

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento  
para optimizar el desempeño en una unidad minera del  
sur del país - Arequipa 2021**

Claudio Cesar Navarro Jimenez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. José Carlos Lira Guzmán

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios, por un día más de vida y permitirme disfrutar todo lo bello que es vivir y crecer cada día más.

Agradecer a mi madre, por ser mi ejemplo a seguir con todo ese pundonor y guiándome por el buen camino de la vida.

Agradecer a mi Asesor de la Universidad, por guiarme y sacar lo mejor de mi para la elaboración del trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

La elaboración de la investigación está dedicado a mi madre y mi familia por todo el apoyo que me dieron durante todo este tiempo y jamás dejaron que me rindiera, de modo que, con mucho esfuerzo, alcance a cumplir mis metas trazadas.

# ÍNDICE

<b>ASESOR</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>ÍNDICE</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	2
1.1.2.1. Problema general.....	2
1.1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo general .....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.3.1. Justificación.....	3
1.3.2. Importancia.....	6
1.4. Hipótesis y descripción de las variables.....	6
1.4.1. Hipótesis general.....	6
1.4.2. Hipótesis específicas.....	6
1.4.3. Descripción de las variables .....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	8

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	8
2.2.	Bases teóricas .....	11
2.2.1.	Gestión de mantenimiento .....	11
2.2.2.	Planeamiento.....	15
2.2.3.	Organización .....	16
2.2.4.	Dirección .....	18
2.2.5.	Control.....	19
2.2.6.	Desempeño .....	20
2.2.7.	Costos .....	22
2.2.8.	Disponibilidad .....	23
2.2.9.	Tiempos en el mantenimiento.....	24
2.2.10.	Mejora de procesos .....	25
2.3.	Definición de términos .....	26
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>		<b>28</b>
3.1.	Método y alcance de la investigación .....	28
3.1.1.	Método de la investigación .....	28
3.1.2.	Alcance de la investigación.....	28
3.2.	Diseño de la investigación .....	29
3.3.	Población y muestra .....	29
3.3.1.	Población.....	29
3.3.2.	Muestra .....	29
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	30
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	30
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>31</b>
4.1.	Diagnóstico de la situación actual de la empresa .....	31
4.1.1.	Descripción de la actividad de la empresa.....	31
4.1.2.	Misión .....	32

4.1.3.	Visión .....	32
4.1.4.	Valores .....	32
4.1.5.	Organigrama de la empresa .....	33
4.1.6.	Políticas del Sistema Integrado de Gestión .....	35
4.1.7.	Mapa de procesos .....	35
4.1.8.	Operaciones de mantenimiento .....	36
4.1.9.	Mantenimiento Horno ISA y Caldero Oschatz.....	37
4.1.10.	Recursos y responsabilidades para el mantenimiento .....	43
4.1.11.	Análisis de las observaciones mediante la mejora continua.....	54
4.1.12.	Reprocesos en el mantenimiento.....	56
4.1.13.	Análisis de las encuestas .....	58
4.1.14.	Indicadores de desempeño (previo).....	70
4.1.15.	Diagrama de Ishikawa .....	74
4.1.16.	Diagrama de Pareto.....	76
4.2.	Propuestas de mejora.....	78
4.2.1.	Alternativas de solución.....	78
4.2.2.	Plan de capacitaciones.....	79
4.2.3.	Aplicación de la metodología 5S.....	84
4.2.4.	Aplicación del modelo matemático.....	90
4.3.	Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	96
4.3.1.	Resultados del problema de mantenimiento .....	96
4.3.2.	Optimización del desempeño.....	106
4.3.3.	Prueba de hipótesis .....	108
4.3.4.	Beneficios económicos de la propuesta.....	117
4.4.	Discusión de resultados.....	123
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>125</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>126</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>127</b>

<b>ANEXOS</b> .....	131
---------------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de gestión de mantenimiento.....	18
Figura 2. Objetivo del área de mantenimiento.....	20
Figura 3. Organigrama de la empresa. ....	34
Figura 4. Mapa de procesos. ....	36
Figura 5. Horno ISA y Caldero Oschatz. ....	37
Figura 6. Rappers. ....	38
Figura 7. Cuadro de las actividades de Rappers Horno ISA. ....	39
Figura 8. Cuadro de actividades Rappers convertidores.....	39
Figura 9. Esquema de las actividades de trabajo.....	40
Figura 10. Cuadro de Equipos de Protección Personal (EPP). ....	44
Figura 11. Cuadro de equipos.....	44
Figura 12. Cuadro de herramientas. ....	45
Figura 13. Cuadro de materiales.....	45
Figura 14. Cuadro de accesorios de seguridad.....	46
Figura 15. Análisis de reprocesos.....	56
Figura 16. Causas de los reprocesos.....	57
Figura 17. Gráfico de la variable desempeño.....	69
Figura 18. Interrelación de los indicadores de desempeño con el mantenimiento.....	71
Figura 19. Diagrama de Ishikawa.....	75
Figura 20. Diagrama de Pareto.....	77
Figura 21. Formato del programa semestral de capacitación.....	81
Figura 22. Formato de lista de asistencia.....	82
Figura 23. Formato de registro.....	88
Figura 24. Reporte de actividades. ....	90
Figura 25. Modelo matemático en archivo mod del bloc de notas.....	95
Figura 26. Programa AMPL. ....	96
Figura 27. Resultados del modelo matemático. ....	103
Figura 28. Cálculo del VAN.....	122
Figura 29. Cálculo del TIR. ....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterio de evaluación. ....	4
Tabla 2. Puntaje de calificación. ....	5
Tabla 3. Matriz de priorización. ....	5
Tabla 4. Operacionalización de las variables. ....	7
Tabla 5. Recursos humanos. ....	43
Tabla 6. Resumen de las actividades, responsabilidades y recursos. ....	48
Tabla 7. Análisis de desperdicios. ....	54
Tabla 8. Análisis Kaizen de mejora continua. ....	54
Tabla 9. Análisis TPM. ....	55
Tabla 10. Análisis 5S. ....	55
Tabla 11. Reprocesos. ....	56
Tabla 12. Tiempos de ejecución actual de mantenimiento. ....	57
Tabla 13. Variable desempeño. ....	69
Tabla 14. Listado de rappers. ....	72
Tabla 15. Disponibilidad de rappers - actual. ....	72
Tabla 16. Lista de causas - efectos. ....	76
Tabla 17. Elementos en orden de relevancia. ....	76
Tabla 18. Alternativas de solución. ....	78
Tabla 19. Contenido de las capacitaciones. ....	79
Tabla 20. Cronograma de capacitaciones. ....	83
Tabla 21. Etapas para la implementación de las 5S. ....	84
Tabla 22. Implementación de las 5S. ....	84
Tabla 23. Tipos de sistemas. ....	91
Tabla 24. Tiempos de ejecución de mantenimiento con el modelo propuesto. ....	104
Tabla 25. Comparativa de tiempos de mantenimiento y equivalencia. ....	105
Tabla 26. Disponibilidad de rappers - propuesta. ....	107
Tabla 27. Cuadro comparativo de indicadores. ....	108
Tabla 28. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 1. ....	109
Tabla 29. Prueba de Wilcoxon para la línea de producción 1. ....	110
Tabla 30. Estadísticos de prueba para la línea de producción 1. ....	110
Tabla 31. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 2. ....	111
Tabla 32. Prueba t de student para la línea de producción 2. ....	111
Tabla 33. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 3. ....	112

Tabla 34. Prueba t de student para la línea de producción 3. ....	113
Tabla 35. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 4.	114
Tabla 36. Prueba t de student para la línea de producción 4. ....	114
Tabla 37. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en todas las líneas. ....	115
Tabla 38. Prueba t de student para el total de líneas de producción. ....	116
Tabla 39. Reprocesos con la propuesta.....	117
Tabla 40. Comparativa de reprocesos. ....	117
Tabla 41. Comparativa de costos por evento.....	118
Tabla 42. Resumen de ahorros.....	118
Tabla 43. Inversión propuesta.....	119
Tabla 44. Cronograma de inversiones. ....	120
Tabla 45. Flujo económico de la propuesta.....	121

## RESUMEN

La investigación ejecutada en la unidad minera tuvo como propósito principal el diseñar una propuesta que mejore la gestión del mantenimiento del caldero Oschatz y optimice el desempeño en una unidad minera del sur del país mediante un sistema idóneo para optimizar el proceso. Para tal fin se empleó el método deductivo para identificar las diversas actividades que no aportaban valor y que por el contrario ocasionaban pérdidas monetarias para la unidad minera; asimismo, la investigación, que es de nivel descriptivo y propositiva, se presentó una serie de propuestas para la optimización de ciertos aspectos vinculados a la baja disponibilidad de los componentes y el desempeño de las actividades de mantenimiento. Al evaluar las propuestas, se concluye que, al realizar una proyección se determina la factibilidad de implementación debido a que se alcanza una rentabilidad mayor con éstas.

Con esta finalidad, se identificó, en principio, la problemática de la gestión del mantenimiento, que va desde una baja disponibilidad de componentes hasta un bajo desempeño del personal, haciéndose el planteamiento de propuestas de capacitaciones, mejoras en base a los fundamentos de las 5 S's y un modelo matemático que optimice dicha situación. El desarrollo se llevó a cabo de la mano con bases teóricas apropiadas y antecedentes de investigaciones que dieron una pauta para la realización de la presente investigación.

**Palabras clave:** mantenimiento, gestión, desempeño, disponibilidad.

## **ABSTRACT**

The main purpose of the research carried out in the mining unit was to design a proposal that improves the management of the maintenance of the Oschatz cauldron and optimizes the performance in a mining unit in the south of the country through a suitable system to optimize the process. For this purpose, the deductive method was used to identify the various activities that did not add value and that, on the contrary, caused monetary losses for the mining unit; likewise, the research, which is descriptive and proactive, presented a series of proposals for the optimization of certain aspects related to the low availability of components and the performance of maintenance activities. When evaluating the proposals, it is concluded that, when making a projection, the feasibility of implementation is determined because a higher profitability is achieved with them.

To this end, the problem of maintenance management was initially identified, which ranges from low component availability to low staff performance, making proposals for training, improvements based on the fundamentals of the 5 S's and a mathematical model that optimizes this situation. The development was carried out hand in hand with appropriate theoretical bases and research background that gave a guideline for carrying out the present investigation.

**Keywords:** maintenance, management, performance, availability.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de gestión son herramientas necesarias para establecer las actividades a seguir en el día a día para una explícita tarea productiva. La implantación de este sistema permitirá a las organizaciones optimizar sus recursos disponibles, también lograr una mejora significativa en la empresa, disminuir sobrecostos y en consecuencia optimizar el rendimiento de dicha organización.

Al implementar un sistema de gestión, la organización visualiza y administra con exactitud los procesos implicados en las actividades, para conseguir el cumplimiento de los objetivos a través de determinadas acciones y la toma de decisiones apoyadas en datos y hechos. Mediante el sistema es posible el control de los errores existentes en las operaciones, para no afectar a otras y por consiguiente conseguir que las actividades incrementen su rendimiento sucesivo.

La integración en los procesos es necesario, mediante la gestión de los mismos basados en modelos y herramientas permitirán una adecuada integración de todas, o las exigencias y variables del entorno (1).

El autor.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

Hablar de mantenimiento en minería, es referirse a una serie de técnicas y actividades destinadas a conservar los equipos, instalaciones y herramientas, buscando así una alta disponibilidad y máximo rendimiento del recurso, con el fin de lograr una mayor y fiable producción, evitando pérdidas post averías y los costos asociados. Es por ello que se considera imprescindible a la gestión del mantenimiento para la consecución de la competitividad y operatividad de una empresa (2).

El actual entorno competitivo exige que las empresas mejoren continuamente, para así poder asegurar su permanencia en el mercado al brindar productos y servicios de calidad; por ello se necesita de una óptima planificación y gestión de los procesos (3).

La gestión del mantenimiento ha ido innovándose a través del tiempo, en herramientas y estrategias para asegurar la disponibilidad de los equipos, es por ello que se considera el mantenimiento programado menos costoso a comparación de las reparaciones correctivas, lo que tiene implicancia en los costos operacionales, además de prolongar la vida del equipo y mejorar la calidad de los servicios ofrecidos y la rentabilidad de la empresa (4).

La empresa en la que se centra esta investigación, es una empresa con operaciones en el sector minería y metales, esta cuenta con un caldero Oschatz, además de electroprecipitadores en su área de producción, los cuales necesitan constantes mantenimientos; esto hace necesario contar con un plan para asegurar la disposición y confiabilidad, siendo la finalidad del estudio optimizar el rendimiento y ejecución de las operaciones, así como la reducción de costos de la empresa.

En esta oportunidad, la problemática detectada se ubica en el mantenimiento de este equipo de suma importancia para las operaciones de la empresa minera, sentando sus bases en lo descrito a continuación:

- Baja disponibilidad de los componentes.
- Sobrecostos por bajo desempeño del personal de mantenimiento (demoras, reprocesos).
- Competencias insuficientes y pobre disposición del personal para ejecutar las labores de mantenimiento preventivo (como principal causa), gran parte de las labores de mantenimiento no se realizan en el tiempo destinado poniendo en riesgo potencial al equipo, así como a la producción.

Todo esto se ve reflejado en los gastos altos que superan los de periodos anteriores. Por este motivo se busca proponer una solución a esta problemática usando las herramientas de la Ingeniería Industrial para ello. En dicho marco, se formulan los siguientes problemas de investigación (un general y tres específicos).

## 1.1.2. Formulación del problema

### 1.1.2.1. Problema general

¿Cómo diseñar una propuesta que mejore la gestión del mantenimiento del caldero Oschatz y optimice el desempeño en una unidad minera del sur del país?

#### 1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo determinar la situación actual de los procesos de mantenimiento en el caldero Oschatz de la empresa minera?
- ¿Cómo determinar la gestión del mantenimiento que optimice las tareas de esta actividad?
- ¿Cómo evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento con la propuesta de mejora?

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta que mejore la gestión del mantenimiento del caldero Oschatz y optimice el desempeño en una unidad minera del sur del país.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de los procesos de mantenimiento en el caldero Oschatz de la empresa minera.
- Determinar la gestión del mantenimiento que optimice las tareas de esta actividad.
- Evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento con la propuesta de mejora.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación

El presente trabajo de estudio guarda su justificación de manera práctica al permitir adoptar una secuencia metodológica relacionada con la mejora de la gestión, aplicada a los procesos de mantenimiento del caldero Oschatz de la empresa minera, y con ello mejorar los estándares de desempeño de las actividades y de los trabajadores que intervienen en su ejecución.

