame de aceite, tiempo en desconexión de motor y aumento de mano de obra a 2 electricistas.



Figura 10: Ubicación del reductor y motor en el elevador de cangilones. Éste alimenta al horno con caliza, su altura aproximada es de 25 m.

- **Medición**

No se cumplen los estándares de horas establecidas para el mantenimiento de equipos críticos, según las políticas de la empresa.

- Medio

Como se puede apreciar en la figura 11 y 12, se necesita alquilar una grúa acorde a los estándares de altura y tonelaje. Generando un costo adicional, utilización de recursos para gestionar el traslado al punto de izaje y tiempo extra de trabajo.



Figura 11: Equipo de izaje necesario para el montaje de reductor y motor. La grúa debe tener un alcance de 30 mts de longitud.

Capacidades específicas del levantamiento (en Kilos)
Pluma de 10,4 m - 31,7 m
Sobre los estabilizadores completamente extendidos - 360°

| Radio en Metros | # 0001 o # 01 | | | | | | | | | # 0002 o # 02 |
|-----------------|--|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| | Largo en metros de la pluma principal (con el tramo manual retraído) | | | | | | | | | Tramo manual Ext y 24,7 m |
| | 10,4 | 11,6 | 13,4 | 15,2 | 17,1 | 18,9 | 20,7 | 22,6 | 24,7 | 31,7 |
| 3,05 | 40.823 (63,5) | 33.452 (67) | 31.729 (70,5) | 30.935 (73) | 28.735 (75) | | | | | Ver la nota 17 |
| 3,66 | 34.019 (60) | 33.452 (63,5) | 30.255 (67,5) | 27.941 (70,5) | 25.923 (73) | 24.381 (75) | | | | |
| 4,57 | 28.123 (53,5) | 28.123 (58,5) | 26.331 (63,5) | 24.494 (67) | 23.133 (70) | 21.160 (72) | 19.890 (74) | 18.529 (75,5) | | |
| 6,10 | 21.455 (42) | 21.455 (49) | 21.455 (55,5) | 19.935 (60,5) | 18.393 (64) | 17.237 (67) | 16.193 (69,5) | 15.014 (71,5) | 13.608 (74) | |
| 7,62 | 16.329 (26) | 16.329 (37,5) | 16.329 (47) | 16.329 (53,5) | 15.445 (58) | 14.424 (62) | 13.562 (65) | 12.519 (67) | 11.431 (70) | 9.888 (75,5) |
| 9,14 | | 13.154 (21,5) | 13.154 (37) | 13.154 (46) | 13.154 (52) | 12.292 (56,5) | 11.612 (60) | 10.659 (63) | 9.752 (66) | 8.528 (72,5) |
| 10,67 | Ver la nota 16 | | 10.795 (23,5) | 10.795 (37) | 10.795 (45) | 10.659 (50,5) | 10.092 (55) | 9.231 (58,5) | 8.459 (62) | 7.439 (69,5) |
| 12,19 | | | | 8.709 (25,5) | 8.709 (37) | 8.709 (44) | 8.709 (49,5) | 8.074 (53,5) | 7.348 (58) | 6.577 (66,5) |
| 13,72 | | | | | 7.212 (26,5) | 7.212 (36,5) | 7.212 (43,5) | 7.144 (48,5) | 6.464 (53,5) | 5.783 (63,5) |
| 15,24 | | | | | 5.965 (8) | 5.965 (27,5) | 5.965 (36,5) | 5.965 (43) | 5.715 (48,5) | 5.126 (60,5) |
| 16,76 | | | | | | 5.080 (13) | 5.080 (28,5) | 5.080 (36,5) | 5.080 (43,5) | 4.536 (57) |
| 18,29 | | | | | | | 4.336 (16,5) | 4.336 (29) | 4.336 (37,5) | 4.110 (53,5) |
| 19,81 | | | | | | | | 3.629 (19) | 3.629 (31) | 3.697 (42) |
| 21,34 | | | | | | | | | 3.025 (22,5) | 3.338 (46) |
| 22,86 | | | | | | | | | | 4.021 (42) |
| 24,38 | | | | | | | | | | 2.740 (37) |

Figura 12: Estándares de carga en base a altura y radio de alcance. En la figura podemos encontrar que de acuerdo a nuestro diagnóstico necesitaremos una grúa de capacidad 40 TN, con un funcionamiento del 33%.

- Material

En la figura 13 se muestra que los rodamientos son de diseño estándar, éstos requieren retirar todo el sistema para realizar el cambio.



Figura 13: Rodamiento estándar. Para realizar el mantenimiento se tiene que desacoplar reductor, motor y chumacera; lo que genera mayor tiempo de parada de planta.

- Métodos.

En la figura 14 se puede apreciar que los métodos para realizar este mantenimiento no están estandarizados, no existen procedimientos.



Figura 14: Personal elaborando y desacoplando componentes sin procedimiento estándar.

- Mano de obra

En la figura 15 se evidencia que la parada de planta por cambio de rodamientos requiere mayor cantidad de mano de obra entre ellos, 1 gruero, 1 rigger, 1 ventero, 2 mecánicos, 2 electricistas, 1 prevencionista.



Figura 15: Personal requerido para realizar el cambio de rodamiento.

3.1.1.5 Diagnóstico de la causa raíz de parada de planta por cambio de rodamientos.

Después de identificarse las causas de las paradas de planta por cambio de rodamientos se diagnosticó la causa raíz. En la tabla 14, se identificó la causa raíz en las 6M, que involucra la necesidad del equipo de izaje, el retiro del reductor, retiro del motor, montaje del motor, rodamientos estándar de rodillos oscilantes con agujero cónico, difícil acceso para realizar el mantenimiento, procedimientos no estandarizados y que no se cuenta con suficiente personal para el mantenimiento. Finalmente se diagnosticó que la causa raíz que origina la parada de planta es el material, relacionado directamente con el diseño del rodamiento, ya que para su retiro requiere desmontaje que involucra todas las causas estudiadas.

Tabla 14

Causa raíz de la parada prolongada de planta por cambio de rodamiento

| 6M | Causas | Causa raíz (6M) |
|---------------------|---|---------------------|
| Medio | Se necesita equipo para izaje. | Máquina |
| Medición | No existen controles de medición. | Material/Componente |
| Máquina | Retiro del reductor. | Material/ Diseño |
| | Retiro del motor y montaje. | Material/ Diseño |
| | Montar elementos de transmisión. | Material/ Diseño |
| | Montar el eje en la caja. | Material/ Diseño |
| Material | Rodamientos de diseño estándar de rodillos oscilantes. | Material/ Diseño |
| Método | Difícil acceso para realizar el mantenimiento. | Máquina |
| | No están definidos procedimientos estándares para mtto. | Máquina |
| Mano de obra | No se cuenta con suficiente personal para el mtto. | Método |

En la tabla se muestra la causa raíz de parada de planta generadas por cambio de rodamiento.

Luego de ordenar las causas de las paradas prolongadas de planta por cambio de rodamientos se construyó el Diagrama de Pareto, en la figura 16 se verifica que efectivamente la causa raíz de las paradas prolongadas de planta se basan en el diseño actual del rodamiento.

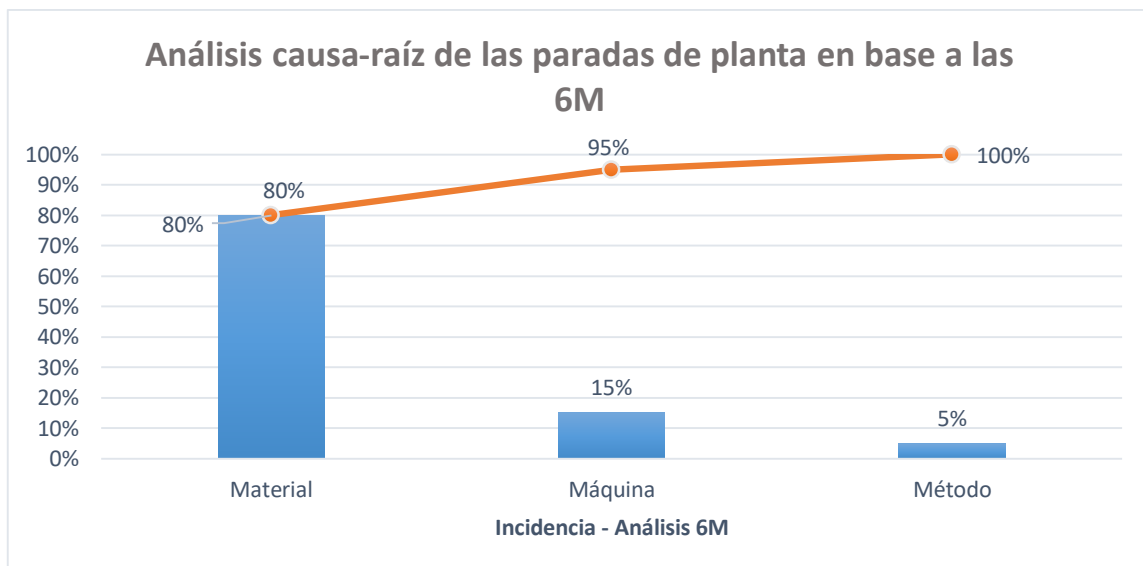


Figura 16: Diagrama de Pareto – Análisis de causa raíz de las paradas prolongadas de planta en base al análisis de las 6M.

3.1.2 Diagnóstico de la eficiencia global (OEE) de los equipos críticos

El diagnóstico de la eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal, se calcularán en base producción, calidad y disponibilidad generadas por las paradas prolongadas de planta, en comparación con los valores teóricos establecidos por la empresa.

- Disponibilidad de los equipos críticos

La disponibilidad máxima establecida por el área de mantenimiento de la empresa para la planta es de 95%, por ello se analizó la disponibilidad de los equipos críticos - elevador de cangilones y fajas antes de la mejora desde enero hasta diciembre del 2018, los resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15
Historial de horas de parada de equipos críticos

| Historial de horas de parada por distintas fallas | |
|--|---|
| Equipo - Elevador y fajas | MTTR Total en horas - Enero a Diciembre 2018 |
| Rotura de sello de laberinto. | 08:00:00 |
| Temperatura alta de rodamientos. | 40:00:00 |
| Falla de canastilla de rodamiento. | 60:00:00 |
| Falla de rodillos de rodamiento. | 60:00:00 |
| Soltura de rodamientos. | 180:00:00 |
| Rotura de eje. | 60:00:00 |
| Desgaste de alojamiento. | 16:00:00 |
| Rotura de alojamiento. | 16:00:00 |
| Rotura de engranajes. | 20:00:00 |
| Falla en alta vibración. | 40:00:00 |
| Desalineamiento. | 08:00:00 |
| Horas de eventos totales | 508:00:00 |
| Horas de trabajo/ día | 24 |
| Total horas/ año | 8760 |
| Disponibilidad operativa | 94% |

La disponibilidad ha sido calculada en el total de los equipos de planta del periodo de enero a diciembre 2018.

- **Rendimiento**

El rendimiento ha sido calculado en base a lo que se deja de producir por paradas prolongadas de planta, para la empresa el margen de producción con mantenimientos debe estar al 95%, el análisis se muestra en la tabla 16.

Tabla 16
Pérdida de producción por paradas de planta no programadas

| Producción de cal | | |
|---|------------|----------|
| Producción/hora | 6 | Ton/Hora |
| Producción/día | 72 | Ton/Día |
| Producción/Año 100% | 52560 | Ton/Año |
| | | |
| Producción estimada al 95% con mantenimiento | 49932 | Ton/Año |
| | | |
| Producción | | |
| Total Horas perdidas/ equipos críticos | 508 | Horas |
| Pérdida de producción de caliza | 3048 | Ton/Año |
| | | |
| Pérdida de producción de cal | 1270 | Ton/Año |
| | | |
| Producción actual con paradas de mantenimiento no programadas | 48662 | Ton/Año |
| Producción | 93% | |

El rendimiento ha sido calculado en base a la producción perdida por parada de planta no programadas de enero a diciembre 2018.

- **Calidad**

La calidad será calculada en base a la cantidad de cal mal quemada que se produce en una parada prolongada por reinicio del horno, esta cal es de baja Ley y fuera de los estándares de la calidad establecidos, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17
Calidad- Producción de cal de mala Ley.

| Historial de horas de parada por distintas fallas | | |
|--|-------------------------------|---------|
| Equipo | Horas anuales perdidas | |
| Elevador de cangilones y fajas. | 508 | |
| Producción de mala Ley | | |
| Consecuencia | Horas anuales perdidas | |
| Reinicio Horno | 160 | |
| Producción actual con paradas de mantenimiento no programadas | | |
| Producción total | 48662 | Ton/Año |
| Producción Mala Ley | 400 | Ton/Año |
| Calidad | 99% | |

La calidad ha sido calculada en base a la producción de cal de mala Ley generanda por reinicio de horno en parada de planta no programadas de enero a diciembre 2018.

- Eficiencia global de los equipos críticos de la planta

En la tabla 18 se muestra la eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal (Elevador de cangilones y fajas) calculados en base a los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad, obteniendo una OEE de 86.54%, siendo el estándar de OEE de la empresa 90%, indicando que debe realizare una mejorasiendo el estándar de OEE de la empresa 90%, indicando que debe realizare una mejora.

Tabla 18
Cálculo de la eficiencia global de los equipos críticos de una planta de cal

| Periodo | Disponibilidad (%) | Rendimiento (%) | Calidad (%) | OEE (%) |
|----------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|----------------|
| Enero-Diciembre 2018 | 94 | 93 | 99 | 86.54 |

La eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal ha sido calculada en base a disponibilidad, rendimiento y calidad de enero a diciembre 2018.

3.1.3 Resumen inicial de la operacionalización de variables

En la tabla 19 se muestra el resumen inicial de la operacionalización de variables .

Tabla 19

Resumen inicial de la operacionalización de las variables

| Variables | Dimensión | Indicador | Resultado Actual | Indicador Estándar | Análisis | Consecuencia | Causa principal | Causa raíz |
|--|-----------------------------|--|------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------|
| Variable Independiente: Implementación de la metodología TPM | Eficiencia Global | Disponibilidad | 94% | 95% | Paradas no programadas por mantenimiento en equipos críticos. | Tiempo prolongado de parada de planta | Cambio de rodamiento (Falla de canastilla, rodillos y soldadura) | Diseño del rodamiento estándar. |
| | | Rendimiento | 93% | 95% | Toneladas de cal que se deja de producir por paradas prolongadas de planta por mantenimiento. | | | |
| | | Calidad | 99% | 95% | Producción de cal de baja Ley por reinicio de arranque del horno. | | | |
| | | OEE | 86.54% | 90% | El cambio de rodamientos de diseño estándar generan paradas prolongadas de planta no programadas, afectando la eficiencia general de la planta de cal. | | | |
| Variable Dependiente: Tiempos de paradas por mantenimiento de equipos críticos | Tiempo de paradas de planta | MTTR Total de paradas de planta por mantenimiento de equipos críticos. | 508 horas | 5% de Horas Totales = 438 h | Las horas de parada de planta están fuera del límite estándar permitido. | | | |

Resumen de la eficiencia global y paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos en la planta de cal de enero a diciembre 2018.

3.2 Diseño e implementación de los pilares TPM aplicables en función al diagnóstico realizado.

3.2.1 Pilares TPM aplicables

De acuerdo a los resultados del diagnóstico mostrados en la tabla 20 se determinó que la causa raíz que origina el mayor tiempo de paradas por mantenimiento es el diseño del rodamiento estándar, afectando así, en la disminución de la eficiencia operacional de la planta; para ello se planteó una propuesta de solución tomando en cuenta la revisión de literatura y las apreciaciones del supervisor de mantenimiento en base a su amplia experiencia laboral.