Asimismo, se justifica de manera social pues proporcionará nuevas estrategias y un punto de partida para que otras empresas o diferentes áreas de las mismas puedan realizar el estudio y puedan darle el mismo enfoque sobre la gestión del mantenimiento y tener un marco referencial claro para proponer soluciones y mejoras efectivas.

Por otra parte, con la investigación se afianzará los conocimientos obtenidos en la etapa académica respecto a temas de mejora y gestión, enfocados a las actividades de mantenimiento desde el enfoque de la Ingeniería Industrial.

La investigación podrá convertirse en un antecedente para futuros estudios relacionados con la problemática que trataremos.

Con el fin de establecer los componentes susceptibles de mantenimiento a ser analizados en esta investigación, se establece una matriz de priorización a continuación.

Tabla 1. *Criterio de evaluación.*

<b>CRITERIO DE EVALUACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Contribución al objetivo estratégico.	Ayuda a alcanzar los objetivos de la empresa.
Impacto en la unidad minera.	Efecto que ejercen los procesos dentro de la unidad minera.
Adaptación a variaciones (del modelo matemático).	Capacidad de adaptarse a las diferentes variaciones que se pueda dar en el modelo matemático de la investigación, sobre todo en el tema de restricciones.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. *Puntaje de calificación.*

Calificación	
Influencia alta	5
Influencia moderada	4
Influencia moderada	3
Poca influencia	2
Influencia imperceptible	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. *Matriz de priorización.*

TIPO	CONTRIBUCIÓN AL OBJETIVO ESTRATÉGICO	IMPACTO EN LA UNIDAD MINERA	ADAPTACIÓN A VARIACIONES (DEL MODELO MATEMÁTICO)	TOTAL
<b>PESO:</b>	5	4	5	
Mantenimiento a equipamiento de transporte.	3	3	2	8
Mantenimiento a equipamiento de excavación y carga.	4	4	2	10
Mantenimiento a buldóceres.	4	3	2	9
Mantenimiento Horno ISA y Caldero OSCHATZ.	5	4	5	14

Fuente: elaboración propia.

Según la matriz de priorización tomamos como el proceso de mantenimiento de importancia para nuestra investigación el del Horno ISA y Caldero OSCHATZ.

### 1.3.2. Importancia

El presente trabajo tiene como importancia el planteamiento de un sistema de gestión de mantenimiento, además de optimizar el desempeño reduciendo las demoras y los reprocesos, y en consecuencia también los sobrecostos de la empresa minera, esto se verá reflejado en el aumento del margen de utilidad al aplicar la respectiva mejora propuesta en el presente estudio.

## 1.4. Hipótesis y descripción de las variables

### 1.4.1. Hipótesis general

Con la propuesta de mejora planteada para la gestión del mantenimiento del caldero Oschatz se optimizará el desempeño de las actividades en una unidad minera del sur del país.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Con la determinación de la situación actual de los procesos de mantenimiento en el caldero Oschatz de la empresa minera se podrá evidenciar la problemática presente.
- Con la determinación de la gestión del mantenimiento se optimizarán las tareas de esta actividad.
- Evaluando el desempeño de la gestión del mantenimiento con la propuesta de mejora se validará dicha propuesta para ser implementada por la empresa.

### 1.4.3. Descripción de las variables

- Variable independiente: Gestión del mantenimiento del caldero Oschatz.
- Variable dependiente: Optimizar el desempeño.

Tabla 4. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Gestión del mantenimiento del caldero Oschatz  <b>(Variable independiente)</b>	Planeamiento	- Número de operarios.
	Organización	- Capacidad del operario. - Modelado matemático.
	Dirección	- Validación de modelo matemático.
	Control	- Número de paradas. - Número de reparaciones.
Optimizar el desempeño  <b>(Variable dependiente)</b>	Disponibilidad	- Tiempo programado de mtto. - Tiempo de parada. - Tiempo total de mtto.
	Costos	- Costos de operación. - Costos de parada.

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Uscátegui (5) realizó la investigación titulada “Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa Petrosantander Colombia (INC)” el estudio se ejecutó con la finalidad de proponer un diseño para la mejora de la Gestión de mantenimiento del departamento de Confiabilidad y Proyectos, en el que se tomó como base la norma ISO 14224 para identificar los equipos críticos y no críticos además de la recolección de la información, así mismo se implementó el software de mantenimiento MP9 para determinar los planes de mantenimientos de los equipos y el departamento, cabe mencionar que, la contribución de esta herramienta fue en registrar y documentar los equipos y localizaciones.

Botero (6) realizó la investigación titulada “Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos” con la finalidad de crear un plan de mejora de mantenimiento mediante la metodología flash audit con el cual se diseñaron cinco planes de mantenimiento, cuya implementación representaría un progreso del 26 % en operar y gestionar el mantenimiento; asimismo, recomienda implementar las 5S en la planta de producción y tomar a consideración en un corto o mediano plazo la integración de un supervisor de mantenimiento al equipo de trabajo.

Escudero (7) en su tesis titulada “Propuesta para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria agrícola”, se centró en desarrollar y

evaluar un PMP para la empresa de agricultura y de esa manera reducir los costos de mantenimiento anuales. Para llevar a cabo la propuesta, primero analizó la política y procedimientos de mantenimiento con la que cuenta la empresa, luego realizó un registro de los equipos para conocer cuales se pueden incluir en la propuesta, finalmente se determinaron los equipos que se incluirán en el PMP. Del análisis desarrollado se obtuvo como resultado la necesidad de contar con un plan de mantenimiento y también de procedimientos en los equipos y máquinas.

Martínez y Buelvas (8) realizaron la investigación titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”, la cual tuvo por objetivo principal la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos tracto camiones de una empresa de transporte con la finalidad de optimizar el desempeño operacional, cuidando la seguridad encaminado a reducir el impacto ambiental; para ello, usaron una metodología que detalla el funcionamiento de la empresa en sus distintos procesos, la cual consta de 3 etapas: la primera consiste en recolectar información de los trabajadores acerca del mantenimiento, la segunda etapa consiste en la inspección y muestreo de los equipos y sus herramientas a través de los informes que se les realizaron previamente, esto con el fin de conocer cuantitativamente como puede mejorar con la propuesta de gestión, la última fase consistió en la implementación del plan de mantenimiento. Como resultado, obtuvieron que existen fallas debido a los años de antigüedad de los equipos, detallándose estas como fallas comunes que involucraron a rupturas de mangueras, existiendo demora en la obtención de repuestos.

Redondo (9) propuso un modelo matemático para optimizar el mantenimiento y fiabilidad en el ámbito aéreo, y en base a la inferencia de que existe correlación directa de la edad operacional (en otras palabras, número de ciclos) del equipo y su posibilidad de fallar. Esta investigación define un modelo matemático mediante el desarrollo de un programa informático original que realiza el control del proceso de mantenimiento y lo verifica en un determinado experimento, con ello se permite perfeccionar los parámetros y optimizar los costos de una estrategia de mantenimiento enfocada en cambiar la condición y las prestaciones. El algoritmo alarga la vida útil del elemento cuidando el nivel de seguridad requerido, favoreciendo el margen de explotación de la empresa.

Basto (10) en su investigación titulada “Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad del área de fabricación de la Empresa Cartonera Huachipa S.A., Lima - 2017” se planteó el propósito de determinar en que manera el mantenimiento productivo total mejora la productividad en el área de fabricación, para lo cual se empleó la observación directa, el registro de reparación de las máquinas además de la ficha de producción diaria de cartón para evaluar los indicadores; se identificó que, al aplicar el mantenimiento productivo total se incrementó la eficiencia del área de fabricación, al presentarse un aumento el trabajo de los operarios de 34 a 43 horas semanal; asimismo, la eficiencia se incrementó del valor de 0.7271 a 0.9039 corroborando un aporte en la productividad.

Sotomayor (3) en su investigación titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de optimización del desempeño de la Empresa Tecnológica de Alimentos S.A.” se planteó como fin diagnosticar el sistema actual y de los principales equipos de producción para hacer un análisis de la posibilidad y necesidad de un sistema para el mantenimiento preventivo y ejecutar un análisis de los beneficios que conlleva para la empresa, para lo cual empleó instrumentos como la entrevista, la observación y cuestionario enfocado en los responsables de manejo y gestión de mantenimiento, obteniendo como conclusiones que el problema central es la inadecuada metodología definida, asimismo, alcanzó a observar que las horas de parada de planta se han incrementado en los últimos años por la ausencia de un mantenimiento eficaz; por último, se recomendó que, al identificar las implicancias de las paradas de planta, iniciar un mantenimiento preventivo con las principales máquinas.

Villegas (11) en su investigación titulada “Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para optimizar el desempeño de la Empresa MANFER S.R.L. Contratistas Generales” propuso crear una optimización en la gestión del mtto para incrementar el desempeño, utilizando instrumentos como la auditoría de mantenimiento, un cuestionario y ejecutó un análisis documental, concluyendo que la propuesta mejorará la disponibilidad de los equipos en un 10 % y permitirá la reducción de los costos de alquiler en un total de S/. 124 877.80 en un ciclo de dos años.

Rodríguez (12) tuvo por objetivo de su investigación la mejora de la gestión de mtto, en base a ejecutar el mantenimiento de equipos de acarreo de una mina ubicada

en Cajamarca para permitir el incremento de la disponibilidad mecánica en estos equipos y el de reducir los costos relacionados al mantenimiento. En sus resultados reporta la identificación de las debilidades del área, estableciéndose indicadores acorde a la gestión del mtto; además, planteó acciones de mejora valorizadas, así como un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del área, como base para establecer las estrategias de mantenimiento.

Braco (13) en su investigación titulada "Plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades en la empresa Turismo Expreso Latino Americano E.I.R.L." planteó el propósito de elaborar un plan de mantenimiento para optimizar la confiabilidad y disponibilidades de las unidades vehiculares, utilizando herramientas como el análisis documental, observación directa y encuesta, mediante los cuales logró observar que se registraron 285 mantenimientos generando demoras de 132 días, con una disponibilidad actual de 33 % y una confiabilidad de 60 %, para lo cual se propuso un orden ABC de los productos y la aplicación del programa de las 5S la cual generaría un beneficio económico de S/. 46 650.00, evidenciando productividad en términos de rentabilidad.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento, son las operaciones que se realizan para lograr una mejora y recuperación de algún tipo de mantenimiento en los equipos, ya sea en maquinaria e instalaciones, por lo tanto, se podrá respaldar un adecuado funcionamiento al momento de continuar con un flujo continuo en los procesos de producción. Hoy en día la gestión se centra en desarrollar un estudio a unidades y procesos que tiene una gran probabilidad de equivocaciones, asimismo para controlar se aplican técnicas estadísticas, mediciones, integraciones de áreas, entre otros, para así poder evitar y controlar las fallas.

La gestión de mantenimiento se puede definir en una mejora de costos y esfuerzo, así se podrá comprender lo siguiente:

- Gestión: es una operación de realizar y administrar, son operaciones que definen en manejar una organización, gestionar también conlleva, liderar, organizar, etc.
- Mantenimiento: está compuesto por estrategias, que tienen un propósito de controlar activos los equipos productivos, con el mínimo de costes y un mejor aumento de tiempo, asimismo, asegurando una mejor eficacia.

Por lo tanto, la gestión de mantenimiento tiene como conjunto administrar, gestionar y organizar los activos para mantener su eficiencia por periodos de un aumento de tiempo y mínimo de costo (14).

Los beneficios que se alcanza con un apropiado de gestión de mantenimiento son:

- Minimizar los costos que se dan por equivocaciones en los equipos, lo que minimiza en cortar la producción y se tendría un aumento de pérdidas.
- Realizar un aumento en el inventario del repuesto que se encuentran disponible en el stock, de esta manera se puede evitar un comprar innecesaria.
- Apoyar en bajar los costos de producción, asimismo generar nuevos productos que tengan una mejora en la competitividad en el mercado.
- Mantener controlado los desechos de recursos, ya sea que contengan energía, materia prima o mano de obra.
- Apoyar en una mejora consumo de recursos y mantener el presupuesto asignado en el área de mantenimiento.
- El incremento de tiempo en los dispositivos de trabajo.
- Aceptar en la ejecución los estándares de calidad.

Asimismo, en las filosofías de gestión de mantenimiento se tienen que adaptar a las realidades de empresas, considerando:

- Mantenimiento preventivo - correctivo: se define en una programación de las actividades y asignación de una variedad de recursos, asimismo, se puede realizar un mantenimiento cuando presente alguna falla.

- Mantenimiento productivo total (TPM): son tareas habituales de mantenimiento que son realizadas por cada encargado de área.
- Mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM): se define en prevenir algunas fallas mediante técnicas de predicción y prevención.
- Mantenimiento como cliente interno de producción: el área de mantenimiento se transforma en un cliente interno y en dependiente del área de producción, logrando un mejor trabajo y asimismo permitiendo un buen resultado en el proceso productivo eficiente.
- Administración de mantenimiento: se basa en crear un grupo que conformen recursos y personal, inmerso en gestionar, planificar, ejecutar y supervisar las tareas de mantenimiento.
- Gestión integral de mantenimiento: agrupa labores administrativas en el proceso de mantenimiento con otras áreas de la organización.

Al paso de tiempo está disminuyendo la anticuada creencia de que el mantenimiento es un mal necesario; asimismo, cada día que pasa se vuelve más común que muchas empresas vean al mantenimiento como una gran inversión, lo que es beneficioso en la operatividad.

A lo largo de los años la operatividad tiene como finalidad tener un conjunto de desgaste, lo que puede causar problemas en la entrega de un producto o servicio; asimismo, se tiene que actuar de manera inmediata para solucionar a tiempo, incluso si no se hace puede causar problemas legales. El mantenimiento es una actividad que se realiza sobre un equipo restablecido que tiene una gran capacidad en las respectivas funciones.

El mantenimiento se define “como un grupo de técnicas destinadas a convertir en una variedad de elementos e instalaciones en servicios en el mayor tiempo posible (obteniendo la más alta disponibilidad) y un mayor rendimiento” (2).

Así también, uno de los principales objetivos del mantenimiento es tener disponible la operatividad de los equipos en la producción, sin incurrir en pérdidas económicas y asegurando la continuidad de dichos equipos (15).

Por otro lado, se dice que la conservación industrial no posee un concepto claro y definido, además tampoco existe diferencias entre las labores de preservación, conservación y mantenimiento. Esto resulta dificultoso para

la racionalidad y en consecuencia provoca escenarios como: conflictos constantes entre el área de producción y el área de mantenimiento, el personal de mantenimiento de contingencia traspasa a menudo los márgenes de la conservación programada; así también, el mismo personal se encarga de labores de mantenimiento de contingencia y de mantenimiento programado, entre otros (16).

Para ello es necesario organizar un equipo de trabajo con la finalidad de mantener la maquinaria en buen funcionamiento, todo ello basado en el equilibrio de factores, donde se debe considerar el minimizar los costos mientras estén detenidos los equipos por mantenimiento, así como aumentar la vida útil de la maquinaria maximizando el capital que se invierte y también aumentar los beneficios de la organización minimizando los costes en la operación y mantenimiento (17).

La gestión tiene relación con la dirección de las organizaciones, teniendo control de los recursos, así como la planeación y el manejo. Por otro lado, una operación es concretar la actividad de mantenimiento. El mantenimiento se encuentra limitado por el tipo de industria, economía, políticas, nivel de productividad, vida útil de la maquinaria, personal, entre otros. “El esquema contemporáneo de mantenimiento tiene que vincular las herramientas referidas a gestionar, además el concepto integral es manejado a partir de utilizar con eficacia y eficiencia los factores productivos tanto de manera individual y grupal” (18).

Con todo lo mencionado se entiende la importancia de tener un mantenimiento preventivo sistematizado que se encargue del estado de cada una de los equipos y maquinarias de una organización y que de esta forma se puedan programar las actividades a realizar, en el momento idóneo y que genere un menor impacto.

El mantenimiento preventivo está referido a que no es necesario que las máquinas presenten fallas para recién realizar algún tipo de reparación dado que esto ocasiona retrasos, pérdida de tiempo, gastos adicionales innecesarios, etc., lo ideal es que se programe los recambios con los tiempos necesarios para evitar que ocurra la falla; esto se obtiene al

conocer la especificación técnica de cada equipo mediante sus manuales de funcionamiento (19).

### 2.2.2. Planeamiento

El planeamiento es un instrumento útil de gestión que ayuda a la toma de decisiones en las empresas conforme a las actividades que se desean programar o trascender en un futuro para poder adecuarse al plan de trabajo, también a los cambios que se presenten y a las demandas que el entorno exige con respecto a la eficiencia, calidad en bienes y servicios, etc. Por tanto, se define al planeamiento como el intento de crear un futuro y no presentar fallas en los hechos, esto vincula al presente con el futuro y conocimiento teórico con la acción. Es concebir un futuro deseado y los medios para poder llegar a éste (20).

El planeamiento es un método que sirve para la intervenir en producir un cambio en el curso sobre la tendencia de los eventos que se presentan. Este planeamiento está limitado por las condiciones que se presentan en el entorno empresarial o en la misma sociedad.

El planeamiento surgió como instrumento en las grandes empresas, las cuales se vinieron desarrollando transnacionalmente; estas técnicas fueron aplicadas posteriormente en políticas públicas.

La planeación de actividades de mantenimiento es necesario para conseguir, las metas, objetivos, y la constancia de los procesos para conseguir todo lo anteriormente propuesto, un aspecto a tomar en cuenta es el orden de las tareas primordiales, determinando la cantidad de tiempo para completar cada tarea y determinar el tipo de maquinaria, herramienta y labor necesaria para completar esa tarea.

La planeación de mantenimiento también concierne las actualizaciones de las destrezas y habilidades propias del personal de mantenimiento, capacitándolos constantemente. El planeamiento también establece límites y tolerancias para fijar metas (21).

Antes de definir el plan de mantenimiento se tiene que establecer la lista de equipos, codificarlos y analizar el modelo de mantenimiento idóneo para el equipo.

El plan de mantenimiento es aquel documento en la que se encuentran todas las actividades de mantenimiento programadas para asegurar la disponibilidad y operatividad de la maquinaria, al mismo tiempo este documento puede tener variaciones debido a las incidencias que se vayan presentando en la planta (2).

Las fases del plan de mantenimiento, según García (2) son las siguientes: “fraccionamiento de la planta en áreas, elaborar una lista de equipos, descomponer cada equipo en sistemas y elementos, codificar, y asignar el modelo de mantenimiento que mejor se ajuste a las necesidades del equipo y actividades en el sistema productivo de la planta.” Las tareas del plan de mantenimiento comenzarán una vez concluidas las fases ya mencionadas.

Los tiempos en el cumplimiento de tareas en la planeación de mantenimiento, está ligado al historial técnico de la maquinaria; se suele utilizar estimaciones de tiempo como variable de entrada y alcanzar recursos necesarios para las actividades.

- Análisis: del funcionamiento actual de la maquinaria que implica mantenimiento y confiabilidad, así como las fallas que le impiden a la empresa continuar con sus operaciones.
- Histórico de averías: es necesario tener información sobre los datos históricos de la flota de maquinaria, para que de esta forma se pueda conocer como ha sido el desarrollo de los estados de los equipos y su disponibilidad.

### 2.2.3. Organización

Se define a la organización como un sistema para poder llegar a ciertas metas u objetivos, estos sistemas también poseen otros subsistemas, que permiten cumplir funciones puntuales (22).

Respecto al concepto de organización, es un grupo social conformado por personas, tareas y roles administrativos los cuales interactúan en medio de una estructura sistemática con el fin de cumplir ciertos objetivos trazados. Para su función y existencia se debe de contar con individuos que se comuniquen y procedan a operar de forma regulada. Las funciones de las organizaciones se reglamentan con normas determinadas para la correcta consecución de los objetivos.

En el área de mantenimiento se debe lograr una organización con todas las sub áreas del mantenimiento para poder lograr un adecuado funcionamiento en conjunto y llegar a la tarea principal conservando los altos estándares de eficiencia y calidad.

El análisis de los equipos determinan la organización de las paradas , las paradas son actividades de revisiones que se realizan a la maquinaria en ciertas épocas del años, con la finalidad de que el resto del año se dedique a solucionar los problemas que van apareciendo; entre los principales problemas de las paradas se mencionan: en una cantidad limitada de tiempo se pretender realizar muchas intervenciones, se cuenta con personal con habitual en la planta que no tiene capacidad técnica para las intervenciones es por eso que el rendimiento del personal es bajo ,tienen costos elevados (2).

Dentro de la organización, el área de mantenimiento es la encargada de organizar, gestionar los factores o recursos productivos que sirvan para la producción de bienes y brindar servicios. Es muy importante que la empresa maneje una organización sólida para que no haya un funcionamiento inadecuado de la gestión de mantenimiento dado a que esto puede afectar la calidad del producto final, así como la eficaz producción o la situación financiera de la compañía, las acciones que se tomen para mejorar el área de mantenimiento tienen que responder a las exigencias de todas las áreas que comprende la empresa.

Una organización es la estructura de un sistema que está diseñada para que los recursos que se apliquen tanto como técnicos, humanos, económicos, informativos entre otros; de manera coordinada y ordenada logren un determinado fin.

Por tanto, una organización de mantenimiento tiene que diseñarse de tal forma que actúe sobre los equipos logrando la mayor disponibilidad, al mínimo costo posible de forma segura sin afectar al medio ambiente. La maquinaria presenta características propias de comportamiento en el todo y en cada uno de los sistemas que la forman, por lo que deberemos conocer cada uno de ellos para de esta forma poder comprender que les puede ocurrir y la forma en la que se debe actuar para poder controlar su mantenimiento y por ende evitar su deterioro alargando su vida útil con la finalidad de generar confiabilidad con mínimas interrupciones que generen incumplimientos de programas productivos (23).

#### 2.2.4. Dirección

La dirección consta de la ejecución de planes que están de acuerdo con la estructura organizacional, todo esto a través de una guía de, para el grupo, mediante motivación, comunicación y supervisión (24).

El medio en el que operan las empresas es muy versátil, todo el personal no puede ser programado por la empresa para los determinados procesos que existen, normas y políticas. Los seres humanos no son máquinas, incluso las máquinas requieren de la intervención humana para poder funcionar.

La dirección también es definida como la acción de llevar a cabo ciertas actividades programadas por medio de un administrador, quien establece carácter y tono de organización (25).

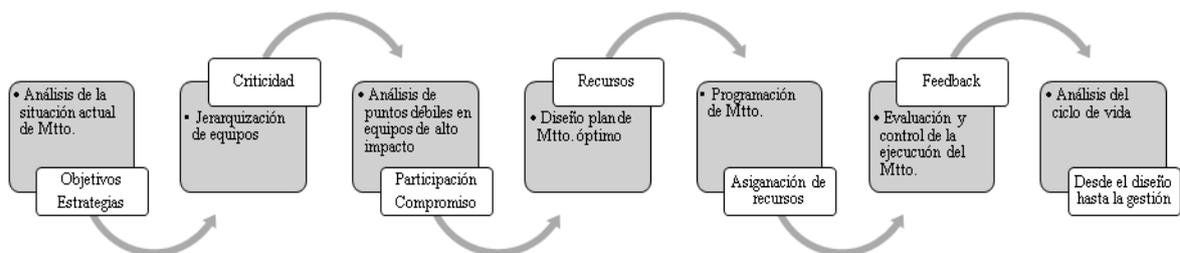


Figura 1. Modelo de gestión de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia (adaptación).

En la figura presentada se muestra el modelo de cómo gestionar el mantenimiento de equipos para una empresa. En este caso para la empresa PRODISE, por lo que la secuencia está dirigida al mantenimiento.

#### 2.2.5. Control

El control se define como la evaluación de una acción, de esta manera poder detectar posibles desvíos respecto del objetivo al que se desea alcanzar, de esta manera poder corregir estos desvíos mediante el empleo de un sistema determinado (26).

El control se ve relacionado con el esquema de organización de la empresa o del área donde se determina establecerlo; para lograr este control se deben implementar los siguientes pasos:

- Instaurar normas y métodos para la ejecución de actividades con los respectivos controles para la medición exacta del rendimiento.
- Comprobar si los resultados van de la mano con los objetivos.
- Medir y evaluar resultados.
- Tomar acciones correctivas.
- Efectuar ajustes necesarios.

El control en el área de mantenimiento debe ser una función dinámica que tiene implicancia en las actividades, procesos y operaciones que se realiza en esta, con el propósito de alertar detectar y orientar en la corrección de lo que está fallando en las maquinarias a las cuales se les realiza el mantenimiento. En este proceso es importante una acción vigilante o de supervisión durante todo el proceso en tiempo real.

Así también, en los niveles de control podemos encontrar haciendo analogía con una pirámide, en la base podemos encontrar al control de operaciones y control financiero, en el medio al control estructural y en la punta de la pirámide al control estratégico (27).

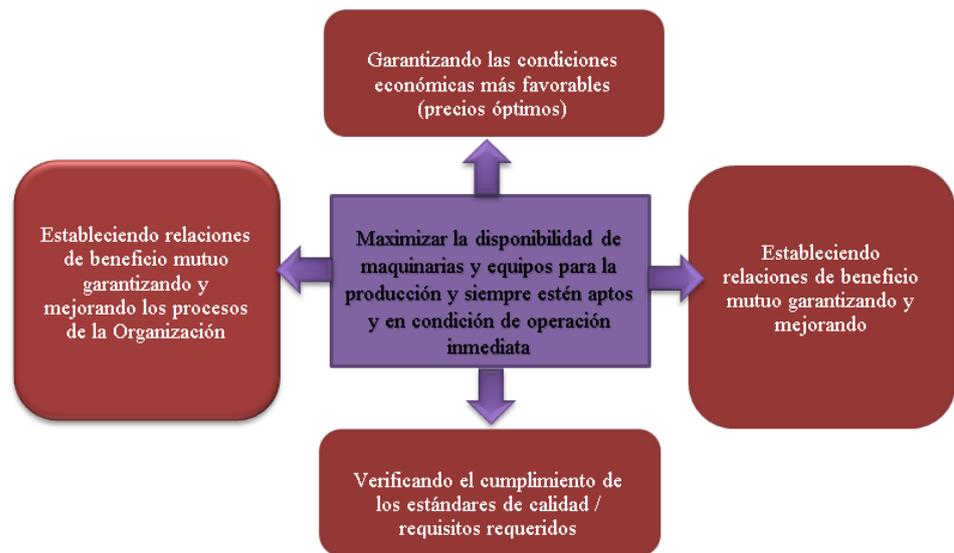


Figura 2. Objetivo del área de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

La anterior figura corresponde a los objetivos del área de mantenimiento dentro de una compañía dedicada a dar este tipo de servicios y que cuenta con maquinaria y equipos especializados para ello. Se muestra también la relación que existe entre el control y los beneficios de aplicarla.

#### 2.2.6. Desempeño

Se define al desempeño como una herramienta que mide el concepto que se tiene con respecto al trabajo que se realiza en una determinada labor y también de los colaboradores que la efectúan. Esta herramienta brinda toda la información así también de las competencias individuales con la finalidad de incrementar mejoras continuas para lograr las metas definidas en el área y la empresa (28).

La piedra angular para la obtención de efectividad y éxito dentro del área es el desempeño de los colaboradores y de las tareas que se realizan en la empresa.

Por tanto, el desempeño en el área de mantenimiento viene a ser dado por el comportamiento de los trabajadores frente a las labores del cargo, todo esto depende del proceso de regulación de la empresa.

El desempeño es un valor que se espera aportar a una organización con respecto a las conductas que los trabajadores a cabo en un periodo de tiempo.

El desempeño debe ser evaluado en el área con la finalidad de poder replantear las fallas e incrementar la productividad. Entre los elementos que inciden en el desempeño laboral, son las retribuciones monetarias, satisfacción con respecto a las tareas asignadas, habilidades, aptitudes, capacitación, desarrollo, clima y cultura organizacional, expectativas del empleado, entre otros.

Para medir el desempeño se toman en cuenta los siguientes criterios:

$$\text{Horas extra por operario} = \frac{\text{total horas extra}}{\text{número de operarios}}$$

Esta métrica se puede utilizar para comprender el nivel de compromiso de los operarios, pero no se toma como un indicador de la dedicación de los empleados, en cuanto a la calidad del trabajo.

$$\text{Capacidad de operario} = \text{capacidad semanal} - \text{hrs. totales registradas}$$

O también la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad del operario} = \frac{\text{capacidad utilizada} - \text{tpo. asignado} * 100 \%}{\text{capacidad instalada}}$$

La capacidad del operario mide el rendimiento productivo. Muestra sobre todo que personal puede asumir un poco más de trabajo al poseer espacio. El cálculo es empleado para la distribución de trabajo de forma equitativa.