- Cambiar el diseño del rodamiento estándar a rodamientos bipartidos

El diseño actual del rodamiento es estándar, lo que genera que, al realizar el cambio, se requiera desmontar motor- reductor y por ende todas las causas expresadas en las 6M, generando así paradas prolongadas de planta.

Investigando en el mercado de rodamientos, se contactó con la empresa Shaeffler Group de la marca FAC, ellos proponen un mejor diseño que tiene las mismas características en fuerza, resistencia, material, etc. Los rodamientos FAC que proponen son bipartidos, expresando que se utilizan en otros procesos similares con buenos resultados y se comprobó en minera Cerro Verde, Shouthern Peru, Antapaccay, Barrick, Cementos Pacasmayo entre otros.

Para definir el pilar del TPM se contrasta la mejora con el objetivo del pilar.

Tabla 20

Pilares aplicables en la mejora.

| Pilares TPM | Objetivo | ¿Resuelve la problemática identificada? (Sí/No) |
|--|--|--|
| Mejoras enfocadas | Identificar los objetivos de mejora y realizar las acciones individuales y en grupo para eliminar las principales pérdidas. | Sí aplica, ya que el cambio de rodamiento reduce el tiempo de paradas. |
| Mantenimiento autónomo | Concientización y capacitación del operador para cuidar adecuadamente del equipo mediante operaciones correctas, limpiezas, lubricación e inspecciones. | Sí aplica, porque ayuda a identificar las fallas previniendo daños a otros componentes. |
| Mantenimiento planificado | Maximizar la disponibilidad operacional del equipo o de la planta. | Sí aplica, ya que el mantenimiento planificado permite ejecutar acciones preventivas antes de que el equipo falle. |
| Mantenimiento de calidad | Influye directamente en el OEE, considera acciones preventivas para obtener un proceso y equipo sin defectos o fallas. | Sí aplica, ya que el diseño del rodamiento estándar afecta en la parada de planta y por ende en la cal de baja Ley. |
| Mantenimiento inicial | Identificar y prevenir problemas potenciales que una empresa puede encontrar cuando se va a comprar, instalar y poner en marcha una máquina o proceso, o cuando una empresa está planificando la introducción de un nuevo producto al mercado. | Sí aplica, ya que se tiene que estructurar un mantenimiento para el nuevo componente insertado (Rodamientos bipartidos). |
| Mantenimiento en áreas administrativas | Eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia. | Sí aplica, ya que impacta en el área de logística con el cambio de pedidos de componentes y del área de contabilidad ya que va a variar el costo de los componentes. |
| Educación y Capacitación | Adiestramiento y concientización a todos los profesionales involucrados en el TPM y en sus diversas fases. | Si aplica, ya que si se capacita al personal, en caso de emergencia los operadores podrían realizar el cambio del rodamiento. |
| Seguridad y medio ambiente | El propósito de este pilar consiste en crear un sistema de gestión integrado de seguridad, salud y medio ambiente, que preserve la integridad de todos involucrados en el proceso del mantenimiento. | Si aplica, se busca implementar y realizar actividades del TPM sin reportes de seguridad, salud ocupacional ni medio ambientales. |

Resumen de la elección de los pilares aplicables a la mejora

3.2.2 Diseño de los pilares TPM aplicables

3.2.2.1 Mejoras enfocadas

En base al diagnóstico realizado anteriormente, se pudo definir que la mejora enfocada de la planta consiste netamente en el cambio de rodamientos estándar oscilantes por rodamientos bipartidos, con las siguientes características:

- Fácil sustitución; en la figura 17 se puede observar los rodamientos bipartidos oscilantes de rodillos (arriba) necesitan el mismo espacio de montaje que los no partidos.

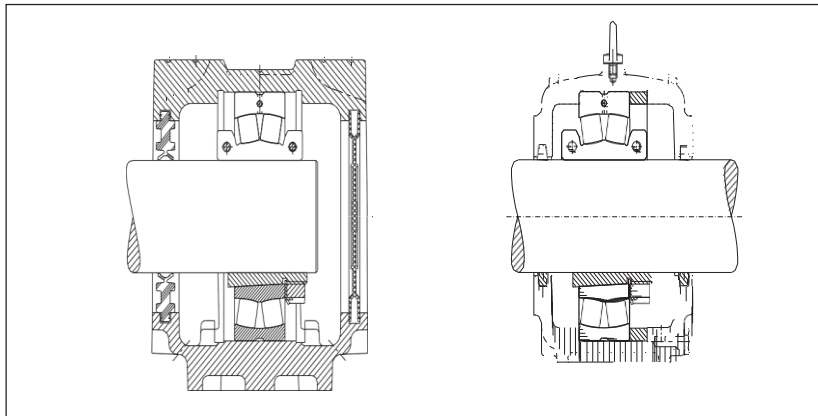


Figura 17: Vista de rodamientos bipartidos ángulo superior.

- En la figura 18 se puede observar que son fáciles y rápido en montar, inspeccionar - rodamiento bipartido FAG oscilante de rodillos antes de montarlo en un soporte SNV.



Figura 18: Vista de rodamientos bipartidos vista general.

- En la figura 19 se puede apreciar el diseño interno del rodamiento, este diseño estándar de los rodamientos partidos oscilantes de rodillos, en los que los aros retenedores están integrados en los aros interiores.

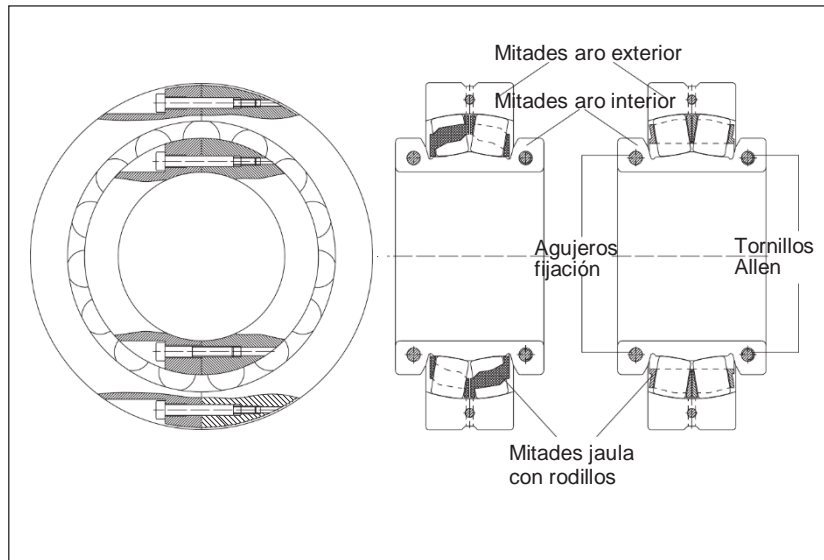


Figura 19: Diseño interior del rodamiento bipartido.

3.2.2.2 Mantenimiento autónomo

Para la empresa es indispensable que se apoye en la jefatura de mantenimiento, ya que la eficiencia global es 86.54%; por lo tanto, la empresa cree necesario hacer cambios para mejorar la productividad mediante el mantenimiento autónomo, este pilar del TPM tuvo la estructura representada en el siguiente procedimiento.

| | |
|---|---|
| METODOLOGÍA TPM | |
| Procedimiento para el mantenimiento autónomo | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |

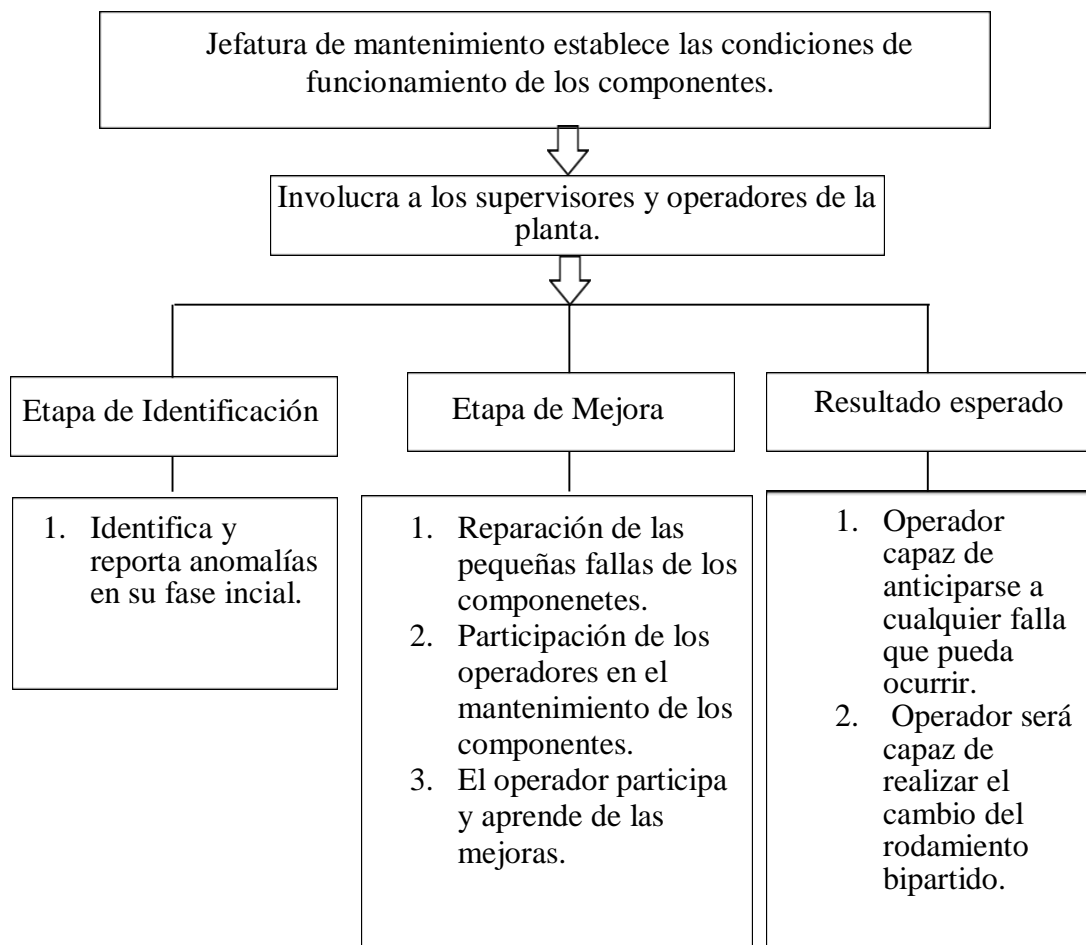
Objetivo.

Establecer el procedimiento para definir las tareas que se realizarán en el mantenimiento autónomo.

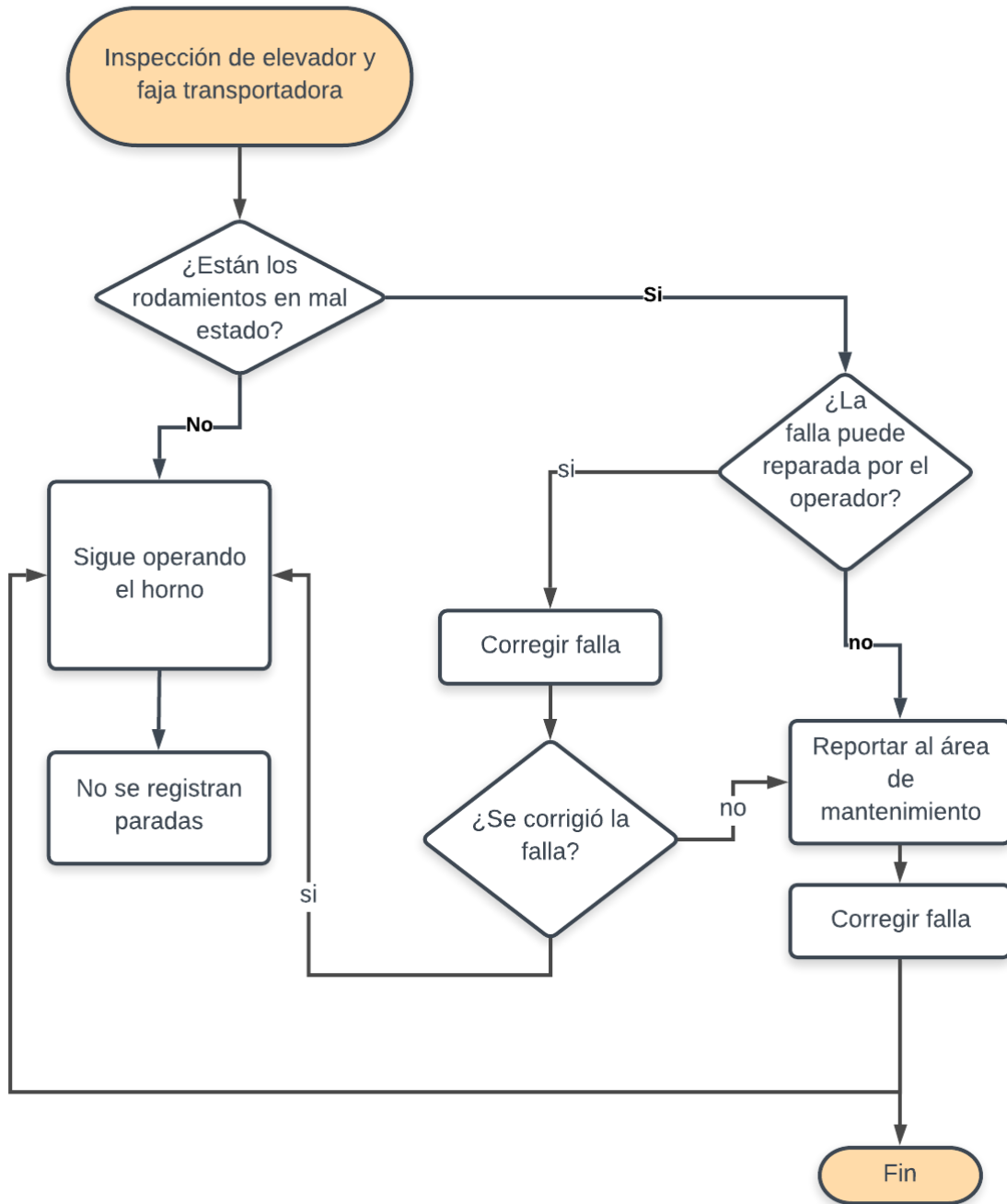
Alcance.

El siguiente procedimiento es aplicable para todos los operadores de la planta de cal.