Para poder medir el desempeño de la empresa se toman en cuenta los siguientes puntos:

- Establecer estrategias operativas y comunicativas.
- Cálculo del desempeño operativo.
- Cálculo del desempeño ejecutivo.

- Análisis de procesos.
- Replantear la estrategia y los procesos.

### 2.2.7. Costos

Es un gasto económico que se realiza o se genera por la producción de bienes o servicios. Los costos también son involucrados con la adquisición de insumos. Pago de trabajadores, gastos de producción y administrativos, entre otros (29).

La fabricación de productos en un menor tiempo menor costoso es lo que los gerentes en las organizaciones buscan, ya que de esta manera conseguirán hacerse más competentes, siendo los costos factores claves en la toma de decisiones, suele confundirse los costos con los gastos, pero estos no son lo mismo. Mediante el punto de equilibrio las empresas determinan el volumen requerido para producir, con la finalidad de que los costos variables alcancen a los costos fijos en el punto de equilibrio (30).

El área de mantenimiento está relacionada con los costos de repuestos, mantenimiento y lo que genera que los equipos estén parados, en ese caso serían costos de pérdida.

Estos costos son calculados con el fin de estimar un total en un determinado lapso de tiempo, se tiene las siguientes categorías de costos:

- Costo industrial: Relacionado a costos generales como básicos.
- Costo financiero: Implica a los costos de financiamiento del negocio.
- Costo de explotación: Implica a los costos de venta o administración.
- Costo directo: En estos costos están implicados la energía utilizada, uso de materias primas y mano de obra.

Para esta investigación los costos que son de importancia son:

- Costos anuales de operación:

$$CO = COP + COE + COM + COT + COE$$

Donde:

- COP = costos de personal de operación.
- COM = costos de materiales de operación.
- COE = costos de energía.
- CCE = costos de entrenamiento continuo de los operadores.
- COT = costos de transporte.

- Costos anuales de tiempos de parada:

$$CS = NT * TPM * CPP$$

Donde:

- NT = número de veces por año que el equipo se detiene por mantenimiento.
- CPP = costos de pérdida de producción por hora.
- TPM = tiempo de parada.

#### 2.2.8. Disponibilidad

Respecto a la disponibilidad, es el objetivo primordial del mantenimiento; es la confianza de que un componente (equipo o maquinaria) realice su función de modo satisfactorio para un momento determinado. La disponibilidad se manifiesta como la cantidad de tiempo en que el componente está preparado para operar de modo continuo; es por esto que, para el diseño de equipos, se requiere buscar un equilibrio entre la disponibilidad y el costo, y en base a los requerimientos pueden variar los niveles de disponibilidad para disminuir dichos costos (31).

Para obtener la disponibilidad de los componentes se utiliza la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{\text{tiempo programado} - \text{tiempo de parada} * 100 \%}{\text{tiempo programado}}$$

### 2.2.9. Tiempos en el mantenimiento

El tiempo es aquello en lo que se producen o se desarrollan diferentes acontecimientos. El tiempo es algo en lo que se puede fijar arbitrariamente un punto actual llamado ahora, de tal manera que en relación a otros dos puntos temporales se pueden decir que uno forma parte del anterior y el otro posterior (32).

El tiempo en el área de mantenimiento es aquel en el que se desarrollan las actividades de reparaciones o prevenciones, el tiempo para estas acciones es importante debido a que se debe cumplir con estos para no retrasar la producción ni mantenerla en espera. De esta manera también el tiempo útil de las maquinas a las que se realiza el mantenimiento se ve prolongado debido a la prevención de fallas de las cuales la maquina pueda presentar disminución del tiempo de vida.

El tiempo relativo solo es capaz de centrarse una limitada cantidad de cuestiones, y para controlar el tiempo resulta contraproducente no tener varias distracciones; se afirma que solo se puede vivir en el ahora, si se llega a entender aquello, se utilizará posiblemente el tiempo de forma juiciosa (33).

El tiempo requerido para puesta en funcionamiento de la maquinaria tras una falla se divide de la siguiente forma:

- Tiempo de detección.
- Tiempo de espera.
- Tiempo de comunicación.
- Diagnóstico de la avería.
- Acopio de repuestos y materiales.
- Acopio de herramientas y medios técnicos necesarios.
- Pruebas funcionales.
- Reparación de la avería.
- Puesta en servicio.
- Nivel de servicio
- Redacción de informes.

Así también, entre los indicadores importantes podemos encontrar:

- Indicador de confiabilidad: que es el tiempo medio entre fallos (MTBF); mide la tasa de fallos aleatorios no previstos.

$$MTBF = \frac{\text{tiempo programado} - \text{tiempo de parada}}{\text{número de paradas}}$$

- Tiempo medio de reparación (MTTR), considera el tiempo medio que toma la resolución del fallo luego de que su ocurrencia.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento}}{\text{número de reparaciones}}$$

#### 2.2.10. Mejora de procesos

Esto refiere al conjunto de acciones orientadas hacia una finalidad, que vendría a ser la mejora de los procesos operativos, mediante el cual se contribuye a la satisfacción de los clientes y la mejora de la competencia de la organización en el mercado. Asimismo, al ejecutar la mejora en los procesos, se espera tomar decisiones más óptimas además de eficientes grupos laborales (34).

Se considera para esta investigación la definición de los procesos estratégicos, los cuales consideran practicar las estrategias para una organización, estas estrategias son empleadas para negocios que poseen el propósito de lograr reconocimiento y mejorar el servicio a los clientes. Se esboza el ejemplo de una empresa que busca optimizar su servicio y conseguir reconocimiento tendrá que efectuar estrategias como capacitar a sus colaboradores en los procesos de gestión. Además, diversas organizaciones emplean otras estrategias para lograr posición en el mercado y debido a esto, radica la importancia de los procesos estratégicos dentro de una organización (35).

En tanto que los procesos de apoyo favorecen al sistema de gestión, sin embargo, no son estratégicos ni trascendentales. Estos procesos están

relacionados con las normas de gestión, se mencionan a: documentación controlada, acciones correctivas, auditorías internas y gestión de los equipos y productos. Es trascendental tomar en cuenta algunos criterios claves al examinar un proceso; se menciona los siguientes:

- Omitir las operaciones que no favorecen a la empresa.
- Tomar en cuenta la calidad y productividad.
- Para la mejora es necesario conocer los datos e información acerca del desempeño.
- Para la mejora se requiere llegar a un estado de control y apuntar hacia la eficiencia y la eficacia.

### 2.3. Definición de términos

- **Actividad:** son tareas establecidas y adecuadamente coordinadas con el propósito del alcance de un objetivo.
- **Desempeño:** en una empresa, se entiende como el proceso gestionable que junta varios componentes, como el talento, la infraestructura, el contexto de negocios y los resultados esperados en la empresa.
- **Disponibilidad:** puede definirse como la relación entre el tiempo en que un componente queda en disponibilidad para operar y el tiempo total de reparación.
- **Gestión:** es un conjunto de operaciones ejecutadas para dirigir y administrar una empresa; asimismo, se define como las acciones ejecutadas para conseguir o resolver alguna situación.
- **Mantenimiento:** es la conservación de un objeto en buen estado o en una situación determinada para evitar su deterioro.
- **Modelo matemático:** es una representación resumida, mediante ecuaciones, fórmulas y funciones matemáticas, de un fenómeno o de la correlación de dos o más variables.
- **Procesos:** son cadenas de tareas que uno o diversos sistemas despliegan alcanzar una definida salida (output) a un usufructuario, a partir del uso de expresos recursos (entradas/input).

- Programación lineal: es un modelo matemático particular de la programación diferenciable con restricciones de desigualdad, este modelo es empleado cuando las funciones son lineales.
- Software AMPL: es un lenguaje de modelado algebraico utilizado en la programación matemática: un lenguaje que expresa en notación algebraica inconvenientes de optimización como por ejemplo los problemas de programación lineal y entera.
- Unidad minera: es una unidad económica que bajo el control de un solo propietario realiza actividades mineras que puede ser la extracción, explotación y/o beneficio de minerales tanto metálicos o no metálicos, y que tiene centros operativos como son zonas de extracción, galerías, obras e instalaciones, los cuales se ubican contiguamente en un espacio geográfico determinado. Dicha unidad minera puede estar constituida por varias minas y puede incluir su propia planta.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método y alcance de la investigación

##### 3.1.1. Método de la investigación

Para esta investigación se empleó el método deductivo, desde eventos conocidos se consiguió conocer eventos desconocidos, en otras palabras, con el conocimiento de los procesos de mantenimiento, se alcanzó a determinar las actividades que no generan algún valor agregado, así como sobrecostos, para posteriormente se puedan utilizar herramientas de gestión, con el propósito de y optimizar los procesos (36).

Así también, se empleó el método analítico, ya que se descompone el tema en fracciones para observar los efectos. Este análisis partió la observación de los hechos particulares.

##### 3.1.2. Alcance de la investigación

Para demarcar el alcance de esta investigación, se estudió las operaciones efectuadas en los procesos de mantenimiento del caldero Oschatz de la empresa minera. Con este estudio se pretendió reducir los sobrecostos que se dan de la siguiente manera:

- Menores tiempos ante paros en las actividades de mantenimiento.
- Mayor disponibilidad de equipos.

### 3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue de tipo descriptivo y propositivo, dado que se observó el fenómeno en su comportamiento natural, sin ningún tipo de intervención para así identificar las causas de los problemas que se presentan en los procesos de mantenimiento. Para contrastar la hipótesis, se aplicó un diseño cuasi experimental pues hubo cierto grado de manipulación de las variables a través de la aplicación de un modelo matemático que hace parte de la investigación operativa.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población para la cual son válidas las conclusiones alcanzadas en la investigación y que están implicadas en esta investigación, se conforman por los elementos y colaboradores que conforman la empresa minera con su sede en la ciudad de Ilo.

#### 3.3.2. Muestra

Se consideró, en la presente investigación, a todos los operarios que interactúan en los procesos de mantenimiento del caldero Oschatz de la empresa minera y demás factores que son parte de la problemática detectada en dicha actividad. Por ser una cantidad reducida de trabajadores en el área objeto de estudio, se asumió como muestra el total de ellos, siendo un número de 50 trabajadores que laboran durante los dos turnos.

La muestra es de carácter no probabilística y censal respecto a las actividades de mantenimiento.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Encuesta: dirigida a los trabajadores relacionados a los procesos de mantenimiento de la unidad minera, para alcanzar la identificación de la situación actual de las actividades de mantenimiento.
- Entrevista: dirigida a la jefatura y los responsables del área en estudio de la unidad minera, con la finalidad de conocer los procesos actuales de mantenimiento.
- Observación directa: dirigida a los colaboradores con labores en las actividades de mantenimiento, sin intervenir ni alterar dichas actividades, con la finalidad de identificar la problemática y fallas en los procesos operativos.
- Recopilación y análisis documental: para el análisis respecto a la información disponible en la empresa, mantenibilidad y disponibilidad de los componentes, así como de los trabajadores; esto mediante base de datos, hojas de trabajo, registros, y otros documentos.

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- Para las encuestas se tuvo un cuestionario de preguntas cerradas.
- Para las entrevistas se tuvo una guía de entrevistas con preguntas abiertas.
- Para la ejecución de la observación directa se empleó guía de observación.
- Así también el uso de un anecdotario y diario de campo para recopilación de la información.

Por otra parte, se nombran a continuación las herramientas empleadas para el análisis de los datos:

- Modelamiento matemático (programación lineal).
- Simulación a través del software AMPL.
- Programa SPSS para la codificación y tabulación de la data obtenida.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

##### 4.1.1. Descripción de la actividad de la empresa

La unidad minero metalúrgica donde se ejecuta el estudio está ubicada en la ciudad de Ilo, en el departamento de Moquegua.

Con más de 50 años en el sur del Perú, esta unidad minera es una de las productoras integradas de cobre más grandes de la región. Produce cobre, molibdeno, plomo, zinc, plata y carbón. Las operaciones respecto al minado, fundición y refinación de mineral están localizadas en Perú y México, además conduce actividades de exploración en estos países y en Chile. Esta empresa minera también tiene acciones comunes que están listadas tanto en la Bolsa Valores de Lima como en la Bolsa de New York.

El entrenamiento constante además del apropiado ambiente laboral hace que los trabajadores ejecuten tareas con un alto sentido de calidad y dedicación. No obstante, es neurálgico el riesgo para el personal expuesto a los procesos de mantenimiento del caldero Oschatz, junto a los electroprecipitadores en el área de producción de la unidad minero metalúrgico.

El objetivo central de la compañía es la de tener la preferencia de su cliente principal por el servicio brindado y sobrepasar su productividad actual.

#### 4.1.2. Misión

Aliviar la pobreza y extrema pobreza atendiendo las necesidades de las localidades y regiones donde opera la empresa minera, para lograr el desarrollo sostenible de su población, promoviendo una cultura de responsabilidad social, empresarial y minera en el país.

#### 4.1.3. Visión

Ser una asociación líder en la promoción del desarrollo sostenible, mediante la articulación de redes sociales locales y el desarrollo de estrategias participativas, y reconocida por la valoración, cuidado y promoción de la cultura local, el medio ambiente y el desarrollo productivo.

#### 4.1.4. Valores

- Creatividad: búsqueda constante de nuevas formas de hacer las tareas brindando beneficios tanto para el colaborador, la compañía y la sociedad.
- Equidad: brindar a cada personal lo correspondiente de acuerdo a criterios verídicos y sensatos.
- Solidaridad: formar compañerismo y un clima de amistad, laborando así para cumplir la misión y encaminados para el alcance de la visión. Tener una constante disposición para brindar un trato amable y ofrecerles apoyo, mientras se realicen las tareas con eficiencia, calidad y pertinencia.
- Puntualidad: efectuar las obligaciones y los compromisos en el tiempo establecido, respetando y valorando en el tiempo de los demás.
- Honestidad: actuar con transparencia y precisa orientación moral en el cumplimiento de las responsabilidades fijadas en el uso de información, recursos financieros y materiales. Exponer una conducta ejemplar dentro y fuera de la organización.

- Respeto: tener una conducta que considere los derechos primordiales de otras personas y de nosotros mismos. De esta manera, reconocer y dar cumplimiento a las leyes, las normas sociales y las de la naturaleza.
- Laboriosidad: aprovechar el trabajo como una vigorosa fuerza transformadora, con ello conseguir los objetivos de la empresa y alcanzar altos niveles de desarrollo y productividad.
- Responsabilidad: asumir las consecuencias de los actos o no actos en la organización y su entorno. Realizar acción alguna cuando sea menester; actuar de forma que se alcance los objetivos de la empresa.

#### 4.1.5. Organigrama de la empresa

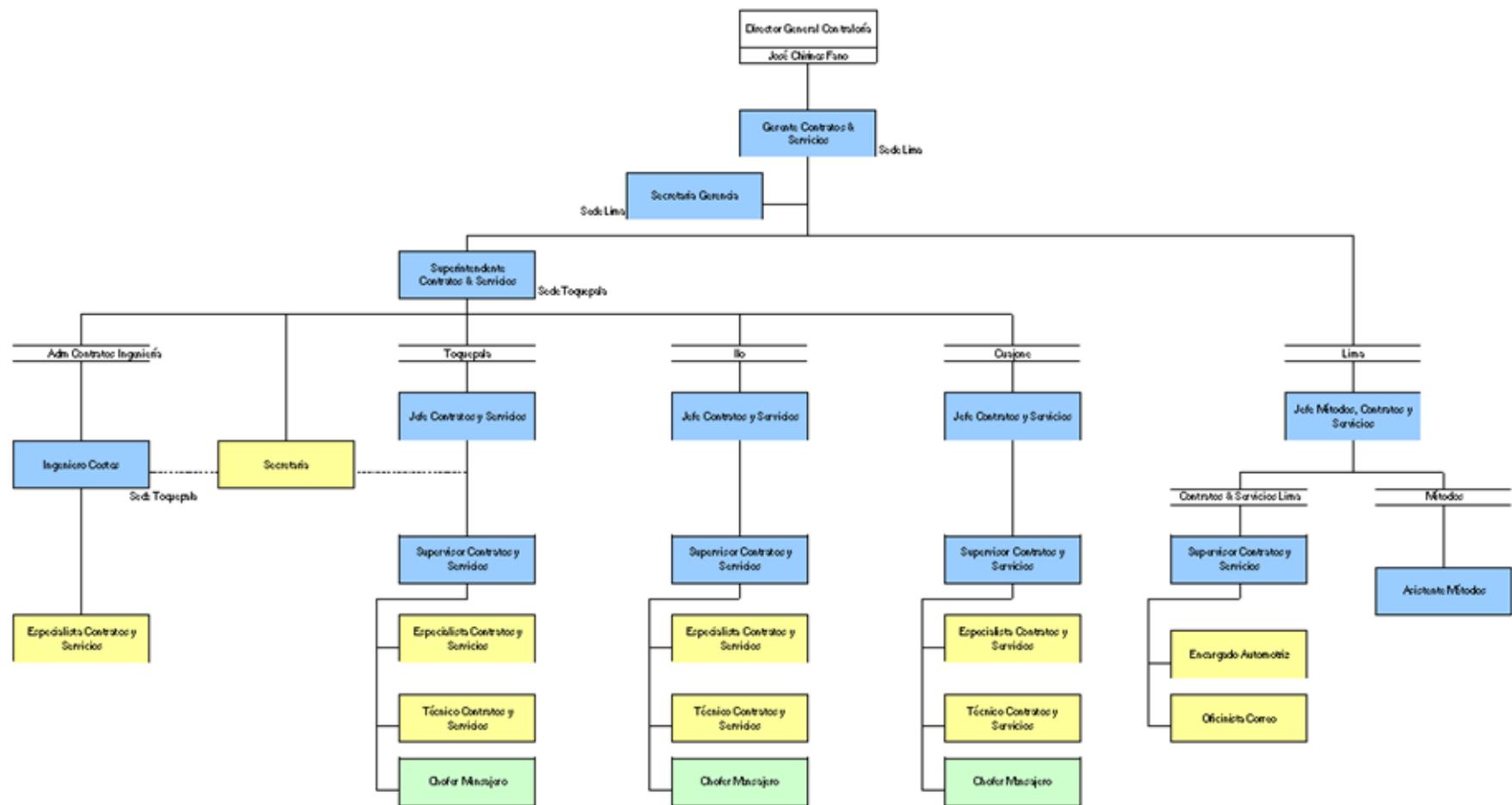


Figura 3. Organigrama de la empresa.

Fuente: cotejo propio.

#### 4.1.6. Políticas del Sistema Integrado de Gestión

La unidad minera en estudio, corresponde a una compañía minero metalúrgica productora de cobre y sus subproductos, formada por un equipo motivado y eficiente con el compromiso de afrontar los siguientes puntos:

- Cumplir con los requisitos que son aplicables respecto a la calidad de los productos y servicios, la seguridad, el ambiente y la salud laboral, también engloba a los requisitos legales y otros que asume la empresa voluntariamente.
- Optimizar los procesos relacionados a la mejora continua del sistema integrado de gestión, asimismo con su desempeño.
- Búsqueda del desarrollo y compromiso de los colaboradores para su participación activa en el cambio cultural de la gestión integrada de la calidad, seguridad, ambiente y salud laboral.
- Ejecutar la identificación de peligros, control y evaluación de riesgos, con el objetivo de advertir la ocurrencia de enfermedades, lesiones, incidentes conexos con el trabajo; así como determinar los aspectos e impactos ambientales, fortificando el compromiso de protección y prevención del ambiente.

#### 4.1.7. Mapa de procesos

El mapa de procesos representa gráficamente los procesos que están incluidos en la empresa, tanto los procesos estratégicos, críticos y de soporte.

Se debe tener una representación sencilla que ofrece una visión general y que se pueda tomar como un punto de partida para poder desplegar cada proceso en un diagrama de flujo, relacionando todos los sub procesos.

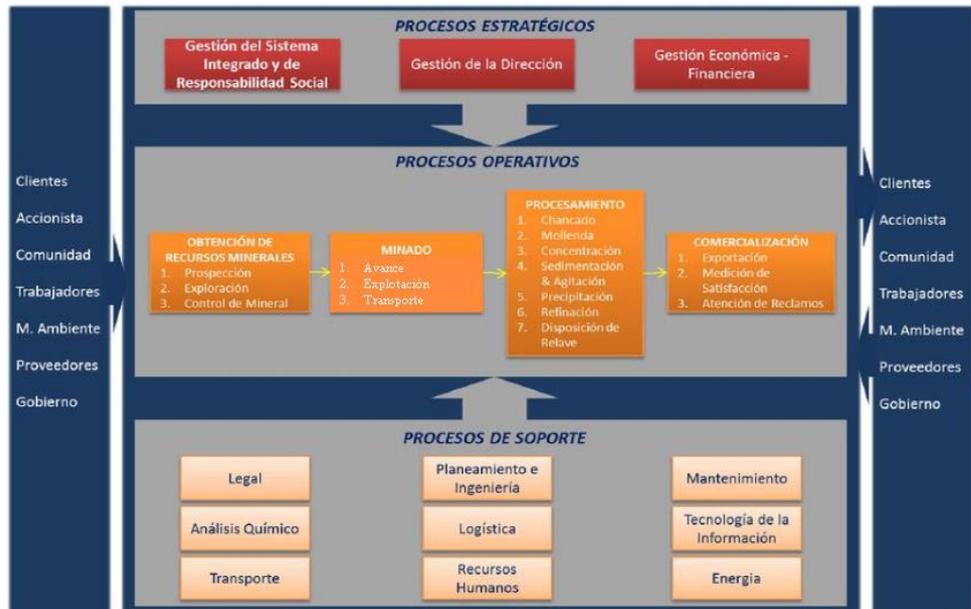


Figura 4. Mapa de procesos.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.8. Operaciones de mantenimiento

En lo referente a las operaciones que realiza la empresa respecto a las acciones de mantenimiento de la empresa, se encuentra al mantenimiento correctivo y preventivo de unidades de la empresa.

El cuanto al mantenimiento correctivo cuyas reparaciones se les realiza a las unidades cuando estas presentan fallos. Se puede mencionar que, en general, el mantenimiento preventivo de las unidades se programa de forma improvisada acorde al histórico de averías y los reportes de los usuarios.

Entre los servicios básicos que se efectúan están los siguientes:

- Mantenimiento a equipamiento de transporte.
- Mantenimiento a equipamiento de excavación y carga.
- Mantenimiento a buldóceres.
- Mantenimiento Horno ISA y Caldero Oschatz.

Este último, que es el que compete a esta investigación, consta de mantenimiento preventivo y correctivo de componentes como son:

- Furnace Damper.
- Transición del Caldero y Anillo de enfriamiento - Cooling Screen.
- Tapa del Horno Isasmelt - Furnace Cover.
- Bloque de salpicado - Splash Block.

#### 4.1.9. Mantenimiento Horno ISA y Caldero Oschatz

La presente investigación se centra en las operaciones de mantenimiento del Caldero OSCHATZ, del electroprecipitador del ISA y electroprecipitador de los Convertidores. Para ello el mantenimiento se centra en asegurar la eficiencia del sistema de Rappers instalado en los Ejes N° 1, 2 y 3 del Caldero Oschatz, garantizando su funcionamiento en la operación, donde normalmente se presenta la necesidad de intervenciones programadas y no programadas para su inspección y mantenimiento menor y mayor. Dada las circunstancias donde surgen intervenciones y la poca disponibilidad de personal debido a actividades en paralelo, refiéranse a actividades programadas, da la necesidad de contar con un servicio que sea más eficiente en las rutinas de mantenimiento tanto preventivo y correctivo de los equipos del sistema de rappers en el Caldero Oschatz, Rappers IFR 1, 2 y 3, rappers del electroprecipitador del Horno ISASMELT y rappers del electroprecipitadores de PSC.



*Figura 5.* Horno ISA y Caldero Oschatz.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

El sistema de rappers que existen en los diferentes niveles, están compuestos por diferentes cantidades de sistemas de martillos operados por un motor eléctrico; se les distinguen de la siguiente manera:

- Rapper Simple (un motor conectado a un eje y un martillo).
- Rappers Múltiples (un motor conectado a un eje a 2 o 3 martillos).
- Bundles Rappers (un motor conectado hasta 33 Rappers).

Este sistema de Rappers consiste en un total de 79 motores eléctricos y 226 puntos de rappeo, estos dispositivos consisten de:

- Martillos giratorios y ejes/árboles de martillos, ruedas dentadas ordenadas en conexión tipo sinfín con los sacudidores, montadas en el árbol del martillo, yunques montados en chapas de cojinetes especiales instaladas en las paredes de los tubos, propulsiones de motores eléctricos para el manejo de las ruedas de disco, cojinetes y soportes para apoyar los árboles de las ruedas y los martillos. Esta data se encuentra especificada a profundidad en el Anexo 3.



*Figura 6. Rappers.*

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

El detalle de los Rappers y sus componentes se muestran en el Anexo 4.

A continuación, se exponen las actividades a ejecutar para el mantenimiento de forma general, así como la localización en la que se lleva a cabo y el número de martillos presentes en cada uno.

<b>Rappers del Electroprecipitador del Horno ISASMELT</b>			
<b>Localización</b>	<b>Número de Martillos</b>	<b>Trabajos a realizar</b>	<b>Observaciones</b>
Nivel 5 - Lado Sur	21 martillos	- Inspección General. - Reajuste y reposición de pernos.	
Nivel 5 - Lado Norte	21 martillos	- Reparación de yunques en caso lo amerite	
Nivel 5-1/2 - Lado Sur	9 martillos	- Cambio de brazo y bola en el caso lo amerite.	Requiere armar andamios
Nivel 5-1/2 - Lado Norte	9 martillos	- Lubricación del martillo.	Requiere armar andamios
Nivel 6 -Lado Sur	7 martillos		
Nivel 6-Lado Deste	1 martillo	- Ajuste y Reposición de pernos	
Nivel 7-Lado Sur	1 martillo		
Nivel 7-Lado Deste	3 Martillos Spring Hummer - IFR 1, 2 y 3	- Reparación total	
Techo del Electroprecipitador	10 Martillos	- Ajuste y Reposición de pernos	
<b>Total de Martillos</b>	<b>82</b>		

Figura 7. Cuadro de las actividades de Rappers Horno ISA.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

<b>Rappers de los Electroprecipitadores de Convertidores</b>			
<b>Localización</b>	<b>Número de Martillos por Electroprecipitador</b>	<b>Trabajos a realizar</b>	<b>Observaciones</b>
Lado Sur- Un nivel inferior al techo	1 martillo	- Ajuste y Reposición de pernos	
Lado Sur-Nivel 3	7 martillos	- Inspección General. - Reajuste y reposición de pernos. - Reparación de yunques en caso lo amerite	
Lado Norte- Nivel 3	7 martillos	- Cambio de brazo y bola en el caso lo amerite. - Lubricación del martillo.	
Techo del Electroprecipitador	6 Martillos	- Ajuste y Reposición de pernos	
<b>Total de Martillos por Electroprecipitador</b>	<b>21</b>		
<b>Total de Martillos</b>	<b>42</b>		

Figura 8. Cuadro de actividades Rappers convertidores.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

Se describen cada una de las actividades de trabajo de mantenimiento en la siguiente figura.