1. Estructura del mantenimiento autónomo

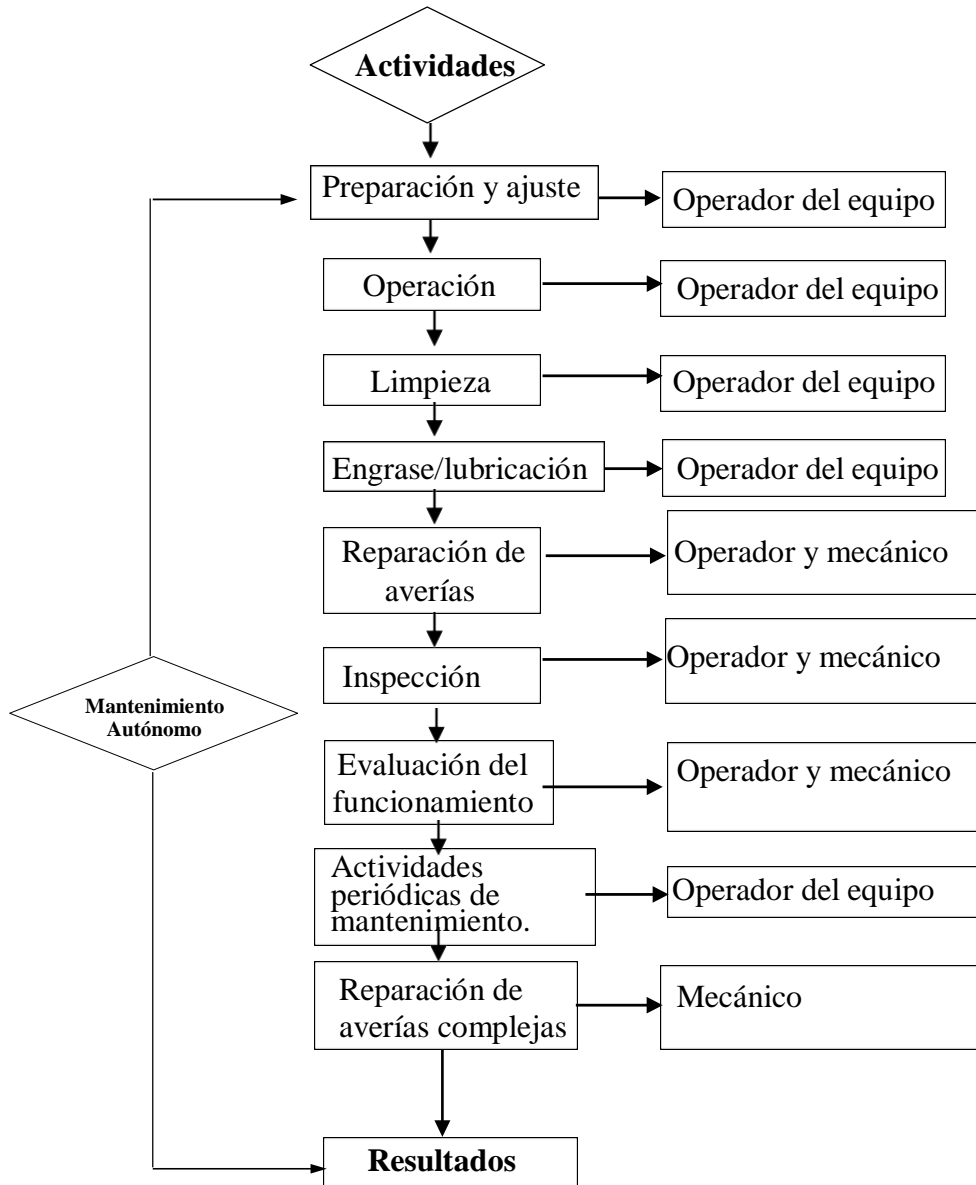


1. Flujograma de ejecución del mantenimiento autónomo



El flujograma para realizar el mantenimiento autónomo, se basa en la inspección del operador para poder definir si puede corregir una falla o derivarla al área de mantenimiento para no afectar con la operatividad de la planta.

2. Actividades y responsabilidades del mantenimiento autónomo de componentes.



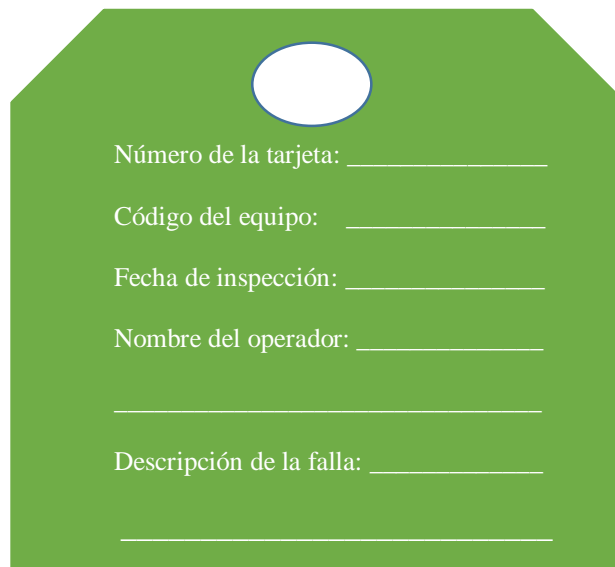
Las actividades del mantenimiento autónomo consistirán en una serie de actividades que garantizan que el operador realice un adecuado inspección y verificación, emitiendo reportes de fallas en su etapa inicial para reparar el equipo o asegurar que el mecánico ponga en marcha el equipo para no afectar el proceso operativo.

3. Secuencia del mantenimiento autónomo

| Planta de Cal | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Encargado de turno: | | Ing. Supervisor de guardia | |
| Encargado de operación del equipo | | Operadores de planta | |
| Actividad | Mantenimiento y mejora | Personal de operaciones de procesos | Personal de mantenimiento de procesos |
| | Ajuste de pernos de chumaceras. | Operador | No efectúa |
| | Operación: controla los parámetros de temperatura y vibración de los rodamientos bipartidos. | Operador | No efectúa |
| | Limpieza: verifica que su equipo se encuentre limpio, con cero fugas (grasa, solución, etc) | Operador | No efectúa |
| | Engrase y lubricación: mantener los niveles correctos del equipo. | Operador | No efectúa |
| Mantenimiento autónomo | Reparación de averías simples: asegurar las guardas de protección, cambio de rodamiento bipartido. | Operador | Mecánico |
| | Inspección del equipo: inspecciona el equipo; flujo, temperatura y presiones de acuerdo al manual del equipo, se realiza conjuntamente con los operadores y mecánicos. | Operador | Mecánico |
| | Evaluación del funcionamiento: contrasta los valores medidos con los parámetros operativos de diseño. | Operador | Mecánico |
| | Actividades periódicas de mantenimiento: inspecciona el funcionamiento del equipo semanalmente. | Operador | Mecánico |
| | Cambio de rodamientos bipartidos con rotura de ejes | No aplica | Mecánico |

4. Etiquetado para reparación de falla

El método de etiquetado, servirá para identificar quien será el encargado de realizar la reparación de la falla, se utilizarán tarjetas verdes y rojas, que tienen por finalidad identificar el tipo de falla que puede resolver el operario como parte del mantenimiento autónomo y fallas complejas que resueltas por el mecánico especialista.



A green maintenance tag with a white circular hole at the top. The tag contains the following text and input fields:

Número de la tarjeta: _____

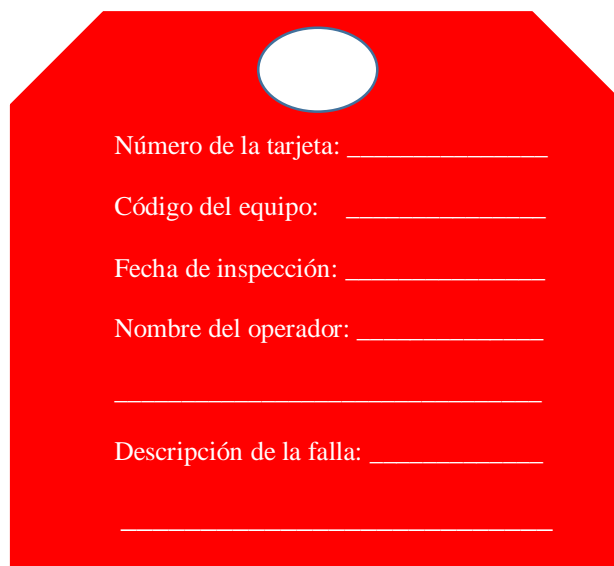
Código del equipo: _____

Fecha de inspección: _____

Nombre del operador: _____

Descripción de la falla: _____

Tarjeta verde para fallas simples, que puede resolver el operador.



A red maintenance tag with a white circular hole at the top. The tag contains the following text and input fields:

Número de la tarjeta: _____

Código del equipo: _____

Fecha de inspección: _____

Nombre del operador: _____

Descripción de la falla: _____

Tarjeta roja para fallas complejas, para ser resueltas por mecánico.

5. Consideraciones de orden y limpieza

Dentro del mantenimiento autónomo se consideró el orden y limpieza en el punto de operación.

| Ficha de Inspección de Orden y Limpieza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|----|--------|-------|----|-----------|-------|----|--------|-------|----|---------|-------|----|--------|-------|----|---------|-------|----|
| Fecha: | | Semana: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ITEM | Lunes | | | Martes | | | Miércoles | | | Jueves | | | Viernes | | | Sábado | | | Domingo | | |
| | Sí | Medio | No | Sí | Medio | No | Sí | Medio | No | Sí | Medio | No | Sí | Medio | No | Sí | Medio | No | Sí | Medio | No |
| El personal ingresa a la empresa y guarda adecuadamente sus cosas. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| El personal tiene iniciativa de realizar una limpieza diaria a su área | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Se utilizan los implementos necesarios para la limpieza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los componentes están libres y correctamente ordenados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mantiene ordenadas sus herramientas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los pisos están limpios, secos y sin desperdicios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hay libertad de tránsito sin obstáculos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
|--------|-----------|----------|----------|
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.2.2.3 Mantenimiento Planificado

| | | |
|--|--|---|
| | METODOLOGÍA TPM | |
| | Procedimiento para el mantenimiento planificado | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |

Objetivo.

Establecer el procedimiento para definir las tareas que se realizarán en el mantenimiento planificado.

Alcance.

El siguiente procedimiento es aplicable para todos los operadores de la planta de cal.

1. Responsabilidades en el mantenimiento planificado.

- Es responsabilidad del planer programar las tareas de acuerdo al plan anual de mantenimiento y solicitar repuestos de acuerdo a las necesidades del equipo.
- La responsabilidad del supervisor es hacer que se cumplan los programas de mantenimiento, verificando el cumplimiento del mismo y registrarlos.
- El mecánico tiene por responsabilidad cumplir con el programa de mantenimiento asignado, registrar la reparación de equipo y hacer la entrega formal al supervisor de operaciones mediante el formato EF-001-2019.
- La responsabilidad del operario será realizar actividades de inspección y reportarlas mediante las tarjetas verdes y rojas, de acuerdo al nivel de fallas simples o complejas.

2. Plan de mantenimiento planificado

| Actividad | Condición de equipos para realizar mantenimiento | | Frecuencia | Duración de la actividad(Min) | Responsable de la actividad |
|--|--|---------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | Encendido | Apagado | | | |
| Rellenado de grasa en para rodamientos | x | | Quincenal | 40 | Operador |
| Insp. y/o cambio de eje polea motriz | x | | Quincenal | 20 | Operador |
| Cambio de sellos de chumaceras | | x | Quincenal | 150 | Mecánico |
| Insp. y/o cambio de retenes de reductor | x | | Semanal | 20 | Operador |
| Cambio de aceite | | x | 8000 mil horas | 180 | Mecánico |
| Monitoreo de vibraciones | x | | Trimestral | 120 | Mecánico |
| Inspeccion y/ o cambio de correa de transmisión | | x | Quincenal | 120 | Mecánico |
| Mantto de cangilones (baldes, pernos, cadena) inspeccion y/o cambio de catalina superior y guiador de baldes | | x | Mensual | 180 | Operador |
| Inspeccion y/o cambio de chumaceras superiores | x | | Quincenal | 20 | Operador |
| Inspeccion /cambio de sensores de rotacion | | x | Quincenal | 20 | Electricista |
| Inspeccion de cajas de bornes de motor/megado de motor | | x | Mensual | 120 | Electricista |
| Overhaul del motor | | x | 22000 Horas | 300 | Mecánico |
| Mantenimiento de arrancador electrico (ajuste de bornes /testeo de protección) | | x | Mensual | 150 | Electricista |
| Termografía de arrancador | x | | Trimestral | 120 | Mecánico |

3. Formato de entrega formal de equipo operativo - EF-001-2019.

| | |
|--|--|
| <h2 style="margin: 0;">FORMATO</h2> <h3 style="margin: 0;">Entrega de Equipos Rotativos</h3> | Código: EF-001-2019 Página : 1 de 1 |
|--|--|

Información

| | | | | | | | | |
|--|--|--|-------|--------------------------|----------|--------------------------|------|--------------------------|
| Ejecutor: <table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"></table> | N° OT: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"></table> Planta (UP): <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"></table> Equipo: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"></table> Componente: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"></table> | Reparado: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>MYSRL</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Terceros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Lima</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table> Nuevo: <table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"></table> | MYSRL | <input type="checkbox"/> | Terceros | <input type="checkbox"/> | Lima | <input type="checkbox"/> |
| MYSRL | <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Terceros | <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Lima | <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Fecha : <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"></table> | | | | | | | | |

Contexto Operacional (PI)

| | Corriente Amp | Presión psi | Caudal m3/hr | |
|------------------------------|------------------|----------------|-----------------|--|
| Real | | | | |
| Nominal (min-max) | | | | |

Temperatura

| RTD _{rod1} °C | RTD _{rod2} °C | RTD _{cuerp} °C | T _{cuervo} °C | T _{rod1} °C | T _{rod2} °C | T _{rod3} °C | T _{rod4} °C | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|--|--|--|--|
| < 60 | < 85 | < 45 | < 40 | | | | | <table border="1" style="width: 100%; height: 15px; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 25%; background-color: green;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td><td style="width: 25%; background-color: green;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td></tr></table> | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 60 - 80 | 85 - 105 | 45 - 65 | 40 - 60 | | | | | <table border="1" style="width: 100%; height: 15px; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 25%; background-color: blue;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td><td style="width: 25%; background-color: blue;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td></tr></table> | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 80 - 100 | 105 - 125 | 65 - 85 | 60 - 80 | | | | | <table border="1" style="width: 100%; height: 15px; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 25%; background-color: yellow;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td><td style="width: 25%; background-color: yellow;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td></tr></table> | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| > 100 | > 125 | > 85 | > 80 | | | | | <table border="1" style="width: 100%; height: 15px; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 25%; background-color: red;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td><td style="width: 25%; background-color: red;"></td><td style="width: 25%; background-color: white;"></td></tr></table> | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Orden y Limpieza / Inspección Visual

1. _____
2. _____

Análisis Vibracional

SI NO

| | V mm/seg | H mm/seg | A mm/seg | Env g's |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Normal <input type="checkbox"/> | < 2.3 | | | |
| Tolerable <input type="checkbox"/> | 2.3 - 4.5 | | | |
| Precaución <input type="checkbox"/> | 4.5 - 7.1 | | | |
| Alarma <input type="checkbox"/> | > 7.1 | | | |

Lubricación

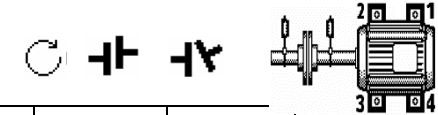
SI NO

Alineamiento

SI NO

Grasa

| | |
|----------|--|
| Marca: | |
| Tipo: | |
| Cant(gr) | |



Aceite

| Marca: | | Velocidad (rpm) | Paralelo (mm/100) | Angular (mm/100) | Lainas (mm) |
|--------|---------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| | Hori zonal | 1000-2000 | 0.08 | 0.1 | |
| | | 3000-4000 | 0.05 | 0.06 | |
| | Vertical | 1000-2000 | 0.07 | 0.07 | |
| | | 3000-4000 | 0.05 | 0.06 | |

Uso de estetoscopio

Análisis de Circuito de Motores

Pruebas Estáticas

| R Mohm | Res Desb% | Ind Desb% | IP | Ifuga µAmp |
|-----------|--------------|--------------|-------|---------------|
| 100 | 1 | 1 | >3 | 2 |
| 50 | 2 | 3 | 1.5-3 | 5 |
| 30 | 3 | 5 | 1-1.5 | 15 |
| 10 | 4 | 7 | <1 | 30 |

Pruebas Dinámicas

| Voltaje | | | Corriente | | Fp | Exc. | |
|-----------|----------|---------|-----------|----------|-------|---------|-------------------------------------|
| Vr/Vn (%) | Desb (%) | THD (%) | Ir/In (%) | Desb (%) | dB | # picos | |
| +/- 1 | 0 | 1 | +/- 1 | 2 | >54 | 1 | Normal <input type="checkbox"/> |
| +/- 3 | 0.5 | 2 | +/- 3 | 4 | 45-54 | 2 | Tolerable <input type="checkbox"/> |
| +/- 5 | 1 | 3 | +/- 5 | 6 | 36-45 | 3 | Precaución <input type="checkbox"/> |
| +/- 10 | 3 | 5 | +/- 10 | 10 | <36 | 4 | Alarma <input type="checkbox"/> |

| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
|--------|-----------|----------|----------|
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.2.2.4 Mantenimiento de calidad

| | | |
|--|---|---|
| | METODOLOGÍA TPM | |
| | Procedimiento para el mantenimiento de calidad | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |

Objetivo.