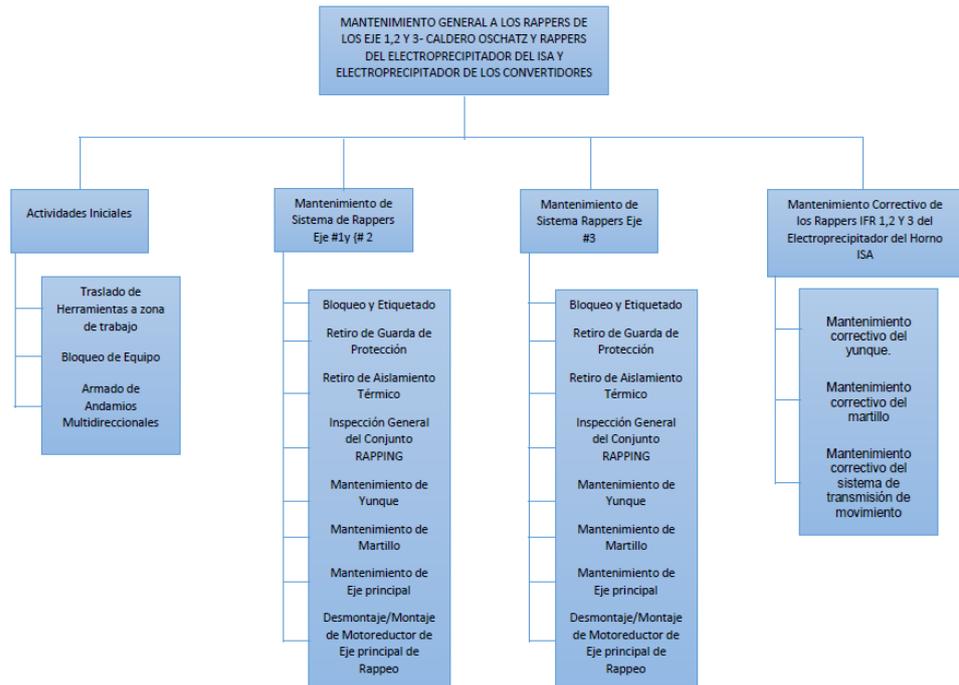


Figura 9. Esquema de las actividades de trabajo.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

a. Actividades iniciales:

- Trasladar las herramientas a zona de trabajo: comprende el traslado de equipos, herramientas y materiales desde nuestro taller a la zona designada por nuestro operador de contrato, además el traslado de los elementos a cambiar proporcionados por SPCC a la zona de trabajo.
- Bloqueo del equipo: comprende el bloqueo del equipo, de acuerdo al estándar de bloqueo y etiquetado de SPCC.
- Armado de andamios: comprende el armado de andamios en los diferentes puntos requeridos de acuerdo al procedimiento de armado de andamios multidireccionales.

b. Actividades de mantenimiento del Sistema de Rappers Ejes #1 y #2:

- Bloqueo y etiquetado: comprende el bloqueo y etiquetado del equipo, de acuerdo al estándar de bloqueo y etiquetado de SPCC.

- Retiro de guarda de protección: comprende el retiro de guarda de protección para realizar mantenimiento.
- Retiro de aislamiento térmico: comprende el retiro de aislamiento térmico e instalación de aislamiento al final del mantenimiento.
- Inspección general del conjunto Rapping: comprende una inspección general de dicho conjunto, el resultado de la Inspección será informado al operador de contrato.
- Mantenimiento de yunque: comprende una inspección del estado en que se encuentra el yunque, desmontaje y cambio de componentes del sistema de yunque, según resultado de inspección.
- Mantenimiento de martillo: comprende una inspección del estado en que se encuentra el martillo, desmontaje y cambio de componentes del sistema del martillo, según resultado de inspección. además, el suavizado de accionamiento de martillo.
- Mantenimiento de eje principal: comprende el cambio de acoplamiento motor/rappers según inspección (coordinar con SPCC para engrase de rodamientos), además de cambio o reparación de shaft principal.
- Desmontaje/montaje de motoreductor de eje principal de rappeo: comprende el desconectado y desacoplamiento de motor/reductor, mantenimiento de componentes y montaje de motoreductor. Esto se realizará previa inspección

c. Actividades de mantenimiento del sistema Rappers Eje #3:

- Bloqueo y etiquetado: comprende el bloqueo y etiquetado del equipo, de acuerdo al estándar de bloqueo y etiquetado de SPCC.
- Retiro de guarda de protección: comprende el retiro de guarda de protección para realizar mantenimiento.
- Retiro de aislamiento térmico: comprende el retiro de aislamiento térmico e instalación de aislamiento térmico al final del mantenimiento.

- Inspección general del conjunto Rapping: comprende una inspección general del conjunto mencionado; el resultado de la inspección será informado al operador de contrato.
  - Mantenimiento de yunque: comprende una inspección del estado en que se encuentra el yunque, desmontaje y cambio de componentes del sistema de yunque, según resultado de inspección.
  - Mantenimiento de martillo: comprende una inspección del estado en que se encuentra el martillo, desmontaje y cambio de componentes del sistema del martillo, según resultado de inspección. además, el suavizado de accionamiento de martillo.
  - Mantenimiento de eje principal: comprende el cambio de acoplamiento motor/rappers según inspección (coordinar con SPCC para engrase de rodamientos). además de cambio o reparación de shaft principal.
  - Desmontaje/montaje de motoreductor de eje principal de rappeo: comprende el desconectado y desacoplamiento de motor/reductor, mantenimiento de componentes y montaje de motoreductor. Esto se realizará previa inspección.
- d. Actividades de mantenimiento correctivo de los Rappers IFR 1, 2 y 3 del electroprecipitador del Horno ISA:
- Mantenimiento correctivo del yunque: comprende la reparación total de yunque y componentes, esto se realizará según resultado de inspección, el cual será informado al operador de contrato.
  - Mantenimiento correctivo del martillo: comprende la reparación total de martillo y componentes, esto se realizará según resultado de inspección, el cual será informado al operador de contrato.
  - Mantenimiento correctivo del sistema de transmisión de movimiento: comprende la reparación total de sistema de transmisión de movimiento y componentes, esto se realizará según resultado de inspección, el cual será informado al operador de contrato.

Estos procedimientos de trabajo para el mantenimiento se detallan a profundidad en el Anexo 5.

En cuanto a los procedimientos técnicos y de seguridad, antes y durante el desarrollo de las actividades, se cuenta con diversos procedimientos y permisos, los cuales son:

- Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro.
- IPERC.
- Procedimiento de armado de andamios multidireccionales.
- Procedimiento de trabajo en caliente.
- Procedimiento de trabajos en altura.
- Procedimiento de manejo de residuos sólidos.
- Plan de Manejo Ambiental.
- Plan de contingencia en caso de emergencia.

#### 4.1.10. Recursos y responsabilidades para el mantenimiento

##### a. Recursos:

- Recurso humano:

Tabla 5. *Recursos humanos.*

ÍTEM	OCUPACIÓN
1	Supervisor de Campo (Mecánico)
2	Mecánico
3	Mecánico
4	Mecánico
5	Mecánico
6	Mecánico
7	Mecánico
8	Mecánico
9	Eléctrico

10	Ayudante (Eléctrico)
11	Ayudante (Eléctrico)
12	Ayudante (Eléctrico)

Fuente: elaboración propia.

- Equipos de Protección Personal:

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)			
Ítem	Descripción de los EPP	Unidad	Cantidad
1.	CASCO DE SEGURIDAD DE COLOR ANARANJADO CON LOGOTIPO EN PARTE FRONTAL	Und	06
2.	LENTES CLAROS DE SEGURIDAD. ANSI Z87.1 - 2003	Und	06
3.	TAPONES DE OÍDO CON NRR≥25 DB. 40 CFR 211 B	Und	06
4.	ROPA DE TRABAJO CON CINTA REFLECTIVA DE 2" DE ANCHO. ANSI/ISEA 107-2004	Und	06
5.	GUANTES DE SEGURIDAD 29 CFR 1910.138	Und	06
6.	CARETA DE SEGURIDAD DE POLICARBONATO ANSI Z87.1 - 2010	Und	03
7.	ZAPATOS DE SEGURIDAD DE PUNTA ACERADA NTP – ISO20344	Und	06
8.	RESPIRADOR CON FILTRO PARA POLVO Y GASES (GMCP100) 42 CFR (OSHA/NIOSH)	Und	06
9.	GUANTES DE NITRILO EN 388	Und	02
10.	ARNÉS DE SEGURIDAD CON DOBLE LÍNEA DE VIDA. OSHA 1926 – ANSI Z359.1	Und	03
11.	TRAJES TYVEK	Und	04
DESCRIPCIÓN (Adicional- Soldadores)			
12.	CARETA DE SOLDADOR, CON LUNAS OSCURAS	Und	01
13.	MANDIL DE CUERO	Und	01
14.	ESCARPINES DE CUERO	Und	01
15.	GORRO DE SOLDAR	Und	01
16.	PANTALÓN DE SOLDAR (CUERO)	Und	01

Figura 10. Cuadro de Equipos de Protección Personal (EPP).

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

- Equipos:

Ítem	Descripción del Equipo	Unidad	Cantidad	Propio/ Alquilado / SPCC
1.	MOVILIDAD PARA PERSONAL	Und	01	PROPIO
2.	MÁQUINAS DE SOLDAR MILLER	Und	01	PROPIO
3.	ESMERIL ELÉCTRICO DE 4.5"	Und	01	PROPIO
4.	ESMERIL ELÉCTRICO DE 7"	Und	01	PROPIO
5.	ANDAMIOS MULTIDIRECCIONALES	Cuerpos	02	PROPIO
6.	CONTENEDOR	Und	02	PROPIO
7.	CAJA DE DISTRIBUCIÓN DE 220 VAC	Und	02	PROPIO
8.	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE 440 VAC A 220 VAC	Und	02	PROPIO
9.	TRANSFORMADOR DE 440 VAC A 220 VAC	Und	02	PROPIO

Figura 11. Cuadro de equipos.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

- Herramientas:

Ítem	Descripción del Equipo	Unidad	Cantidad	Propio/ Alquilado / SPCC
1.	CAJA METALICA DE HERRAMIENTAS	Und	02	PROPIO
2.	MALETIN DE HERRAMIENTAS	Und	02	PROPIO
3.	DISPENSADOR DE AGUA	Und	01	PROPIO
4.	EXTENSION	Und	02	PROPIO

Figura 12. Cuadro de herramientas.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

- Materiales:

Ítem	Descripción del Equipo	Unidad	Cantidad	Propio/ Alquilado / SPCC
1.	YUNQUES DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	EA	XX	SPCC
2.	MARTILLOS PESADOS DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	EA	XX	SPCC
3.	MARTILLO STANDARD DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	EA	XX	SPCC
4.	PINES DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	EA	XX	SPCC
5.	RUEDA DENTADA DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	EA	XX	SPCC
6.	CONJUNTO DE FIJACIÓN DE RUEDA DENTADA DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	SET	XX	SPCC
7.	CONJUNTO DE FIJACIÓN DE MARTILLO DE ACUERDO A REQUERIMIENTO	SET	XX	SPCC
8.	ESCUDOS	SET	XX	SPCC
9.	RESORTES	SET	XX	SPCC
10.	BRAZOS MARTILLOS PESADOS	SET	XX	SPCC
11.	ELECTRODO SUPERCITO E-7018 $\Phi$ 1/8"	Kg.	05	PROPIO
12.	DISCO DE CORTE DE 4.5"	Und	07	PROPIO
13.	DISCO DE CORTE DE 7"	Und	08	PROPIO
14.	DISCO DE DESBASTE DE 4.5"	Und	04	PROPIO
15.	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Und	06	PROPIO
16.	ESCOBILLAS DE CIRCULAR	Und	02	PROPIO
17.	AFLOJATODO	Und	04	PROPIO
18.	TRAPO INDUSTRIAL	Kg.	15	PROPIO
19.	AGUA MINERAL X 20 Lts.	Und	15	PROPIO

Figura 13. Cuadro de materiales.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

- Accesorios de seguridad:

Ítem	Descripción del Equipo	Unidad	Cantidad	Propio/ Alquilado / SPCC
1.	BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS	Und	02	PROPIO
2.	CAMILLA TIPO TABLA RÍGIDA O CANASTILLA	Und	01	PROPIO
3.	EXTINTORES PARA PQS DE 06 KG	Und	02	PROPIO
4.	LETRERO DE PERMISOS DE SEGURIDAD	Und	02	PROPIO
5.	LETRERO DE SEÑALES DE SEGURIDAD	Und	05	PROPIO
6.	TABLERO PORTAFORMATOS	Und	01	PROPIO
7.	MALLA DE SEGURIDAD X 100 MTS.	Und	02	PROPIO
8.	PARANTES METALICOS DE SEGURIDAD	Und	06	PROPIO

Figura 14. Cuadro de accesorios de seguridad.

Fuente: recopilación propia de la data de la empresa.

b. Responsabilidades:

- Supervisor de campo:

- Antes de iniciar alguna actividad, el supervisor coordinará con el operador de servicio o supervisor de área de SPCC, para recibir alcances sobre el servicio a ejecutar, posteriormente dar las indicaciones a los colaboradores que estén a su cargo con la finalidad de evitar percances.
- Concientizará y capacitará a los colaboradores involucrados respecto a los riesgos y peligros del trabajo, así como las medidas de control a emplear para prevenir cualquier accidente.
- Tiene la responsabilidad de planear, organizar y dirigir la cuadrilla de trabajo, comprobar los recursos necesarios en obra, asimismo de colaborar con presente procedimiento.
- Es el responsable de la coordinación constante con la supervisión de SPCC de los avances y/o cambio de las obras.

- Ingeniero o Supervisor de Seguridad:

- Ejecutará la reunión grupal, así como la charla de 5 minutos, precedentemente de iniciar las actividades diarias y la inspección previa de: máquinas, herramientas, extintores, EPP.

- Asume la responsabilidad de hacer cumplir las normas de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiental.
  - Encargado de hacer el trámite de los permisos de trabajo de forma diaria, previamente de realizar la jornada laboral.
  - Concientizar y capacitar al personal implicados en las tareas respecto a los peligros y riesgos inminentes en la ejecución del trabajo y tomar medidas de control a emplear para disminuir posibilidades de incidente y/o accidente, estos estarán registrados en los formatos establecidos.
  - Verificará que el personal completo cuente con los apropiados implementos de seguridad para la ejecución de las labores.
- Trabajadores:
- Participar diariamente de la charla de 5 minutos de seguridad precedente al inicio de la jornada laboral.
  - El colaborador debe efectuar el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS).
  - El personal obrero solicitará sus implementos de protección personal para estar seguros en el momento de realizar el trabajo.
  - Reportar al supervisor de campo los accidentes o incidentes acontecidos en obra, asimismo los actos o condiciones subestándar.
  - Se responsabiliza de su propia seguridad y la de sus compañeros.
- Personal eléctrico:
- Entre las funciones está la intervención de equipos eléctricos y tablero de distribución propios, también de toda máquina herramienta que funciona con electricidad, comprobando y a la vez controlando su funcionamiento idóneo.

Tabla 6. Resumen de las actividades, responsabilidades y recursos.

Nombre de tarea	Responsabilidades	Recurso Logístico
<b>Mantenimiento General a los Rappers de los Ejes 1,2 y 3 - Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>		
<b>Actividades Iniciales</b>		
Traslado de herramientas a zona de trabajo.	01 Supervisor de Campo. 02 Obreros.	01 Camión Grúa. 01 Minivan.
Bloqueo del equipo.	Bloqueo grupal.	01 Candados de bloqueo. 01 Tarjetas de bloqueo. 01 Tenaza.
Armado de andamios multidireccionales.	01 Supervisor de campo. 02 Obreros.	02 Cuerpos andamios Multidireccionales. 03 Equipo para trabajo en altura.
<b>Actividades de Mantenimiento de Sistema de Rappers - Eje #1 y #2</b>		
Bloqueo y etiquetado.	Bloqueo grupal.	01 Candados de bloqueo. 01 Tarjetas de bloqueo. 01 Tenaza.
Retiro de guarda de protección.	01 Supervisor de Campo. 01 Mecánico. 01 Ayudante.	01 Juego de llaves mixtas.
Retiro de aislamiento térmico.	01 Supervisor de Campo. 01 Mecánico. 01 Ayudante.	01 Maletín mecánico.
Inspección general del conjunto RAPPING.	01 Supervisor de Campo. 01 Mecánico.	
Mantenimiento de yunque:		01 Maletín mecánico.
✓ Inspección, desmontaje y cambio conjunto que componen el sistema del yunque, previa inspección, tales como: pines, resortes, espárragos, etc.	01 Supervisor de Campo. 02 Mecánicos. 03 Ayudantes.	02 Juegos de llaves mixtas. 01 Juego de dados. 01 Maquina de soldar. 01 Trapo industrial.
✓ Reparar por soldadura espárragos de fijación de los yunques.		01 Esmeril.

---

Mantenimiento de martillo:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Inspección, desmontaje y cambio del conjunto que componen el sistema del martillo, según inspección tales como:</li><li>✓ Suavizar accionamiento de Martillos (Reposicionar rodillos del martillo), Rueda dentada-pines.</li></ul> | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> | <p>01 Maletín mecánico.<br/>02 Juegos de llaves mixtas.<br/>01 Juego de dados.<br/>01 Trapo industrial.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

Mantenimiento de eje principal:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                    |                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Inspeccionar y cambio de acoplamiento motor/rapper, se deberá organizar con el operador de contrato para los trabajos de engrase de rodamientos de acuerdo a la DIN, reductor.</li><li>✓ Cambio/Reparación del shaft principal, bocinas, etc.</li><li>✓ Inspeccionar y cambiar de acuerdo a inspección acoplamiento motor/rapper</li></ul> | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> | <p>01 Maletín mecánico.<br/>02 Juegos de llaves mixtas.<br/>01 Juego de dados.<br/>01 Trapo industrial.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

Desmontaje/Montaje de motoreductor de eje principal de rappeo:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Para el presente ítem se deberá coordinar previamente con el operador de contrato para disponibilidad de reemplazo.</li><li>✓ Desconectado de acoplamiento a eje de sistema de rappeo.</li><li>✓ Retiro de pernos para desmontaje de motoredutores, desacoplamiento de motor/reductor, según inspección.</li><li>✓ Traslado de componentes a talleres para su mantenimiento, y retorno.</li><li>✓ Acoplar componentes para su montaje en su ubicación de funcionamiento.</li></ul> | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> | <p>01 Maletín mecánico.<br/>02 Juegos de llaves mixtas.<br/>01 Juego de dados.<br/>01 Trapo industrial.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

Consideraciones Eje #1 y #2:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                    |                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Se considerará la reparación de rappers de acc/neumáticas actividades similares a los de accionamiento eléctrico (Mantenimiento de Yunque y Martillo, para lo cual para ambos casos se considerará el cambio y/o aseguramiento de la manguera de accionamiento neumático).</li><li>✓ Se considerará en toda situación las Pruebas Operacionales, verificar que el contacto entre el martillo y el yunque, sea en el centro del área de contacto del yunque.</li></ul> | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> | <p>01 Maletín mecánico.<br/>02 Juegos de llaves mixtas.<br/>01 Juego de dados.<br/>01 Trapo industrial.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
-

- ✓ Se deberá ajustar todos los pernos / resorte del sistema de rapeo.
- ✓ Se procederá a coordinar con el operador de contrato para su intervención de trabajos de Lubricación de accionamiento de martillos, rodillos, rueda dentada-pines, suavizar accionamiento de martillos c/. eje principal
- ✓ Reinstalación de aislamiento térmico (Retiro e instalación de aislamiento).
- ✓ Instalación de guarda de protección.
- ✓ El sistema debe quedar implementado para trabajar con 6 pines.
- ✓ Se debe lograr el apriete correcto del yunque contra sus escudos y pared tubular.

### Actividades de Mantenimiento de Sistema de Rappers - Eje #1 y #2

Bloqueo y etiquetado.	Bloqueo grupal.	
Retiro de guarda de protección.	01 Supervisor de campo. 01 Mecánico. 01 Ayudante.	01 Juego de llaves mixtas. 01 Trapo industrial.
Retiro de aislamiento térmico.	01 Supervisor de campo. 01 Mecánico. 01 Ayudante.	01 Maletín mecánico. 01 Trapo industrial.
Inspección general del conjunto Rapping.	01 Supervisor de campo. 01 Mecánico.	
Mantenimiento de yunque:		01 Maletín mecánico.
✓ Inspección, desmontaje y cambio del conjunto que componen el sistema del yunque, previa inspección, tales como: pines, resortes, espárragos, etc.	01 Supervisor de campo. 02 Mecánicos. 03 Ayudantes.	02 Juegos de llaves mixtas. 01 Juego de dados. 01 Maquina de soldar. 01 Esmeril.
✓ Reparar por soldadura espárragos de fijación de los yunques.		01 trapo industrial.
Mantenimiento de martillo:		01 Maletín mecánico.
✓ Inspección, desmontaje y cambio del conjunto que componen el sistema del martillo, según inspección tales como:	01 Supervisor de campo. 02 Mecánicos. 03 Ayudantes.	02 Juegos de llaves mixtas. 01 Juego de dados.
✓ Suavizar accionamiento de martillos (Reposicionar rodillos del Martillo), Rueda dentada-Pines.		01 Trapo industrial.

---

Mantenimiento de eje principal:

- ✓ Inspeccionar y cambio de acoplamiento motor/rapper (maintance support of rapper shafts), se deberá organizar con el operador de contrato para los trabajos de engrase de rodamientos de acuerdo a la DIN, reductor.
  - ✓ Cambio/reparación de shaft principal, bocinas, etc.
  - ✓ Inspeccionar y cambiar de acuerdo a inspección acoplamiento motor/rapper
- 01 Supervisor de campo.  
02 Mecánicos.  
03 Ayudantes.
- 01 Maletín mecánico.  
02 Juegos de llaves mixtas.  
01 Juego de dados.  
01 Trapo industrial.

---

Desmontaje/montaje de motoreductor de eje principal de rapeo:

- ✓ Para el presente ítem se deberá coordinar previamente con el operador de contrato para disponibilidad de reemplazo.
  - ✓ Desconectado de acoplamiento a eje de sistema de rapeo.
  - ✓ Retiro de pernos para desmontaje de motoredutores, desacoplamiento de motor/reductor, según inspección.
  - ✓ Traslado de componentes a talleres para su mantenimiento, y retorno.
  - ✓ Acoplar componentes para su montaje en su ubicación de funcionamiento.
  - ✓ Cambio/reparación de shaft principal, bocinas, etc.
- 01 Supervisor de campo.  
02 Mecánicos.  
03 Ayudantes.
- 01 Maletín mecánico.  
02 Juegos de llaves mixtas.  
01 Juego de dados.  
01 Trapo industrial.

---

Consideraciones Eje #3:

- ✓ Se considerar en toda situación las pruebas operacionales, se verificará que el contacto entre el martillo y el yunque, sea en el centro del área de contacto del yunque.
  - ✓ Se deberá ajustar todos los pernos/resorte del sistema de rapeo.
  - ✓ Reinstalación de aislamiento térmico (retiro e instalación de aislamiento).
  - ✓ Instalación de guarda de protección.
  - ✓ El sistema debe quedara implementado para trabajar con 6 pines.
  - ✓ Se debe lograr el apriete correcto del yunque contra sus escudos y pared tubular del caldero (de acuerdo a procedimiento Oschatz e indicación de SPCC), en algunos casos será necesario de emplear mecanismos de nivelación.
- 01 Supervisor de campo.  
02 Mecánicos.  
03 Ayudantes.
- 01 Maletín mecánico.  
02 Juegos de llaves mixtas.  
01 Juego de dados.  
01 Trapo industrial.
-

---

**Mantenimiento correctivo de los Rappers IFR 1, 2 y 3 (Spring Hammer) del electroprecipitador del Horno ISASMELT.**

---

Mantenimiento correctivo del yunque.

✓ Reparación total del yunque previa inspección.

- \* Se realizará una inspección del estado en que se encuentra el yunque, el resultado de esta inspección será informado al operador de contrato.
- \* En caso el resultado de la inspección diera como resultado que el yunque no está en condiciones adecuadas, se realizarán las siguientes actividades:
- \* Se realizará el retiro del sistema de sujeción del sistema del yunque.
- \* Se realizará el desmontaje del conjunto que componen el sistema del yunque (pines, resortes, espárragos, etc.), el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores.
- \* Se realizará una reparación total del conjunto que componen el sistema del yunque (pines, resortes, espárragos, etc.).
- \* Se realizará la instalación del conjunto que componen el sistema del yunque (pines, resortes, espárragos, etc.).
- \* Se realizará la instalación del sistema de sujeción del sistema del yunque.

01 Supervisor de campo.  
02 Mecánicos.  
03 Ayudantes.

01 Maletín mecánico.  
02 Juegos de llaves mixtas.  
01 Juego de dados.  
01 Trape industrial.

---

Mantenimiento correctivo del martillo:

✓ Reparación total del martillo previa inspección.

- \* Se realizará una inspección del estado en que se encuentra el martillo, el resultado de esta inspección será informado al operador de contrato.
- \* En caso el resultado de la inspección diera como resultado que el martillo no está en condiciones adecuadas, se procederá a realizar las siguientes actividades
- \* Se realizará el retiro del sistema de sujeción del sistema del martillo.

01 Supervisor de campo.  
02 Mecánicos.  
03 Ayudantes.

01 Maletín mecánico.  
02 Juegos de llaves mixtas.  
01 Juego de dados.  
01 trape industrial.

---

- \* Se realizará el desmontaje del conjunto que componen el sistema del Martillo el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores.
- \* Se realizar una reparación total del Conjunto que componen el sistema del martillo (martillo, rueda dentada, cremallera, etc.).
- \* Se realizará la instalación del conjunto que componen el sistema del martillo.
- \* Se realizará la instalación del sistema de sujeción del sistema del martillo.

---

Mantenimiento correctivo del sistema de transmisión de movimiento

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                    |                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspección del sistema de transmisión y reparar los componentes que lo ameriten.</li> <li>✓ Se realizará una inspección del estado en que se encuentra el sistema de transmisión, el resultado de esta inspección será informado al operador de contrato.</li> <li>✓ En caso el resultado de la inspección de como resultado que el sistema de transmisión no está en condiciones adecuadas, se procederá a realizar una reparación total del sistema de transmisión de movimiento.</li> </ul> | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> | <p>01 Maletín mecánico.<br/>02 Juegos de llaves mixtas.<br/>01 Juego de dados.<br/>01 Trapo industrial.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

**Actividades finales**

- |                                                           |                                                                    |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <p>Desbloqueo del equipo y pruebas de funcionamiento.</p> | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> | <p>01 Candado de bloqueo.<br/>01 Tarjetas de bloqueo.<br/>01 Tenaza.</p> |
| <p>Traslado de cilindros a zona dispuesta por SPCC.</p>   | <p>01 Supervisor de campo.<br/>02 Mecánicos.<br/>03 Ayudantes.</p> |                                                                          |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.11. Análisis de las observaciones mediante la mejora continua

Para ello se realizaron las siguientes tablas en base a las observaciones y las oportunidades de mejora en cada actividad.

Tabla 7. *Análisis de desperdicios.*

OBSERVACIONES	OPORTUNIDADES
El área de administración tiene conocimiento de los tiempos muertos generados por la inexistencia de controles de tiempos y el nulo seguimiento realizado.	Determinar los orígenes de los desperdicios para posteriormente formular un plan de control. Implementar este control de desperdicios acorde a los requerimientos de la empresa para así disminuir tiempos muertos y desperdicios de material.
El equipo de trabajo no posee conocimiento sobre el tema de desperdicios además no toma a consideración que sea un problema debido a que realizan el trabajo de manera empíricamente.	
No existe un control de los desperdicios.	
Los niveles de desperdicios son altos y afectan la eficiencia de los procesos de mantenimiento.	Compromiso de la empresa para conseguir la reducción de los desperdicios mediante el control adecuado.
No existe involucramiento por parte de la empresa en acciones con el fin de disminuir los niveles de desperdicio, por parte de la gerencia no hay información respecto a este tema.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. *Análisis Kaizen de mejora continua.*

OBSERVACIONES	OPORTUNIDADES
La alta directiva sabe de la importancia de incluir la mejora continua en sus procesos dado que estos requerimientos son un requisito indispensable.	Compromiso de la alta directiva en adoptar la metodología de mejora continua.
La gerencia es consciente de realizar cambios y efectuar la mejora continua, no obstante, no se involucra al personal.	Desplegar un plan de optimización de procesos, efectuar las mejoras, revisar resueltos y ejecutar constantes seguimientos. Capacitar al personal

---

El personal todavía no está implicado respecto a la importancia de la mejora para realizar sugerencias respecto a la mejora continua.

Por desconocimiento del tema, la mejora continua no es parte de las labores ni los procesos operativos.

---

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. *Análisis TPM.*

OBSERVACIONES	OPORTUNIDADES
Aunque los componentes cuentan con mantenimientos programados, estos no se adecúan a las necesidades.	Capacitación al personal respecto al tema de TPM y formular un plan de manteniendo de acuerdo a las necesidades de la empresa.
La gerencia conoce de la importancia de adecuar el plan de mantenimiento, sin embargo, no lo implementa por completo.	
La totalidad del personal no tiene capacitación de los planes de mantenimiento de la empresa.	
No existe un equipo responsable del TPM.	

---

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. *Análisis 5S.*

OBSERVACIONES	OPORTUNIDADES
Hay desorganización en cuanto a las herramientas y un debido sistema de control.	Capacitar al personal respecto a implementar un programa de metodología 5S en la empresa y su importancia.
Se realiza limpieza esporádicamente.	
El personal no esa capacitado en la metodología de las 5S.	Efectuar el programa de 5S, de forma metodológica hasta completar las cinco fases:
Las instalaciones presentan falencias en cuanto a limpieza. Se halló varios focos de suciedad y zonas de difícil acceso.	