Establecer el procedimiento para definir las tareas que se realizarán en el mantenimiento de calidad.

Alcance.

El siguiente procedimiento es aplicable para todos los operadores de la planta de cal.

Descripción

Para realizar el mantenimiento de calidad, se utilizará el formato 3T (tolerancia, objetivo y test) realizado por el mecánico y validado por el supervisor de mantenimiento, con ello se busca garantizar que la reparación realizada, esté dentro de las tolerancias y especificaciones del fabricante.

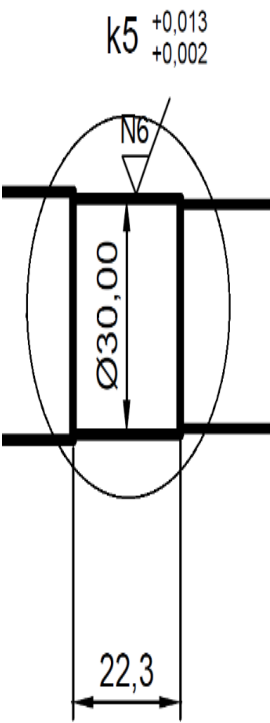

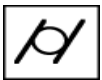
Cuando se realice el cambio de rodamientos bipartidos, se deben considerar los siguientes formatos:

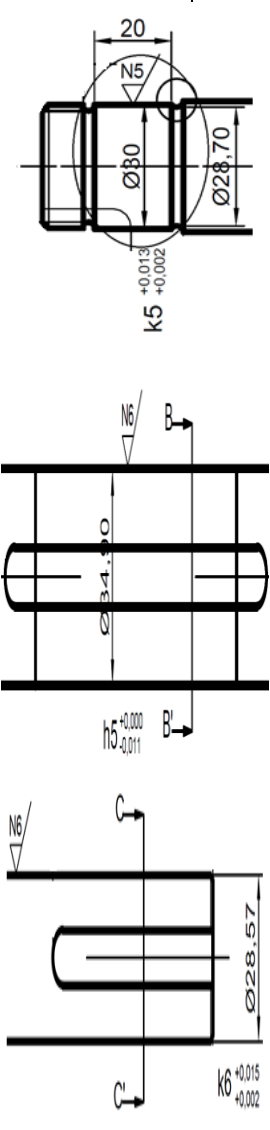
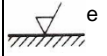
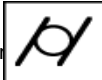

- Formato 3T.

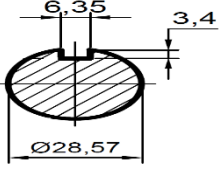
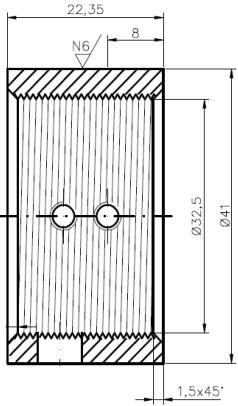
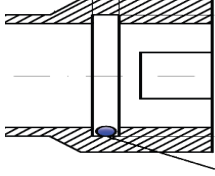
(Formato de control de calidad)

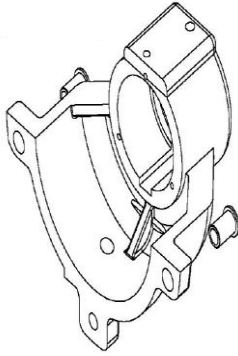
El formato de control de calidad deberá ser llenado, en el desarmado y armado de rodamientos bipartidos.

1. Formato 3T para el mantenimiento de calidad

| MANTENIMIENTO | | | FORMATO - 3Ts | | | | Control de la Calidad en Tareas de Mantenimiento | | | | |
|--------------------------------------|---|------------|---------------------------------|---|--|--|--|--------------------------------|----------------|-------------|--|
| Verificación de repuestos reparados. | | | Realizado por: | | | | Fecha: | | | | |
| Equipo: Elevador de cangilones | | | Ubicación: | | | | Sistema: | | N° Orden: | | |
| Paso | Descripción de la Actividad | Componente | Instrumento / Equipo | | Medida Nominal | Desviación Tolerable | Medición Obtenida | Condición Aceptado / Rechazado | Acción a tomar | Observación | |
| 1 | Inspección de eje | | | | | | | | | | |
| | Medir diámetro de asiento de rodamiento pto 3 | Eje | Micrómetro exteriores. 25– 50mm |  | 30.00mm | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+ 0.013</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+ 0.002</div> | | | | | |
| | Medir longitud de rodamiento de asiento pto 3 | Eje | Vernier | | 22.3.00mm | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">± 0.1</div> | | | | | |
| Referencia Catálogo SKF | (*)Medir Rugosidad superficial de asiento de rodamiento pto 3  | Eje | Rugocímetro | | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.4um</div> (N5) | N.A | | | | | |
| | Medir Cilindricidad de asiento de rodamiento pto 3  | Eje | Micrómetro | | 30.00 mm | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+0.005</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+0.003</div> | | | | | |
| | Medir diámetro de asiento de rodamiento pto 4 | Eje | Micrómetro exteriores. 25– 50mm | | 30.00mm. | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+ 0.013</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+ 0.002</div> | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|---------------------------------|---|--------------------|----------------------|----------------------|--|--|--|
| | Medir longitud de rodamiento de asiento pto 4 | Eje | Vernier |  | 20mm. | ± 0.1 | | | | |
| Referencia Catálogo SKF | (*Medir Rugocidad superficial de asiento de rodamiento pto 4 |  | Rugocímetro | | $0.4\mu m$ (N5) | N.A | | | | |
| | Medir Cilindricidad de asiento rodamiento pto 4 |  | Eje | | Micrómetro | 30.00 mm | $+0.005$ $+0.003$ | | | |
| | Medir diámetro de asiento impulsor | Eje | Micrómetro exteriores. 25– 50mm | | 34.90 mm. | $+0.000$ -0.011 | | | | |
| | (*Medir Rugocidad superficial de asiento de impulsor |  | Eje | | Rugocímetro | $0.8\mu m$ (N6) | N.A | | | |
| | Medir profundidad de canal chavetero de impulsor | Eje | Vernier | | 4.5mm | ± 0.1 | | | | |
| | Medir ancho de canal chavetero-impulsor | Eje | Vernier | | 9.52mm | ± 0.1 | | | | |
| | Medir diámetro de asiento de acople | Eje | Micrómetro exteriores. 50– 75mm | | 28.57mm | $+0.000$ -0.019 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|---|--------|--------------------------|---|------------------|------------------------|--|--|--|--|--|
| | Verificar ubicación de prisionero del ancho de anillo de desgaste | Anillo | Vernier |  | 8.00mm | ± 0.1 | | | | | |
| | Verificar luz entre el impulsor y anillo de desgaste. | Anillo | Calibrador de Gab | | 0.4mm | ± 0.0 | | | | | |
| 4 | Inspección de Tuerca | | | | | | | | | | |
| | Medir diámetro exterior | Tuerca | Micrómetro de exteriores |  | 41.00 mm | $+ 0.000$ $- 0.019$ | | | | | |
| | Medir longitud de tuerca | Tuerca | Vernier | | 22.35mm | ± 0.1 | | | | | |
| | Verificar paso de hilo | Tuerca | Cuenta-Hilos | | 12 hilos x pulg. | N.A | | | | | |
| 5 | Inspección de de Bocina de Desgate (Retenes) | | | | | | | | | | |
| | Medir Diámetro interno de retenes | Bocina | Vernier |  | 34.8 mm | ± 0.1 | | | | | |
| | Medir Espesor de retenes. | Bocina | Vernier | | 3.5 mm | ± 0.1 | | | | | |
| 6 | Inspección de Cajas de Rodamiento | | | | | | | | | | |
| | Medir diámetro interior de alojamiento de rodamiento pto 3 | Caja | Alezometro | | 72 mm | $+ 0.009$ $- 0.021$ | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------|---|--------|------------|--|--------|------------------------|--|--|--|--|
| | Medir diámetro interior de alojamiento de rodamiento pto 4 | Caja | Alezometro |  | 72 mm | $+ 0.009$ $- 0.021$ | | | | |
| | Medir profundidad de alojamiento pto3 | Caja | Vernier | | 45.4mm | ± 0.1 | | | | |
| | Medir profundidad de alojamiento pto4 | Caja | Vernier | | 45.4mm | ± 0.1 | | | | |
| | Medir ancho de anillo de tope de rodamiento pto 4 | Anillo | Vernier | | 4.75mm | ± 0.1 | | | | |
| 7 | Inspección adicional | | | | | | | | | |
| | Medir distancia de tope de rodamiento pto 3 a tope rodamiento pto 4 | - | Vernier | - | 556 mm | ± 0.1 | | | | |
| | Medir distancia de impulsor a tope de rodamiento pto 3 | - | Vernier | - | 231 mm | ± 0.5 | | | | |

| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
|--------|-----------|----------|----------|
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.2.2.5 Mantenimiento inicial

| | |
|--|------------------------------------|
| METODOLOGÍA TPM | |
| Procedimiento para la instalación de los rodamientos bipartidos | REV 12-6- 2019/Edición N° 1 |

Objetivo.

Establecer el procedimiento para la instalación de los rodamientos bipartidos a la planta, como parte de la implementación del TPM.

Descripción

- **Instalación de los rodamientos**

Procedimiento para el montaje y desmontaje de rodamiento bipartido.

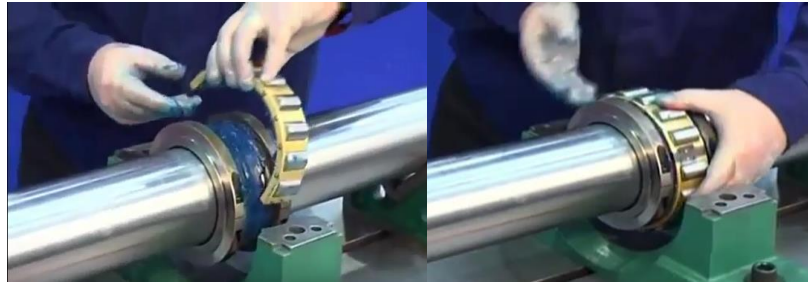
1. Verificación de control de calidad de rodamiento, es decir, verifique que todas las partes estén completas sin daño alguno.



2. Verificación de medidas de eje de acuerdo a las tolerancias establecidas en el formato 3Ts . Luego proceder con el montaje de pista interna evitando la contaminación (suciedad, polvo y humedad).



3. Lubricar pista interna con grasa mobilith SHC 220 para formar una película la cual proteja de rayaduras la pista y los rodillos cuando se instale.



4. Colocar grasa mobilith SHC 220 en los rodillos para formar una película de protección para evitar rayaduras, luego colocar pista externa verificando que las uniones estén desfasada a 90° para evitar solturas ajustar los pernos de unión de acuerdo al manual del fabricante para evitar daños en rodamiento.



5. Verificar limpieza y ajustes de pernos de unión de rodamientos y Colocar tapa de chumacera y realizar prueba de rodadura.



| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
|--------|-----------|----------|----------|
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.2.2.6 Mantenimiento en áreas administrativas

| | | |
|--|---|------------------------------------|
| | METODOLOGÍA TPM | |
| | Procedimiento del TPM en áreas administrativas | REV 12-6- 2019/Edición N° 1 |

Objetivo.

Establecer un procedimiento para las áreas administrativas en base a la mejora enfocada como parte de la implementación del TPM.

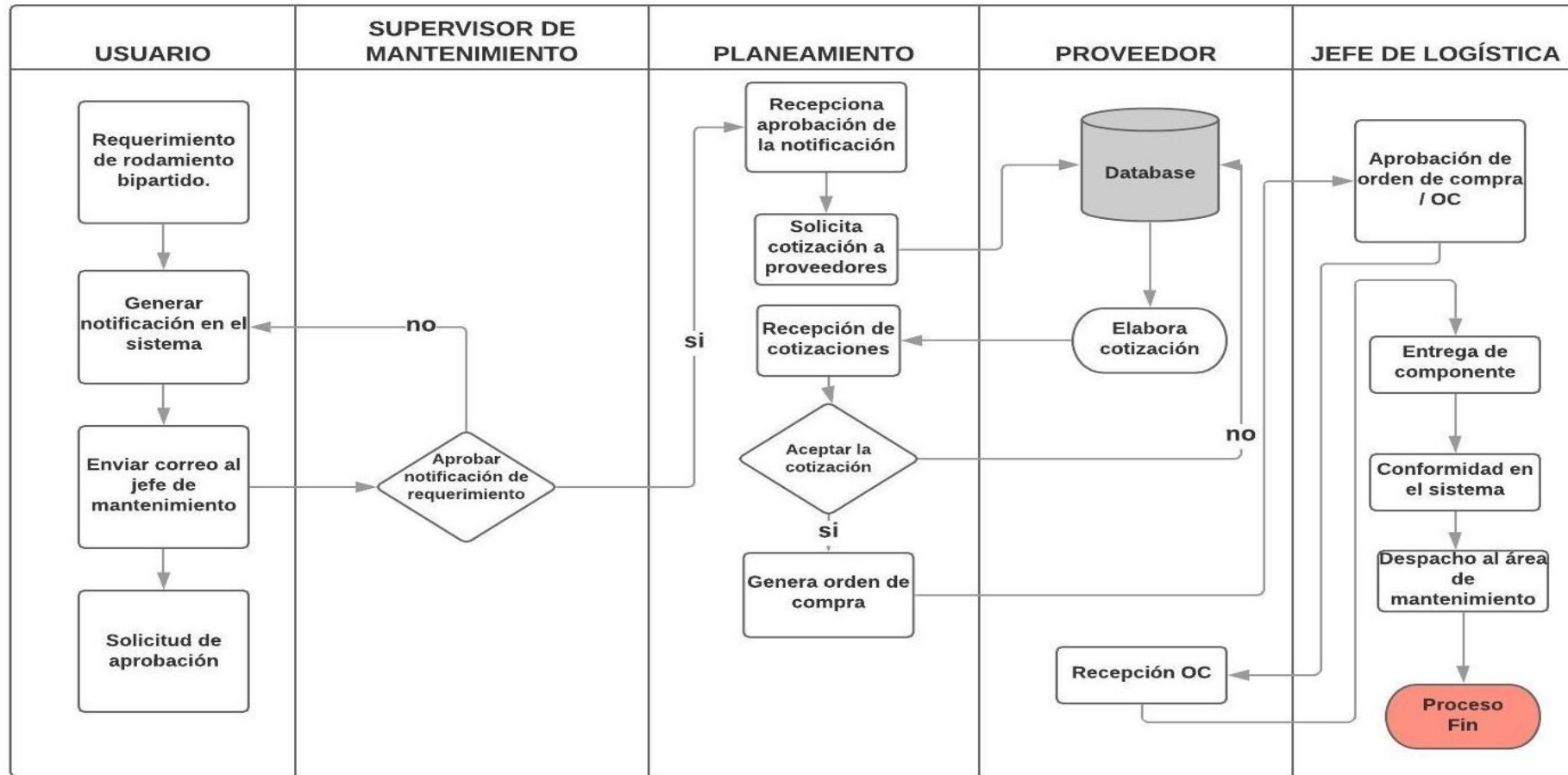
Responsabilidades principales para las áreas administrativas

Desde el punto de vista del TPM existen 2 grupos de responsabilidades principales para las áreas administrativas.

1. Procesar información, aconsejar y ayudar a las actividades de producción en su objetivo de mejorar continuamente y reducir los costos.
2. Facilitar a la empresa la tarea de responder rápidamente a los cambios lo cual implica mejorar su propia productividad y reducir sus costos. Incluye también ayudar en el desarrollo estratégico de la compañía velando por los objetivos de largo plazo.

Flujograma de áreas administrativas para mejora enfocada

En base a la mejora enfocada se ha diseñado un diagrama secuencial de actividades .



| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
|--------|-----------|----------|----------|
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.4.2.7 Educación y capacitación

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| | METODOLOGÍA TPM | |
| | Plan de Educación y Capacitación | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |

Objetivo.

Establecer el procedimiento para definir las capacitaciones que se realizarán como parte de la implementación del TPM.

Descripción

- Programas de educación e información

Las capacitaciones están enfocadas a la mejora continua y por ende deben ser constantes, sin embargo, se considera una capacitación inicial en las áreas de mantenimiento para dar a conocer la metodología del TPM que se aplicará en la planta.

En la siguiente tabla se muestran los temas planteados para las capacitaciones.

| Tema | Duración | Frecuencia | Expuesto por | Dirigido a: |
|---|-----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|
| Metodología del TPM | 20 minutos | Sólo una vez | Jefe de planta | Todo el personal |
| Objetivos de proyecto TPM a corto y mediano plazo | 20 minutos | Semestral | Jefe de planta | Todo el personal |
| OEE (Tipo de Paradas, registros de producción) | 30 minutos | Trimestral | Jefe de planta | Todo el personal |
| Mejora enfocada | 40 minutos | Sólo una vez | Supervisor de mantenimiento | Todo el personal |
| Desarrollo del mantenimiento autónomo | 20 minutos | Trimestral | Supervisor de mantenimiento | Todo el personal |
| Desarrollo del mantenimiento planificado | 20 minutos | Trimestral | Supervisor de mantenimiento | Todo el personal |
| Desarrollo del mantenimiento de calidad | 20 minutos | Trimestral | Supervisor de mantenimiento | Todo el personal |
| Orden y limpieza | 20 minutos | Mensual | Supervisor de operaciones | Todo el personal |
| Charla de seguridad | 5 minutos | diario | Prevencionista | Todo el personal |

Plan de capacitación en base al TPM.

a. Charla de sensibilización en mantenimiento autónomo a operadores.

Esta charla tiene como fin, concientizar a los operadores sobre la importancia que tiene el mantenimiento autónomo dentro del TPM y la empresa. Esta charla de sensibilización al personal de mantenimiento, fue impartida por el supervisor de mantenimiento.

La capacitación para el mantenimiento autónomo, consta de 4 módulos mostrados.

| Módulo | Duración | Encargado | Dirigido a |
|---|-----------------|-----------------------------|-------------------|
| Módulo 1: Principios de funcionamiento del elevador de cangilones. | 60 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores. |
| Módulo 2: Principios básicos de rodamientos estándar y bipartidos. | 60 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores. |
| Módulo 3: Lubricación y análisis de falla | 60 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores. |
| Módulo 4: Evaluación y reporte de falla en su etapa inicial y falla compleja. | 60 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores. |

Programa de capacitación en mantenimiento autónomo.

b. Charla de sensibilización en mantenimiento planificado a mecánicos y operadores.

Se plantea cuatro módulos para capacitar a los operadores y mecánicos de la planta en mantenimiento planificado.

| Módulo | Duración | Encargado | Dirigido a |
|--|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| Módulo 1: Aplicación del plan de mantenimiento. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores y mecánicos. |
| Módulo 2: Registro físico y análisis de fallas en rodamientos. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores y mecánicos. |
| Módulo 3: .Ingreso de datos a hoja excel. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores y mecánicos. |
| Módulo 4: Monitoreo de condiciones. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento | Operadores y mecánicos. |

Programa de capacitación en mantenimiento planificado.

c. Charla de sensibilización en mantenimiento de calidad a mecánicos.

Se plantea cuatro módulos para capacitar a los mecánicos de la planta, asegurando que empleen adecuadamente los formatos 3Ts y entrega formal de equipos.

| Módulo | Duración | Encargado | Dirigido a |
|--|-----------------|------------------------------|-------------------|
| Módulo 1: Interpretación del formato 3Ts. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento. | Mecánicos |
| Módulo 2: Aplicación del formato 3T. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento. | Mecánicos |
| Módulo 3: Comparación de los datos del formato 3T con los componentes desmontados. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento. | Mecánicos |
| Módulo 4: Aplicación del formato entrega de equipos. | 30 minutos | Supervisor de mantenimiento. | Mecánicos |

Programa de capacitación en mantenimiento de calidad.

d. Charla de sensibilización en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Esta charla tiene como fin, concientizar a los operadores sobre la importancia que tiene la seguridad, salud ocupacional y el medio ambiente dentro del TPM y la empresa. Esta charla de sensibilización al personal de mantenimiento, fue impartida por el supervisor de seguridad y medio ambiente.

| Módulo | Duración | Encargado | Dirigido a |
|--|-----------------|---------------------|---------------------------------------|
| Módulo 1: Llenado del IPERC. | 30 minutos | Supervisor de SSOMA | Operadores, mecánicos y supervisores. |
| Módulo 2: Medidas de control para el IPERC. | 30 minutos | Supervisor de SSOMA | Operadores, mecánicos y supervisores. |
| Módulo 3: Llenado de reporte medio ambiental. | 30 minutos | Supervisor de SSOMA | Operadores, mecánicos y supervisores. |
| Módulo 4: Medidas de control medioambientales. | 30 minutos | Supervisor de SSOMA | Operadores, mecánicos y supervisores. |

Programa de capacitación en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

- **Programas de evaluación de aprendizaje**

Posteriormente a las capacitaciones se hará seguimiento en campo al personal entrenado para verificar si cumplen con la metodología aprendida, para ello se plantea el siguiente cuadro de evaluación:

| Tarea | Habilidad Requerida | Código del operador | Nivel de habilidad |
|---|---------------------|---------------------|--------------------|
| Conocimiento del sistema de bloqueos de equipos. | | | |
| Conocimiento del equipo y sus componentes internos. | | | |
| Conocimiento de la aplicación de la 3Ts. | | | |
| Conocimiento de aplicación de tolerancias de acuerdo al formato 3T. | | | |
| Desarmado y armado de rodamiento bipartido. | | | |
| Aplicación del formato de entrega de equipo. | | | |
| Mantenimiento preventivo / limpieza | | | |
| Lubricación, ajustes | | | |
| Limpieza | | | |
| Seguridad personal | | | |
| Total | | | |

Formato para evaluación del aprendizaje.

Se plantea la siguiente tabla, para medir el nivel de habilidad adquirida por los operadores.

| Nivel de Habilidad | Descripción/Atributos/comentarios |
|--------------------|--|
| 1 | Trabajador, básicamente sin habilidades; está aprendiendo como operar el equipo; inseguro(a) de sí mismo(a), necesita supervisión continua. |
| 2 | Puede operar equipos, conoce el proceso básico. Necesita asistencia ocasional. No conoce bien el equipo, pocas veces reconoce un equipo que esté funcionando mal o algún problema. |
| 3 | Opera los equipos con confianza y necesita muy poca asistencia. Reconoce cuando un equipo funciona mal o cuando hay problemas de calidad, pero no los puede corregir. |
| 4 | Conoce muy bien el equipo y lo opera a un alto nivel de confianza. No necesita supervisión. Comprende la relación entre rendimiento del equipo y la calidad/productividad. Reconoce cuando un equipo funciona. |

Nivel de habilidad adquirida por el operario.

| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
|--------|-----------|----------|----------|
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.4.2.8 Seguridad y medio ambiente

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| | METODOLOGÍA TPM | |
| | Procedimiento de seguridad y medio ambiente | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |

Objetivo.

Establecer el procedimiento en seguridad y medio ambiente como parte de la implementación del TPM.

Descripción

En esta etapa los operadores y mecánicos deben identificar peligros, evaluar riesgos y accionar medidas de control de las actividades que practican como parte de la implementación del TPM.

Consideraciones

- El proceso debe ser documentado priorizando los riesgos críticos y realizando las acciones correctivas pertinentes.
- Se debe registrar el IPERC en el formato diario IPERC001-2019 y realizar la inspección de rutina ambiental antes de iniciar las labores de mantenimiento.
- En las charlas diarias se debe difundir el IPERC priorizando los riesgos altos y extremos.

a. Seguridad y salud ocupacional

Identificación de factores de riesgo o peligros

Un factor de riesgo es un agente o contaminante presente en el ambiente, pudiendo ser físico, químico, biológico y ergonómico. (RM N° 375-2008-TR).

- a) **Factor de riesgo físico:** Se refiere a todos aquellos factores ambientales que depende de las propiedades físicas de los cuerpos como: Ruido, Vibraciones, Iluminación, Radiaciones Ionizantes y No ionizantes, Temperatura, que actúan sobre los tejidos y órganos del cuerpo del trabajador y que puede producir efectos nocivos, de acuerdo con la intensidad y tiempo de exposición de los mismos.

b) Factor de riesgo químico: Son todos aquellos elementos y sustancias presentes en el ambiente de trabajo que, al entrar en contacto con el organismo, puede ocasionar daños al cuerpo del trabajador, de acuerdo con la intensidad y tiempo de exposición de los mismo, pudiendo presentándose como: Polvo orgánica o inorgánica, Gases, Vapores, Humos de Soldadura, niebla.

c) Factor de riesgo biológico: En este caso encontramos un grupo de agentes orgánicos como los hongos, virus, bacterias, parásitos, entre otros, presentes en determinados ambientes laborales, que pueden desencadenar enfermedades infectocontagiosas, reacciones alérgicas o intoxicaciones al ingresar al organismo.

d) Factor de riesgo ergonómico: Involucra todos aquellos agentes o situaciones que tienen que ver con la adecuación del trabajo, o los elementos de trabajo a la fisonomía humana. Representan factor de riesgo los objetos, puestos de trabajo, máquina, equipos y herramientas cuyo peso, tamaño, forma y diseño pueden provocar lesiones diversas.

Los elementos del riesgo para su redacción serán suceso y consecuencia tomando en cuenta los siguientes criterios:

Criterios para redacción de los elementos de riesgo.

| Suceso | Consecuencia |
|-------------|---------------------------------------|
| Exposición | Enfermedades respiratorias |
| Inhalación | Enfermedades auditivas |
| Absorción | Enfermedades infectocontagiosas |
| Contacto | Enfermedades musculo esqueléticas |
| Penetración | Disconfor térmico, acústico, lumínico |
| Ingestión | Entre otros |

RM N° 375-2008-TR: Norma Básica de Evaluación de Riesgos y Procedimiento Ergonómicos.

A continuación, se muestra el índice de probabilidad y severidad, los mismos que se utilizarán para dicho procedimiento:

Probabilidad del riesgo

| Probabilidad | | | | |
|--------------|--------------------|---|--|-------------------------------|
| | Personas expuestas | Procedimientos existentes | Capacitación del personal | Exposición al riesgo |
| | IPE | IP | IC | IE |
| 1 | de 1 a 3 | Existen, son satisfactorios y suficientes | Personal entrenado, conoce el peligro y lo previene. | Al menos una vez al año (seg) |
| 2 | de 4 a 12 | Existen parcialmente, y no son satisfactorios o suficientes | Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro pero no toma acciones de control. | Al menos una vez al mes (seg) |
| 3 | más de 12 | No existen | Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control. | Al menos una vez al día (seg) |

RM N° 050-2013-TR. RM N° 375-2008-TR: Norma Básica de Evaluación de Riesgos.

Índice de Severidad del riesgo

| Severidad | |
|-----------|--|
| índice | Severidad Consecuencia Is |
| 1 | Lesión sin incapacidad (seg) Discomfort / incomodidad (so) |
| 2 | Lesión con incapacidad temporal (seg) Daño a la salud reversible (so) |
| 3 | Lesión con incapacidad permanente (seg) Daño a la salud irreversible (so) |

RM N° 050-2013-TR. RM N° 375-2008-TR: Norma Básica de Evaluación de Riesgos

Valoración del riesgo, con el valor del riesgo obtenido y comparándolo con el valor tolerable, se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión.

Interpretación de la valoración del riesgo

| Nivel de riesgo | Interpretación/ Significado |
|------------------------|---|
| Intolerable | No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo. |
| Importante | No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. |
| Moderado | Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. |
| | Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas (mortal o muy graves), se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control. |
| Tolerable | No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. |
| | Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control. |

RM N° 050-2013-TR. RM N° 375-2008-TR: Norma Básica de Evaluación de Riesgos.

Formato IPERC001-2019 - Proceso de identificación, evaluación y control de riesgos ocupacionales- Mantenimiento
IPERC

| Severidad | Matriz de evaluación de riesgos | | | | | |
|--------------|---------------------------------|-------------------|-------------|----------------|-----------------|------------------------------------|
| | A | B | C | D | E | |
| Catastrófico | 1 | A | A | A | A | M |
| Fatalidad | 2 | A | A | A | M | B |
| Permanente | 3 | A | M | M | B | B |
| Temporal | 4 | M | M | B | B | B |
| Menor | 5 | M | B | B | B | B |
| | | A | B | C | D | E |
| | | Común | Ha sucedido | Podría Suceder | Raro que suceda | Prácticamente imposible que suceda |
| | | FRECUENCIA | | | | |

| Nivel de riesgo | | Descripción | Plazo de corrección |
|-----------------|-------|--|---------------------|
| | ALTO | Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos, si no se puede controlar PELIGRO se paraliza los trabajos operacionales en la labor | 0-24 horas |
| | MEDIO | Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata. | 0-72 horas |
| | BAJO | Este riesgo puede ser controlable. | 1 mes |

| ÁREA: | | | | | PETS: | | | |
|--|--------|--------------------|---|--------------|----------------------------------|-----------------|---|---|
| IPERC DIARIO REALIZADO POR EL OPERADOR Y/O MECÁNICO | | | | | | | | |
| DESCRIPCION DEL PELIGRO | RIESGO | EVALUACION INICIAL | | | MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR | RIESGO RESIDUAL | | |
| | | A | M | B | | A | M | B |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| SUPERVISOR | | CARGO | | FIRMA | | FECHA | | |

Formato referencial del modelo de IPERC

b. Medio ambiente

| | | | |
|--|---------------------------------------|------------------|----------|
| | INSPECCION DE RUTINA AMBIENTAL | Versión: | 02 |
| | | Fecha Aprobación | 03/06/19 |

LUGAR DE INSPECCIÓN _____ **FECHA** _____

 Colocar un si es SI, una si es NO y una si No Aplica

| ÍTEM | FUNCIONAMIENTO / ESTADO | OBSERVACIONES |
|--------------------|--|---------------|
| VENTILACIÓN | | |
| 01 | El ambiente tiene adecuadas condiciones de ventilación en general. | |
| 02 | La ventilación natural es suficiente | |
| 03 | De existir manipulación o uso de materiales peligrosos, el área está adecuadamente ventilado. | |
| 04 | De existir focos de generación de contaminantes (polvo, humo, nieblas, gases o vapores), el área está adecuadamente. | |
| 05 | El almacenamiento de materiales peligrosos se realiza en un ambiente ventilado. | |
| 06 | En el caso de utilizarse sistemas de aire acondicionado se asegura su adecuado funcionamiento. | |
| 07 | Existe presencia de derrames en el área. | |
| 08 | Las máquinas no presentan fugas. | |
| ILUMINACIÓN | | |
| 09 | Los niveles de iluminación cumplen con lo recomendado. | |
| 10 | Las ventanas están limpias y libres de obstrucciones, siempre y cuando esto no genere deslumbramiento. | |
| 11 | Las paredes están limpias favoreciendo la iluminación. | |
| 12 | Los reflectores, luminarias, accesorios, focos, fluorescentes y otros elementos están limpios y en buenas condiciones. | |
| 13 | Se cuenta con un solo color de luz y/o tipo de luminaria para evitar contrastes que provoquen fatiga visual. | |
| ORDEN Y LIMPIEZA | | |
| 14 | El área de trabajo se encuentra limpio y ordenado. | |
| 15 | Cuentan con depósitos para almacenamiento de sus Residuos generados | |
| SUMINISTRO DE AGUA | | |
| 16 | Las conexiones para el agua y accesorios están en condiciones adecuadas sin fugas. | |
| 17 | El reservorio de agua se encuentran en óptimas condiciones. | |
| GENERAL | | |
| 18 | Se observa que existen identificación mediante letreros del Área de trabajo. | |
| 19 | Se visualizan los Kit de emergencia, extintores y señalizaciones de emergencia. | |
| 20 | Cuentas con Hojas de Seguridad (MSDS) de los productos que utilizan | |
| 21 | Se encuentran desconectados los equipos y/o maquinarias cuando no están siendo usados. | |

| | | | |
|--------|-----------|----------|----------|
| | Elaborado | Revisado | Aprobado |
| Nombre | | | |
| Firma | | | |

3.2.3 Implementación de la metodología TPM

La empresa, asumió el compromiso para la implementación del TPM, se planteó una reunión con el gerente, el jefe de planta y supervisores, para dar conocer cuáles son los objetivos, beneficios y que acciones que se deben de realizar para alcanzar la aplicación de un sistema de gestión en base a TPM para mejorar el mantenimiento dentro la empresa.

Se empezó con el inicio en la formación del comité TPM mostrado en la figura 20.

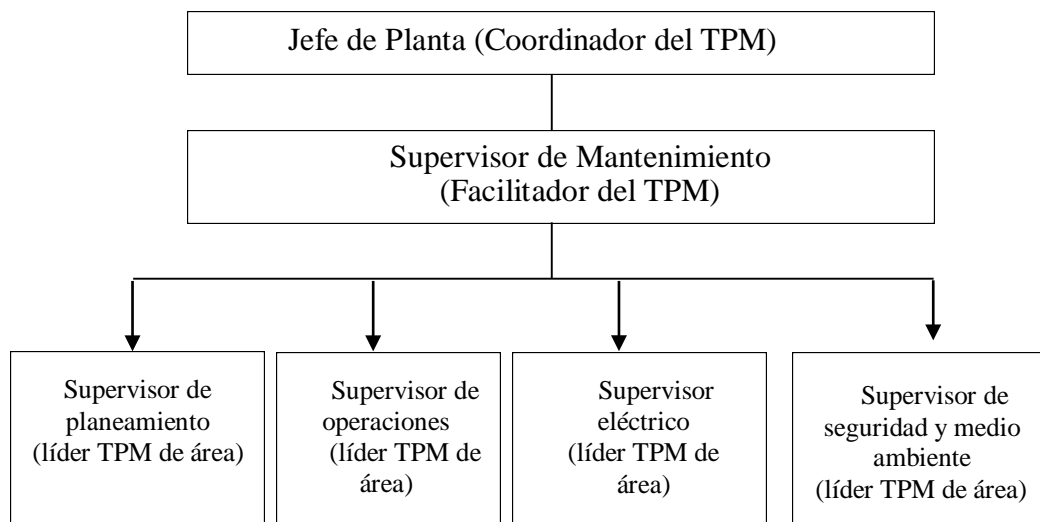


Figura 20: Organigrama del comité TPM.

Las funciones del Coordinador del TPM serán: planear y apoyar en la instalación del TPM, desarrollar y conducir el entrenamiento, dar asistencia en el desarrollo y ejecución del entrenamiento de habilidades, mantener un inventario de habilidades, medir los avances y éxitos y proveer el enlace con el comité directivo.

Las funciones del comité directivo de TPM serán: proveer guías generales y liderazgo, establecer las metas, desarrollar la visión, estrategias y políticas del TPM, apoyar en la instalación del TPM a través del financiamiento y personal, monitorear el avance y el éxito de la instalación y dar asistencia en las relaciones públicas (anuncios, artículos, etc.).

3.2.3.1 Capacitación en base a los ocho pilares TPM

En la tabla 21 se aprecia, la programación empleada para las capacitaciones, éstas se brindaron con la finalidad que todos los colaboradores se involucren con los conocimientos necesarios para una eficiente implementación de la metodología TPM.

Tabla 21

Programación de las capacitaciones de la metodología TPM

| Tema | Duración | Dirigido a: |
|---|-----------------|--------------------|
| Metodología del TPM | 20 minutos | Todo el personal |
| Objetivos de proyecto TPM a corto y mediano plazo | 20 minutos | Todo el personal |
| OEE (Tipo de Paradas, registros de producción) | 30 minutos | Todo el personal |
| Mejora enfocada | 40 minutos | Todo el personal |
| Desarrollo del mantenimiento autónomo | 20 minutos | Todo el personal |
| Desarrollo del mantenimiento planificado | 20 minutos | Todo el personal |
| Desarrollo del mantenimiento de calidad | 20 minutos | Todo el personal |
| Orden y limpieza | 20 minutos | Todo el personal |
| Charla de seguridad | 5 minutos | Todo el personal |

Capacitaciones en base a la metodología TPM.



Figura 21: Personal capacitándose en la metodología TPM.

3.2.3.2 Implementación de los rodamientos bipartidos

Se implementó la mejora enfocada basada en el empleo de los rodamientos bipartidos, que son de fácil desmontaje, reduciendo el tiempo de mantenimiento de 30 horas con el rodamiento estándar oscilante convencional a 5 horas de mantenimiento con el rodamiento bipartido.



Figura 22: Rodamiento bipartido.

3.2.3.3 Implementación de procedimientos y formatos

Se implementó la documentación en base a la metodología TPM.

| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Procedimiento para el mantenimiento autónomo</td> <td>REV 12-6- 2019/ Edición N° 1</td> </tr> </table> | | METODOLOGÍA TPM | | Procedimiento para el mantenimiento autónomo | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Procedimiento del TPM en áreas administrativas</td> <td>REV 12-6- 2019/Edición N° 1</td> </tr> </table> | | METODOLOGÍA TPM | | Procedimiento del TPM en áreas administrativas | REV 12-6- 2019/Edición N° 1 |
|--|------------------------------|-----------------|--|---|------------------------------|---|-----------------------------|-----------------|--|--|------------------------------|
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento para el mantenimiento autónomo | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | | | | | | | | | | |
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento del TPM en áreas administrativas | REV 12-6- 2019/Edición N° 1 | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Procedimiento para el mantenimiento planificado</td> <td>REV 12-6- 2019/ Edición N° 1</td> </tr> </table> | | METODOLOGÍA TPM | | Procedimiento para el mantenimiento planificado | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Plan de Educación y Capacitación</td> <td>REV 12-6- 2019/ Edición N° 1</td> </tr> </table> | | METODOLOGÍA TPM | | Plan de Educación y Capacitación | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento para el mantenimiento planificado | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | | | | | | | | | | |
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Plan de Educación y Capacitación | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Procedimiento para el mantenimiento de calidad</td> <td>REV 12-6- 2019/ Edición N° 1</td> </tr> </table> | | METODOLOGÍA TPM | | Procedimiento para el mantenimiento de calidad | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Procedimiento de seguridad y medio ambiente</td> <td>REV 12-6- 2019/ Edición N° 1</td> </tr> </table> | | METODOLOGÍA TPM | | Procedimiento de seguridad y medio ambiente | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 |
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento para el mantenimiento de calidad | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | | | | | | | | | | |
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento de seguridad y medio ambiente | REV 12-6- 2019/ Edición N° 1 | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">METODOLOGÍA TPM</th> </tr> <tr> <td>Procedimiento para la instalación de los rodamientos bipartidos</td> <td>REV 12-6- 2019/Edición N° 1</td> </tr> </table> | | | | METODOLOGÍA TPM | | Procedimiento para la instalación de los rodamientos bipartidos | REV 12-6- 2019/Edición N° 1 | | | | |
| METODOLOGÍA TPM | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento para la instalación de los rodamientos bipartidos | REV 12-6- 2019/Edición N° 1 | | | | | | | | | | |

Figura 23: Procedimientos y formatos.

3.2.3.4 Aplicación de programas de evaluación del aprendizaje

Posteriormente a las capacitaciones se realizó el seguimiento en campo al personal entrenado para verificar si cumplen con la metodología aprendida, para ello se plantea el siguiente cuadro de evaluación:

Tabla 22

Aplicación de programas de aprendizaje de la metodología TPM

| Tarea | Habilidad Requerida | Código del operador | Nivel de habilidad |
|---|---------------------|---------------------|--------------------|
| Conocimiento del sistema de bloqueos de equipos. | | | |
| Conocimiento del equipo y sus componentes internos. | | | |
| Conocimiento de la aplicación de la 3Ts. | | | |
| Conocimiento de aplicación de tolerancias de acuerdo al formato 3T. | | | |
| Desarmado y armado de rodamiento bipartido. | | | |
| Aplicación del formato de entrega de equipo. | | | |
| Mantenimiento preventivo / limpieza | | | |
| Lubricación, ajustes | | | |
| Limpieza | | | |
| Seguridad personal | | | |
| Total | | | |

Evaluación en campo del aprendizaje de la metodología TPM.



Figura 24: Aplicación de programas de aprendizaje en base a la metodología TPM implementada.

3.3 Analizar los resultados de la implementación de la metodología TPM en los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal.

En la tabla 23 se muestra los resultados de la implementación de la metodología TPM, en los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos críticos de una planta de cal.

Tabla 23

Resultados de la implementación de la metodología TPM en el tiempo de paradas de planta

| | Horas de parada de planta de equipos críticos | Eficiencia global de los equipos críticos (OEE) |
|--------------------|--|--|
| Implementación TPM | Reducción a 84 horas | Mejora a 92% |

La tabla muestra que después de la implementación de la metodología TPM han disminuido las horas de parada de planta en equipos críticos y la OEE ha mejorado.

3.3.1 Análisis de la mejora de la eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal

- Disponibilidad después de la implementación TPM

La disponibilidad máxima establecida por el área de mantenimiento de la empresa para los equipos críticos de la planta es de 95%, por ello se analizó la disponibilidad de los equipos críticos después de la implementación del TPM desde enero hasta junio del 2019, los resultados se muestran en la tabla 24, evidenciando que la nueva disponibilidad promedio es 98 % sobrepasando a lo establecido por la empresa.

La disponibilidad mejoró de 94% a 98% debido a la aplicación de los pilares de TPM, básicamente a la mejora enfocada que nos recomienda cambios para mejorar, optando por el cambio de rodamiento estándar oscilante a rodamiento bipartido; reduciendo el tiempo de parada por mantenimiento de equipos críticos – cambio de rodamiento de 30 a 5 horas, afectando directamente a la disponibilidad de los equipos.

Tabla 24
Historial de horas de parada después de la implementación TPM

| Historial de horas de parada después del TPM de Enero a Junio 2019 | | |
|---|---------------------|----------------------------|
| Equipo - Elevador y fajas | # de Paradas | MTTR Total en horas |
| Rotura de sello de laberinto. | 1 | 04:00:00 |
| Temperatura alta de rodamientos. | 1 | 05:00:00 |
| Falla de canastilla de rodamiento. | 1 | 05:00:00 |
| Falla de rodillos de rodamiento. | 2 | 10:00:00 |
| Soltura de rodamientos. | 3 | 15:00:00 |
| Rotura de eje. | 0 | 00:00:00 |
| Desgaste de alojamiento. | 1 | 08:00:00 |
| Rotura de alojamiento. | 1 | 08:00:00 |
| Rotura de engranajes. | 1 | 20:00:00 |
| Falla en alta vibración. | 1 | 05:00:00 |
| Desalineamiento. | 1 | 04:00:00 |
| Eventos totales | 13 | 84:00:00 |
| Horas de trabajo/ día | | 24 |
| Total horas/ semestre | | 4380 |
| Disponibilidad operativa | | 98% |

La disponibilidad después de la implementación del TPM ha sido calculada en los equipos críticos de planta del periodo de enero a junio 2019.

- Rendimiento después de la implementación TPM

Después de la implementación del TPM, el rendimiento ha sido calculado en base a lo que se deja de producir por paradas de planta, el detalle se muestra en la tabla 25.

El rendimiento mejoró de 93% a 94% debido a la reducción de horas de parada, de 508 antes de la implementación del TPM a 84 horas después de la implementación en el periodo de enero a junio del 2019, esta reducción de horas de parada influye directamente en la producción de cal.

Tabla 25

Producción perdida por paradas de planta no programadas después de la implementación TPM

| Producción de cal | | |
|---|------------|--------------|
| Producción/hora | 6 | Ton/Hora |
| Producción/día | 72 | Ton/Día |
| Producción/Semestre 100% | 26280 | Ton/Semestre |
| Producción estimada al 95% con mantenimiento | 24966 | Ton/Semestre |
| Producción | | |
| Total Horas perdidas/ equipos críticos | 84 | Horas |
| Pérdida de producción de caliza | 504 | Ton/Semestre |
| Pérdida de producción de cal | 210 | Ton/Semestre |
| Producción actual con paradas de mantenimiento no programadas | 24756 | Ton/Semestre |
| Producción | 94% | |

La producción perdida después de la implementación del TPM ha sido calculada en base a la producción de los equipos críticos de planta del periodo de enero a junio 2019.

- Calidad después de la implementación TPM

La calidad después de la implementación TPM, fue calculada en el periodo de enero a junio 2019 en base a la cantidad de cal mal quemada que se produce en una parada prolongada por reinicio del horno, esta cal es de baja Ley y fuera de los estándares de la calidad establecida, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26

Calidad- Producción de cal de mala Ley después de la implementación TPM

| Historial de horas de parada por distintas fallas | | |
|--|-------------------------------|---------|
| Equipo | Horas anuales perdidas | |
| Elevador de Cangilones y fajas. | 84 | |
| Producción de mala Ley | | |
| Consecuencia | Horas anuales perdidas | |
| Reinicio Horno | 20 | |
| Producción actual con paradas de mantenimiento no programadas | | |
| Producción total | 24756 | Ton/Año |
| Producción Mala Ley | 50 | Ton/Año |
| Calidad | 99.8% | |

Después de la implementación del TPM ha sido calculada la producción de mala ley de los equipos críticos de planta del periodo de enero a junio 2019.

- Eficiencia global de los equipos críticos

En la tabla 27 se muestra la eficiencia global de los equipos críticos de planta (Elevador de cangilones y fajas) calculada en base a los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad, obteniendo una OEE de 86.54% al inicio y 92% después de la implementación del TPM, superando el estándar de OEE de la empresa 90%.

Tabla 27

Cálculo de la eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal después de la implementación de la metodología TPM

| Periodo | Disponibilidad (%) | Rendimiento (%) | Calidad (%) | OEE (%) |
|------------------|--------------------|-----------------|-------------|---------|
| Enero-Junio 2019 | 98 | 94 | 99.8 | 92% |

La eficiencia global de los equipos críticos de la planta de cal ha sido calculada en base a disponibilidad, rendimiento y calidad de enero a junio 2019.

3.3.2 Análisis de la reducción del tiempo de parada de planta de los equipos críticos después de la implementación TPM

Mediante la implementación de los 08 pilares del TPM, en la mejora enfocada se optó por cambiar el diseño de rodamientos estándar oscilantes utilizados en el elevador de cangilones y fajas transportadoras, por los rodamientos bipartidos.

El tiempo máximo del cambio de rodamiento bipartido es 5 horas, de acuerdo a manual del fabricante y condiciones actuales del equipo.

La reducción del tiempo para el cambio de rodamientos de 30 a 5 horas afecta directamente a la disponibilidad, calidad, rendimiento y por ende a la disminución del tiempo total de paradas de 508 a 84 horas MTTR totales promedio.

3.3.3 Resumen de la operacionalización de las variables después de la implementación TPM

En la tabla 28 se muestra el resumen de la operacionalización de variables antes y después de la implementación de la metodología TPM.

Tabla 28

Resumen de la operacionalización de las variables después de la implementación TPM

| Variables | Dimensión | Indicador | Resultado Inicial | Resultado después de la implementación TPM | Indicador Estándar | Variación | Análisis |
|--|-----------------------------|--|-------------------|--|--------------------|-----------|---|
| Variable independiente: Implementación de la metodología TPM | Eficiencia Global | Disponibilidad | 94% | 98% | 95% | +4% | Se redujo el tiempo de mantenimiento por cambio de rodamientos estándar a bipartidos. |
| | | Rendimiento | 93% | 94% | 95% | +1% | Disminuyendo el tiempo de parada se aumentó la producción de cal. |
| | | Calidad | 99% | 99.80% | 95% | +0.80% | Disminuyendo los tiempos de parada se evito paradas de horno obteniendo menos cal de baja Ley. |
| Variable Dependiente: Tiempos de paradas por mantenimiento de equipos críticos | Tiempo de paradas de planta | OEE | 86.54% | 92% | 90% | +5.46% | Se mejoró la eficiencia global de los equipos críticos de planta. |
| | | MTTR Total de paradas de planta por mantenimiento de equipos críticos. | 508 horas | 84 horas | 438 h | - 424 h | Se optó por cambiar el diseño del rodamiento de estándar a bipartido, mejorando el tiempo de mantenimiento de 30 a 5 horas por fallo. |

Resumen de operacionalización de variables después de la implementación TPM en el periodo de enero a junio 2019.

3.4 Análisis económico, beneficio-costo de la implementación del TPM

El beneficio con la implementación del TPM en una planta de cal, se verá reflejado con el ahorro generado en el aumento de la producción por la disminución de tiempos de paradas de planta por mantenimiento de equipos críticos, como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29

Ahorro generado después de la implementación TPM

| Periodo | Horas parada antes del TPM | Tonelada/hora | Producción que se deja de producir (Tn) | Pérdida de producción cal | Costo Tonelada USD | Pérdida USD | Ahorro total USD |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| Enero - Diciembre 2018 | 508 | 6 | 3048 | 1270 | 120 | 152400 | 127200 |
| Enero - Junio 2019 | 84 | 6 | 504 | 210 | 120 | 25200 | |

Resumen del ahorro generado después de la implementación TPM.

Después de realizarse la implementación del TPM, se obtuvo una disminución de 424 horas de parada de planta por mantenimiento de equipos críticos, esto afectó directamente a un aumento en la producción del 83%, ya que inicialmente se dejaba de producir 1270 tn de cal, equivalente a 152400 USD; después de la implementación de la metodología TPM en un periodo de 06 meses se dejó de producir 210 tn de cal, equivalente a 25200 USD, existiendo un ahorro total de 127 200 USD.

En la tabla 30, se calculó el monto inversión que se requiere para la implementación de la metodología TPM.

Tabla 30
Inversión para la implementación de la metodología TPM

| Pilar TPM | Inversión Cantidad | Costo unitario USD | Cantidad | Costo |
|---|---|---------------------------|-----------------|--------------|
| Mejora enfocada | Rodamientos bipartidos | 1200 | 2 | 2400 |
| | Elaboración de la estructura del mantenimiento autónomo | 250 | 1 | 250 |
| | Elaboración del diagrama de actividades y responsabilidades del mantenimiento autónomo. | 250 | 1 | 250 |
| Mantenimiento autónomo | Elaboración de tarjetas rojas | 100 | 1 | 100 |
| | Elaboración de la ficha de orden y limpieza | 100 | 1 | 100 |
| | Elaboración de identificación de fallas | 100 | 1 | 100 |
| | Elaboración de ficha de mantenimiento autónomo | 100 | 1 | 100 |
| | Elaboración del registro de fallas | 150 | 1 | 150 |
| | Elaboración de actividades de operación y mantenimiento | 150 | 1 | 150 |
| Mantenimiento planificado | Elaboración del check list de los quipos críticos de planta | 100 | 1 | 100 |
| | Elaboración de calendario de inspección y mantenimiento | 150 | 1 | 150 |
| | Elaboración de la ficha de entrega formal de equipos | 150 | 1 | 150 |
| Mantenimiento de calidad | Elaboración de la ficha 3Ts | 300 | 1 | 300 |
| Mantenimiento inicial | Instalación del rodamiento | 300 | 1 | 300 |
| | Prueba del rodamiento | 100 | 1 | 100 |
| Mantenimiento en áreas administrativas | Elaboración de la ficha del nuevo flujograma | 100 | 1 | 100 |
| | Elaboración del plan de capacitación enfocada al TPM. | 150 | 1 | 150 |
| Educación y capacitación | Elaboración del plan de capacitación sobre el mantenimiento autónomo, planificado y de calidad. | 600 | 1 | 600 |
| Seguridad y medio ambiente | Capacitación de exposición a riesgos en base a la implementación de la metodología TPM. | 150 | 1 | 150 |
| Total USD | | | | 5700 |

Inversión para la implementación del TPM.

Cálculo del beneficio costo de la inversión

En la tabla 31 se muestra el ahorro en producción por reducción de horas de parada de planta en comparación con el costo de inversión si no se decide implementar y poner los fondos en una entidad bancaria.

Tabla 31

Cálculo beneficio/costo de la implementación de la metodología TPM

| | |
|--|--------------|
| Ahorro total en producción por reducción de horas de parada de planta (Beneficio) | \$127,200.00 |
| Costo de inversión para la implementación del TPM | \$5,700.00 |
| Total de costos proyectados(Contra Beneficio: Oportunidad de inversión en entidad bancaria) | \$262.20 |
| 4.6%(Interés bancario a plazo fijo) | |
| <hr/> | |
| Parámetros para el cálculo del beneficio/costo de la implementación del TPM. | |

Reemplazando en la ecuación de la razón del cálculo B/C, se obtiene:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficio- contrabeneficio}}{\text{Costo}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\$127,200.00 - \$262.20}{\$5,700.00}$$

$$\frac{B}{C} = 22.27$$

C

(El resultado de la razón es >1)

B/C > 1 indica que los beneficios superan a los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Después de realizar esta investigación, podemos contrastar datos, siendo nuestro primer punto que las empresas que no cuentan con la implementación de la metodología TPM, tienden a presentar ocurrencia de cualquiera de las seis grandes pérdidas, así también lo manifiesta el (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta, 2015) esto quedó demostrado cuando analizamos el histórico brindado por la empresa, encontrando efectivamente evidencia de excesivos tiempos de paradas de planta que afectaban directamente a la producción.

De acuerdo a nuestro diagnóstico situacional de las paradas de planta, podemos afirmar que la carencia de la metodología TPM contribuye a que la planta no este operativa al 100%. (Alejano, 2019) y (Burga, 2018) demuestran en sus tesis, que con la implementación de la metodología TPM la eficiencia global de la planta se ha visto mejorada, así mismo, hemos podido corroborar que el excesivo tiempo de las paradas de planta, se reflejaban en los indicadores de disponibilidad, rendimiento, calidad y por ende en la eficiencia global, evidenciando parámetros no adecuados acorde a lo establecido por la empresa.

Para la implementación de la metodología TPM se han considerado ocho pilares, que han sido diseñados en base al diagnóstico situacional, éstos abarcan mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, planificado, de calidad, inicial, en áreas administrativas, educación, capacitación, seguridad y medio ambiente, estos abarcan el cambio del rodamiento estándar oscilante a bipartido, procedimientos, formatos, capacitaciones donde se involucran a todas las áreas de la empresa.

Después de realizar la implementación podemos determinar que incrementaron los indicadores de disponibilidad de 94% a 98%, rendimiento de 93% a 94%, la calidad de 99% a 99.8%, como consecuencia la OEE incrementó de 86.54% a 92%, disminuyendo el MTTR total de paradas de planta de de 508 horas a 84 horas, lo que genera asegurar una mejor producción. Así también lo demuestran en su tesis Altamirano, G. (2017) Angeles, J. (2017), quienes vieron mejorada la producción con la disminución de las seis grandes pérdidas.

Finalmente, en base al ahorro estimado de 127200 dólares semestrales, se logró realizar el análisis económico beneficio-costos de la implementación del TPM, obteniendo un valor de 22.27, indicando el proyecto debe ser considerado, ya que genera mayor beneficio para la empresa la inversión que implica la implementación de la metodología TPM antes que presentar pérdidas económicas en cuanto a la producción generado por los tiempos de paradas de planta.

4.2 Conclusiones

- Se logró realizar el diagnóstico situacional del tiempo de paradas de planta por mantenimiento de los equipos críticos, siendo la causa raíz, el diseño del rodamiento estándar, generando un MTTR total de 508 horas, estando por debajo del estándar establecido por la empresa de 438 horas.
- Se logró realizar un diagnóstico de la eficiencia global (OEE) de los equipos críticos de la planta de cal, siendo la OEE 86.54%.
- Se logró diseñar e implementar los ocho pilares TPM aplicables en función al diagnóstico realizado.
- Se determinó y analizó los resultados de la implementación de la metodología TPM en los tiempos de parada por mantenimiento de los equipos de una planta de cal, incrementado los indicadores de disponibilidad de 94% a 98%, el rendimiento de 93% a 94%, la calidad de 99% a 99.8%, por ende, el OEE incrementó de 86.54% a 92%, disminuyendo el MTTR total de paradas de planta de 508 horas a 84 horas.
- En base al ahorro estimado de 127200 dólares semestrales, se logró realizar el análisis económico beneficio-coste de la implementación del TPM, obteniendo un valor de 22.27, indicando que los beneficios superan a los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

REFERENCIAS


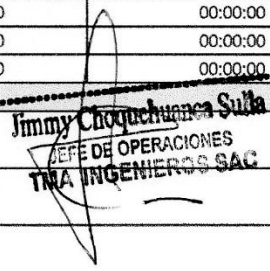
- Alejabo, C. G. (2019). Implementación de la metodología TPM y su influencia en la eficiencia operacional de los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda en una empresa minera. Cajamarca.
- Altamirano, G. (2017). Análisis del Impacto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la Gestión Operativa de la Central Hidroeléctrica San Francisco. (*tesis de pregrado*). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17608>
- Angeles, J. (2017). Aplicación del TPM para mejorar la productividad en la empresa frío aéreo asociación civil Callao 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV.pdf>
- Burga, J. E. (2018). Implementación del tpm en la zona de enderezadoras de aceros arequipa.
- García, O. (2015). Gestión moderna del mantenimiento industrial. Bogotá: ediciones de la U.
- García, S. (2014). Organización y gestión integral de Mantenimiento. Madrid: Diaz de Santos.
- Góndres, I., Lajes, S., Rodríguez, N., & Del Castillo, A. (2007). Redalyc. Obtenido de Redalyc: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934005&fbclid=IwAR1zBGldsQ5assQm pOvfccm6k0kNIEgEoz_8K7Zg7WWiZN4v_eELyD3hTwo
- Heyzer, J., & Barry, R. (2014). Principios de administración de Operaciones. Mexico: PEARSON.
- Horna, G. (2017). Propuesta de mejora en el proceso de envases PET para incrementar la productividad en la empresa ANVIP PRU S.R.L (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- López, E. (2009). El Mantenimiento Productivo total TPM y La Importancia del recurso humano para su exitosa implementación (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Marín, J., & Mateo, R. (2013). DIALNET. Obtenido de DIALNET: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4630086>
- Matos, R. (2012). REDALYC. Obtenido de REDALYC : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732639008>
- Portal, E. & Salazar, P. (2016). Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa Multiservicios Punre SRL (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.


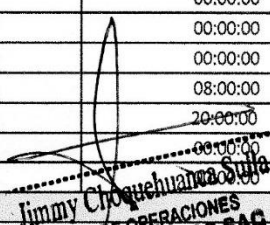
- Suárez, M. (2016) Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento según el enfoque de mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos operativos de la empresa SERFRIMAN E.I.R.L (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Tuarez, C. (2013). Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM. (tesis de maestria). Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec>
- Johanna E. Allauca Fernandez, Johanna X. Neira Mendez, Christina A. Arias Ulloa . (2010). Título de Tesis: Diseño de un Sistema de Gestión y de Control Operacional en una Estación de Servicio".
- Juan Carlos Morales Flores . (2012). Título de Tesis: Implementación de un Programa de Mantenimiento productivo Total (TPM) al taller automotriz del i. Municipio de Riobamba (imr) . Ecuador .
- Lorena Portilla Diaz. (2014). Diseño del programa de mantenimiento productivo total para las áreas de producción de la empresa E.P.I LTDA. Colombia.
- Natalia Leandra Mansilla Del Valle. (2013). Título de Tesis: " Aplicación de la metodlología de mantenimiento productivo total para la estandarización de proceso y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una industria nacional". chile, Ecuador
- Parra Márquez Carlos, C. M. (2016). Técnicas de auditoría aplicadas en los procesos de gestión de mantenimiento. Ingecon, 2.


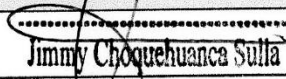
ANEXOS

Anexo 1

Reportes de excesivos tiempos de parada de planta

|  REPORTE DE PARADAS DE PLANTA | | Reporte | N°156-ST-MMT | | | |
|---|----------------------|----------|-------------------|--|---|-----|
| Supervisor | Ing. Martin Cáceres | Orden | OT-4678 | | | |
| Fecha | 30/01/2018 | SAP | 347-98 | | | |
| Estándares de mantenimiento correctivo para el área de quemado de caliza (Horno) | | | | | | |
| Horas Máx permitidas / Tipo de falla | | | | | | |
| Críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Elevador de cangilones | Inspección y ajustes | 2 | Desatoro | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| Fajas transportadoras | Alineamiento | 2 | Rotura de fajas | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| No críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Bombas | Fuga de combustible | 2 | Rotura de sello | 5 | No bombea | 5 |
| Compuertas | Fuga de gases | 2 | Rotura de empaque | 5 | Falla de sensor | 5 |
| REPORTE | | | | | | |
| FALLA | Ene-18 | MTTR | MTTR TOTAL | | | |
| Rotura de sello de laberinto. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Temperatura alta de rodamientos. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Falla de canastilla de rodamiento. | 1 | 30:00:00 | 30:00:00 | | | |
| Falla de rodillos de rodamiento. | 1 | 30:00:00 | 30:00:00 | | | |
| Soltura de rodamientos. | 1 | 30:00:00 | 30:00:00 | | | |
| Rotura de eje. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Desgaste de alojamiento. | 1 | 08:00:00 | 08:00:00 | | | |
| Rotura de alojamiento. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Rotura de engranajes. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Falla en alta vibración. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Desalineamiento. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| MES REPORTADO | Ene-18 | | FIRMA |  JIMMY CHOQUEHUANA SULLÁ JEFE DE OPERACIONES TMA INGENIEROS SAC | | |
| CONFORMIDAD | SI | X | OBS | | | |
| | NO | | | | | |

|  | | REPORTE DE PARADAS DE PLANTA | | | Reporte | N°203-ST-MMT |
|---|----------------------|-------------------------------------|-------------------|--|---|--------------|
| Supervisor | | Ing. Martin Cáceres | | | Orden | OT-9567 |
| Fecha | | 30/06/2018 | | | SAP | 643-91 |
| Estándares de mantenimiento correctivo para el área de quemado de caliza (Horno) | | | | | | |
| Horas Máx permitidas / Tipo de falla | | | | | | |
| Críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Elevador de cangilones | Inspección y ajustes | 2 | Desatoro | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| Fajas transportadoras | Alineamiento | 2 | Rotura de fajas | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| No críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Bombas | Fuga de combustible | 2 | Rotura de sello | 5 | No bombea | 5 |
| Compuertas | Fuga de gases | 2 | Rotura de empaque | 5 | Falla de sensor | 5 |
| REPORTE | | | | | | |
| FALLA | Jun-18 | MITR | MITR TOTAL | | | |
| Rotura de sello de laberinto. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Temperatura alta de rodamientos. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Falla de canastilla de rodamiento. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Falla de rodillos de rodamiento. | 1 | 30:00:00 | 30:00:00 | | | |
| Soltura de rodamientos. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Rotura de eje. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Desgaste de alojamiento. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Rotura de alojamiento. | 1 | 08:00:00 | 08:00:00 | | | |
| Rotura de engranajes. | 1 | 20:00:00 | 20:00:00 | | | |
| Falla en alta vibración. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| Desalineamiento. | | 00:00:00 | 00:00:00 | | | |
| MES REPORTADO | Jun-18 | | FIRMA |  JIMMY CHOQUEHUANA JEFE DE OPERACIONES TMA INGENIEROS SAC | | |
| CONFORMIDAD | SI | X | OBS | | | |
| | NO | | | | | |

| | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|---|--------------|
|  | REPORTE DE PARADAS DE PLANTA | | | | Reporte | N°405-ST-MMT |
| | | | | | Orden | OT-10561 |
| Supervisor | Ing. Martin Cáceres | | | | SAP | 956-98 |
| Fecha | 29/11/2018 | | | | | |
| Estándares de mantenimiento correctivo para el área de quemado de caliza (Horno) | | | | | | |
| Horas Máx permitidas / Tipo de falla | | | | | | |
| Críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Elevador de cangilones | Inspección y ajustes | 2 | Desatoro | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| Fajas transportadoras | Alineamiento | 2 | Rotura de fajas | 5 | Falla en canastilla, rodillos y/o soltura de rodamientos. | 10 |
| No críticos | Falla Leve | Máx | Falla Moderada | Máx | Falla Grave | Máx |
| Bombas | Fuga de combustible | 2 | Rotura de sello | 5 | No bombea | 5 |
| Compuertas | Fuga de gases | 2 | Rotura de empaque | 5 | Falla de sensor | 5 |
| REPORTE | | | | | | |
| FALLA | Nov-18 | MTTR | | MTTR TOTAL | | |
| Rotura de sello de laberinto. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Temperatura alta de rodamientos. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Falla de canastilla de rodamiento. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Falla de rodillos de rodamiento. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Soltura de rodamientos. | 1 | 30:00:00 | | 30:00:00 | | |
| Rotura de eje. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Desgaste de alojamiento. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Rotura de alojamiento. | 1 | 08:00:00 | | 08:00:00 | | |
| Rotura de engranajes. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| Falla en alta vibración. | 1 | 20:00:00 | | 20:00:00 | | |
| Desalineamiento. | | 00:00:00 | | 00:00:00 | | |
| MES REPORTADO | Nov-18 | | FIRMA |  JIMMY CHOQUEHUANCA SULLÁ | | |
| CONFORMIDAD | SI | <input checked="" type="checkbox"/> | OBS | JEFE DE OPERACIONES TMA INGENIEROS SAC | | |
| | NO | <input type="checkbox"/> | | | | |

Analisis Vibracional

SI NO

| | V mm/seg | H mm/seg | A mm/seg | Env g's |
|------------|--------------------------|-------------|-------------|------------|
| Normal | <input type="checkbox"/> | < 2.3 | | |
| Tolerable | <input type="checkbox"/> | 2.3 - 4.5 | | |
| Precaución | <input type="checkbox"/> | 4.5 - 7.1 | | |
| Alarma | <input type="checkbox"/> | > 7.1 | | |

Analisis de Circuito de Motores

Pruebas Estaticas

| R Mohm | Res Desb% | Ind Desb% | IP | Ifuga µAmp |
|-----------|--------------|--------------|-------|---------------|
| 100 | 1 | 1 | >3 | 2 |
| 50 | 2 | 3 | 1.5-3 | 5 |
| 30 | 3 | 5 | 1-1.5 | 15 |
| 10 | 4 | 7 | <1 | 30 |

Lubricación

SI NO

Alineamiento

SI NO

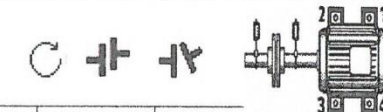
Grasa

| | |
|----------|--------|
| Marca: | Mobil |
| Tipo: | SHC220 |
| Cant(gr) | 200 |

Aceite

| | |
|----------|---|
| Marca: | — |
| Tipo: | — |
| Cant(lt) | — |

Uso de estetoscopio



| Velocidad (rpm) | Paralelo (mm/100) | Angular (mm/100) | Lainas (mm) |
|--------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1000-2000 | 0.08 | 0.1 | 1 |
| 3000-4000 | 0.05 | 0.06 | 2 |
| 1000-2000 | 0.07 | 0.07 | 3 |
| 3000-4000 | 0.05 | 0.06 | 4 |

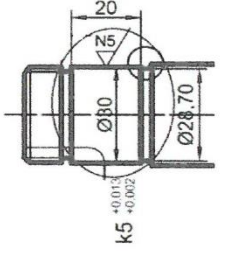


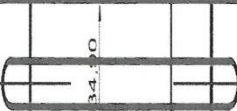

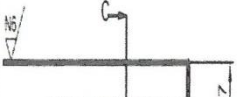
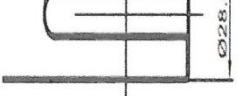
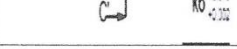
Pruebas Dinámicas

| Voltaje | | | Corriente | | Fp | Exc. | |
|-----------|----------|---------|-----------|----------|-------|---------|--|
| Vr/Vn (%) | Desb (%) | THD (%) | Ir/In (%) | Desb (%) | dB | # picos | |
| +/- 1 | 0 | 1 | +/- 1 | 2 | >54 | 1 | Normal <input checked="" type="checkbox"/> |
| +/- 3 | 0.5 | 2 | +/- 3 | 4 | 45-54 | 2 | Tolerable <input type="checkbox"/> |
| +/- 5 | 1 | 3 | +/- 5 | 6 | 36-45 | 3 | Precaución <input type="checkbox"/> |
| +/- 10 | 3 | 5 | +/- 10 | 10 | <36 | 4 | Alarma <input type="checkbox"/> |

Jimmy Choquehuanca Sullta
JEFE DE OPERACIONES
TMA INGENIEROS SAC

| MANTENIMIENTO | | | | FORMATO - 3Ts | | | Control de la Calidad en Tareas de Mantenimiento | | | |
|--------------------------------------|---|------------|---------------------------------|--|----------------|---|--|--------------------------------|----------------|-------------|
| Verificación de repuestos reparados. | | | | Realizado por: <i>Ricardo Goñon Villanueva</i> | | | Fecha: | | | |
| Equipo: Elevador de cangilones | | | | Ubicación: | | | Sistema: | | N° Orden: | |
| Paso | Descripción de la Actividad | Componente | Instrumento / Equipo | | Medida Nominal | Desviación Tolerable | Medición Obtenida | Condición Aceptado / Rechazado | Acción a tomar | Observación |
| 1 | Inspección de eje | | | | | | | | | |
| | Medir diámetro de asiento de rodamiento pto 3 | Eje | Micrómetro exteriores. 25- 50mm | | 30.00mm | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+ 0.013</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+ 0.002</div> | 100.009 | ✓ | ✓ | OK. |
| | Medir longitud de rodamiento de asiento pto 3 | Eje | Vernier | | 22.3.00mm | ± 0.1 | 35.000 | ✓ | ✓ | OK |
| Referencia Catálogo SKF | (*)Medir Rugocidad superficial de asiento de rodamiento pto 3 | Eje | Rugocímetro | | 0.4µm (N5) | N.A | — | — | — | — |
| | Medir Cilindricidad de asiento de rodamiento pto 3 | Eje | Micrómetro | | 30.00 mm | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+ 0.005</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+ 0.003</div> | 100.009 | ✓ | | |
| | Medir diámetro de asiento de rodamiento pto 4 | Eje | Micrómetro exteriores. 25- 50mm | | 30.00mm. | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+ 0.013</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+ 0.002</div> | 100.009 | ✓ | ✓ | ✓ |

Fanny Choquechuanca Sullá
 JEFE DE OPERACIONES
 TMA INGENIEROS SAC

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|--|---------------|----------------------|---------|---|---|----|
| | Medir longitud de rodamiento de asiento pto 4 | Eje | Vernier |  | 20mm. | ± 0.1 | 35.000 | ✓ | ✓ | OK |
| Referencia Catálogo SKF | (*)Medir Rugosidad superficial de asiento de rodamiento pto 4 |  | Rugocímetro | | 0.4um (N5) | N.A | — | — | — | — |
| | Medir Cilindricidad de asiento rodamiento pto 4 |  | Micrómetro | | 30.00 mm | $+0.005$ $+0.003$ | 100.009 | ✓ | ✓ | OK |
| | Medir diámetro de asiento impulsor | Eje | Micrómetro exteriores. 25– 50mm |  | 34.90 mm. | $+0.000$ -0.011 | 300.001 | ✓ | ✓ | OK |
| | (*)Medir Rugosidad superficial de asiento de impulsor | Eje | Rugocímetro |  | | 0.8um (N6) | N.A | — | — | — |
| | Medir profundidad de canal chavetero de impulsor | Eje | Vernier |  | 4.5mm | ± 0.1 | 5.0 | ✓ | ✓ | OK |
| | Medir ancho de canal chavetero-impulsor | Eje | Vernier |  | 9.52mm | ± 0.1 | 10.0 | ✓ | ✓ | OK |
| | Medir diámetro de asiento de acople | Eje | Micrómetro exteriores. 50– 75mm |  | 28.57mm | $+0.000$ -0.019 | — | — | — | — |

Jimmy Choquehuanca Sullá
JEFE DE OPERACIONES
TMA INGENIEROS SAC

| IPERC | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------|----------------|--|------------------------------------|--------------------|---|--|--|
| Severidad | Matriz de evaluación de riesgos | | | | | | | | | |
| Catastrófico | 1 | A | A | A | A | M | | | | |
| Fatalidad | 2 | A | A | A | M | B | | | | |
| Permanente | 3 | A | M | M | B | B | | | | |
| Temporal | 4 | M | M | B | B | B | | | | |
| Menor | 5 | M | B | B | B | B | | | | |
| | | A | B | C | D | E | | | | |
| | | Común | Ha sucedido | Podría Suceder | Raro que suceda | Prácticamente imposible que suceda | | | | |
| | | FRECUENCIA | | | | | | | | |
| ÁREA: | Planta de Cal - Htto | | | | | PETS: | PETS 01-2012 - CAL | | | |
| IPERC DIARIO REALIZADO POR EL OPERADOR Y/O MECÁNICO | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION DEL PELIGRO | RIESGO | EVALUACION INICIAL | | | MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR | RIESGO RESIDUAL | | | | |
| | | A | M | B | | A | M | B | | |
| Caída de objetos | aplastamiento | | X | | Revisar equipo y herramientas con guardas. | | | X | | |
| Herramientas sueltas | tropezones | | X | | Orden y limpieza. | | | X | | |
| SUPERVISOR | Carlos Fer. | CARGO | Supervisor | FIRMA | | FECHA | 12-12-19 | | | |

Jimmy Chocchehuanca Sullá
 JEFE DE OPERACIONES
 TMA INGENIEROS SAC

SVSDVSDV

| | | | |
|--|--------------------------------|------------------|----------|
| | INSPECCION DE RUTINA AMBIENTAL | Versión: | 02 |
| | | Fecha Aprobación | 03/06/19 |

LUGAR DE INSPECCIÓN Mantenimiento Planta de Cal - Elevador de Cangilones FECHA 14-11-19

Colocar un si es SI, una si es NO y una si No Aplica

| ÍTEM | FUNCIONAMIENTO / ESTADO | OBSERVACIONES |
|--------------------|--|---------------|
| VENTILACIÓN | | |
| 01 | El ambiente tiene adecuadas condiciones de ventilación en general. | ✓ |
| 02 | La ventilación natural es suficiente | ✓ |
| 03 | De existir manipulación o uso de materiales peligrosos, el área está adecuadamente ventilado. | ✓ |
| 04 | De existir focos de generación de contaminantes (polvo, humo, nieblas, gases o vapores), el área está adecuadamente. | ✓ |
| 05 | El almacenamiento de materiales peligrosos se realiza en un ambiente ventilado. | ✓ |
| 06 | En el caso de utilizarse sistemas de aire acondicionado se asegura su adecuado funcionamiento. | ✓ |
| 07 | Existe presencia de derrames en el área. | ✓ |
| 08 | Las máquinas no presentan fugas. | ✓ |
| ILUMINACIÓN | | |
| 09 | Los niveles de iluminación cumplen con lo recomendado. | ✓ |
| 10 | Las ventanas están limpias y libres de obstrucciones, siempre y cuando esto no genere deslumbramiento. | ✓ |
| 11 | Las paredes están limpias favoreciendo la iluminación. | ✓ |
| 12 | Los reflectores, luminarias, accesorios, focos, fluorescentes y otros elementos están limpios y en buenas condiciones. | ✓ |
| 13 | Se cuenta con un solo color de luz y/o tipo de luminaria para evitar contrastes que provoquen fatiga visual. | ✓ |
| ORDEN Y LIMPIEZA | | |
| 14 | El área de trabajo se encuentra limpio y ordenado. | ✓ |
| 15 | Cuentan con depósitos para almacenamiento de sus Residuos generados | ✓ |
| SUMINISTRO DE AGUA | | |
| 16 | Las conexiones para el agua y accesorios están en condiciones adecuadas sin fugas. | ✓ |
| 17 | El reservorio de agua se encuentran en óptimas condiciones. | ✓ |
| GENERAL | | |
| 18 | Se observa que existen identificación mediante letreros del Área de trabajo. | ✓ |
| 19 | Se visualizan los Kit de emergencia, extintores y señalizaciones de emergencia. | ✓ |
| 20 | Cuentas con Hojas de Seguridad (MSDS) de los productos que utilizan | ✓ |
| 21 | Se encuentran desconectados los equipos y/o maquinarias cuando no están siendo usados. | ✓ |

Jimmy Choquhuanca Sullá
JEFE DE OPERACIONES
TMA INGENIEROS SAC