---

---

El desorden es generalizado, no existe un lugar adecuado con identificación de las herramientas en el área de trabajo.

---

Fuente: elaboración propia.

De este modo gracias al análisis mostrado en las tablas preliminares, se concluye que existen desperdicios como son los altos tiempos de espera y tareas innecesarias, por ello la alta directiva debe emplear la mejora continua para así optimizar los procesos.

#### 4.1.12. Reprocesos en el mantenimiento

Para este análisis se observaron las actividades realizadas en un mes estratégico que reveló con más nitidez las falencias en las actividades de mantenimiento (noviembre 2020), obteniéndose un total de 15 tareas de mantenimiento, de los cuales 4 tuvieron reprocesos, esto representa un 26 % del total de tareas.

Tabla 11. *Reprocesos.*

<b>Servicios óptimos</b>	11	74 %
<b>Reprocesos</b>	4	26 %
<b>Total</b>	15	100 %

Fuente: elaboración propia.

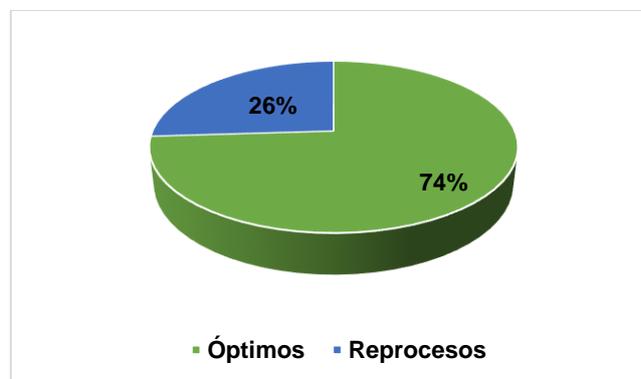


Figura 15. Análisis de reprocesos.

Fuente: elaboración propia.

En la anterior figura se observa al análisis de los reprocesos en los en las tareas de mantenimiento. Mostrando los que son óptimos y los reprocesos en color azul con un porcentaje del 26 %.

Dichos reprocesos observados se dieron por diferentes situaciones como las que se presentan a continuación (figura 16).

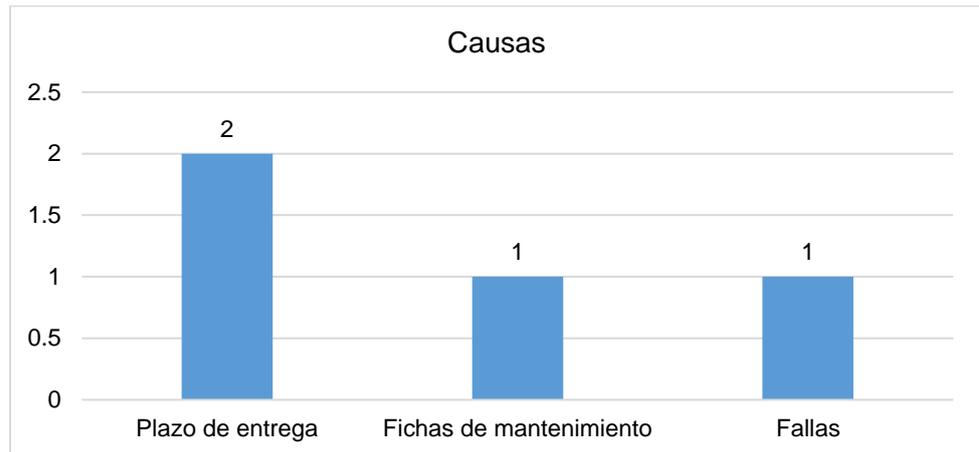


Figura 16. Causas de los reprocesos.

Fuente: elaboración propia.

En la anterior figura, se observa que dos de los reprocesos pertenecen a las prisas por realizar las tareas en los plazos establecidos (50 %), mientras que en otro fue debido a la ausencia de fichas de mantenimiento (25 %) y en otro hubo 1 incidente de fallas en el mantenimiento de rapper en el transcurso del mes (25 %).

A continuación, se muestra el tiempo actual promedio para todas las actividades de mantenimiento en horas.

Tabla 12. *Tiempos de ejecución actual de mantenimiento.*

TIPOS DE SISTEMAS	TIPO DE ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD	TIEMPOS DE EJECUCIÓN
Inspección general nivel 5	I	Operativa	2
Reajuste y reposición de pernos nivel 5	II	Mecánica	4
Reparación de yunques nivel 5	III	Mecánica	2

Cambio de brazo y bola nivel 5	IV	Mecánica	2
Lubricación del martillo nivel 5	V	Mecánica	1
Ajuste y reposición de pernos nivel 6 y 7	VI	Mecánica	1
Reparación total nivel 7	VII	Mecánica / Eléctrica	2
Ajuste y reposición de pernos techo electroprecipitador ISA	VIII	Mecánica	1
Ajuste y reposición de pernos inferior del techo	IX	Mecánica	1
Inspección general nivel 3	X	Operativa	3
Reajuste y reposición de pernos nivel 3	XI	Mecánica	2
Reparación de yunques nivel 3	XII	Mecánica	1
Cambio de brazo y bola nivel 3	XIII	Mecánica	1
Lubricación del martillo nivel 3	XIV	Mecánica	2
Ajuste y reposición de pernos techo electroprecipitador convertidores	XV	Mecánica	2
<b>TOTAL</b>			27 horas

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.13. Análisis de las encuestas

Se aplicó una encuesta de 13 preguntas al personal encargado de mantenimiento en la compañía, para obtener sus opiniones de la situación actual respecto a la gestión del mantenimiento en la empresa (Anexos 1 y 2). Para ello, se realizaron las siguientes acciones:

- Se elaboró el cuestionario de la encuesta.
- Se coordinó de manera virtual con los trabajadores de la empresa mediante y resolución de las encuestas mediante la plataforma Survey Monkey.
- Procesamiento y análisis de datos en los programas SPSS y Excel.

En esta investigación se realizó una encuesta con el propósito de conseguir información útil e indispensable de la empresa sobre el escenario actual de la organización desde la opinión de los colaboradores. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en dichas encuestas.

1. ¿Cómo califica el tipo de mantenimiento que se realiza en el caldero?

El personal de trabajo de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que la calificación que merece el actual mantenimiento que se realiza en la empresa es una calificación de un mal mantenimiento, es decir, el 38 % que representa a 19 de un total de 50 encuestados, mientras que cerca de una tercera parte de los encuestados manifiesta que percibe que el mantenimiento que se realiza en la empresa es uno normal, es decir, el 28 % que representa a 14 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 14 % considera que, el tipo de mantenimiento que realiza la empresa es un buen mantenimiento. Por otro lado, un 14 % del personal encuestado considera que el tipo de mantenimiento realizado por la empresa es un pésimo mantenimiento, al mismo tiempo que sólo un 6 % de los trabajadores encuestados manifiesta percibir que el mantenimiento realizado por la empresa es uno muy bueno. Entonces, se destaca que 5 de cada 10 encuestados considera que el tipo de mantenimiento que realiza la empresa es malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que 3 de cada 10 considera que dicho mantenimiento es uno normal y sólo 2 de cada 10 considera que tal mantenimiento que realiza la empresa es uno bueno y muy bueno.

2. Califique usted la gestión que se viene llevando actualmente en el área de mantenimiento.

Los colaboradores de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que la manera en cómo actualmente se lleva a cabo la gestión del área de mantenimiento es mala, es decir, el 42 % que representa a 21 de un total de 50 encuestados, mientras que cerca de una cuarta parte de los encuestados manifiesta que percibe que la actual gestión del mantenimiento que realiza la empresa es uno normal, es decir, el 26 % que representa a 13 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 14 % considera que la gestión del área de mantenimiento que realiza la empresa es una buena gestión. Por

otro lado, un 12 % del personal encuestado considera que la actual gestión del área de mantenimiento realizado por la empresa es una pésima gestión, al mismo tiempo que sólo un 6 % de los trabajadores encuestados manifiesta percibir que dicha gestión sea muy buena. Entonces, se destaca que aproximadamente 6 de cada 10 encuestados indican que la actual gestión del área de mantenimiento realizado por la empresa es mala y pésima, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dicha gestión del área de mantenimiento es una gestión normal, también 2 de cada 10 indica que la actual gestión del área de mantenimiento realizado por la empresa es una buena y muy buena gestión.

3. ¿Cómo califica la estandarización del trabajo? (existencia de fichas de Orden de Trabajo, Orden de Servicio, registro de mantenimiento, o algún formulario de registro por parte del técnico encargado).

Los colaboradores de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que la estandarización del trabajo que ha adoptado la empresa es mala, es decir, el 40 % que representa a 20 de un total de 50 encuestados, mientras que un poco más de la quinta parte de los encuestados manifiesta que percibe que tal estandarización de trabajo que realiza la empresa se lleva de manera normal, es decir, el 22 % que representa a 11 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 16 % considera que la estandarización del trabajo que ha adoptado la empresa es una buena estandarización. Por otro lado, un 14 % del personal encuestado considera que la estandarización del trabajo adoptada por la empresa es una pésima estandarización, al mismo tiempo que sólo un 8 % de los trabajadores encuestados manifiesta percibir que tal estandarización del trabajo es muy buena. Entonces, se destaca que aproximadamente 6 de cada 10 encuestados considera que la estandarización del trabajo que ha adoptado la empresa es mala y pésima, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dicha estandarización se lleva de manera

normal, y también 2 de cada 10 considera que la estandarización que ha adoptado la empresa es buena y muy buena.

4. ¿Cómo califica el registro de mantenimiento?

Los colaboradores de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el registro de mantenimiento de las unidades vehiculares es un registro que pueda calificarse como malo, es decir, el 44 % que representa a 22 de un total de 50 encuestados, mientras que cerca de una quinta parte de los encuestados manifiesta que percibe que tal registro se lleva a cabo de manera normal, es decir, el 22 % que representa a 14 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 14 % considera que el registro de mantenimiento de las unidades vehiculares en la empresa pueda calificarse como pésimo. Por otro lado, un 10 % y otro 10 % del personal encuestado consideran que el registro de mantenimiento de las unidades vehiculares en la empresa pueda calificarse como bueno y muy bueno respectivamente. Entonces, se destaca que 6 de cada 10 encuestados considera que el registro de mantenimiento de las unidades vehiculares en la empresa pueda calificarse como malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dicho registro se lleva de manera normal, por otro lado, sólo 2 de cada 10 considera que el registro de mantenimiento de las unidades vehiculares en la empresa pueda ser calificado como uno bueno y muy bueno.

5. ¿Cómo califica el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos necesarios para las actividades de mantenimiento?

Los colaboradores de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos empleados en las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo, es decir, el 42 % que representa a 21 de un total de 50 encuestados, mientras que una quinta parte de los encuestados manifiesta percibir que tal

control y orden se lleva a cabo de manera normal, es decir, el 20 % que representa a 10 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 16 % considera que el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos necesarios para las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como pésimo. Por otro lado, un 14 % y otro 8 % del personal encuestado consideran que el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos empleados para las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como bueno y muy bueno respectivamente. Entonces, se destaca que 6 de cada 10 encuestados considera que el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos empleados para las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dicho control y orden se lleva de manera normal, por otro lado sólo 2 de cada 10 considera que el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos empleados en las actividades de mantenimiento en la empresa pueda ser calificado como uno bueno y muy bueno.

6. Si usted podría calificar de manera general la disponibilidad del caldero, ¿cómo califica la disponibilidad de éste?

Los colaboradores de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que la disponibilidad de dichas unidades en la empresa pueda calificarse como mala, es decir, el 36 % que representa a 18 de un total de 50 encuestados, mientras que un poco más de una cuarta parte de los encuestados manifiesta percibir que tal disponibilidad se da en una manera normal, es decir, el 26 % que representa a 13 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 16 % considera que la disponibilidad de dichas unidades en la empresa pueda calificarse como pésima. Por otro lado, un 12 % y otro 10 % del personal encuestado consideran que la disponibilidad de dichas unidades en la empresa pueda calificarse como buena y muy buena respectivamente. Entonces, se destaca que 5 de cada 10 encuestados considera que la

disponibilidad de dichas unidades en la empresa pueda calificarse como mala y pésima, siendo estos la mayoría, mientras que 3 de cada 10 considera que dicha disponibilidad se da en manera normal, por otro lado sólo 2 de cada 10 considera que la disponibilidad de dichas unidades en la empresa pueda ser calificado como uno buena y muy buena.

7. Cuando un equipo queda inoperativo por una falla compleja, ¿cómo califica el tiempo que demora el área de mantenimiento en dar solución al problema?

El personal de trabajo que labora en la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el tiempo que tarda el área de mantenimiento respecto a brindar solución al problema por ejemplo de un equipo inoperativo por falla completa en la empresa pueda calificarse como malo, es decir, el 40 % que representa a 20 de un total de 50 encuestados, mientras que un poco más de una cuarta parte de los encuestados manifiesta percibir que tal tiempo de demora se da en una manera normal, es decir, el 26 % que representa a 13 del total de 50 encuestados, además una décima parte, es decir, el 10 % de los encuestados manifiesta que el tiempo que tarda el área de mantenimiento en brindar solución al problema por ejemplo de un equipo inoperativo por falla completa en la empresa se pueda calificar como pésimo. Finalmente, el 12 % y otro 12 % de los trabajadores encuestados consideran que el tiempo que tarda el área de mantenimiento en dar solución al problema por ejemplo de un equipo inoperativo por falla completa en la empresa pueda calificarse como bueno y muy bueno respectivamente. Entonces, se destaca que 5 de cada 10 encuestados considera que el tiempo que tarda el área de mantenimiento en brindar solución al problema por ejemplo de un equipo inoperativo por falla completa en la empresa pueda calificarse como malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que 3 de cada 10 considera que dicho tiempo de demora se da en manera normal, por otro lado sólo 2 de cada 10 considera que el tiempo que tarda el área de mantenimiento en brindar solución al problema por ejemplo de

un equipo inoperativo por falla completa en la empresa pueda ser calificado como uno bueno y muy bueno.

8. ¿Cómo califica las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística?

Los colaboradores que laboran en la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística en la empresa pueda calificarse como malas, es decir, el 36 % que representa a 18 de un total de 50 encuestados, mientras que un poco más de una tercera parte de los encuestados manifiesta percibir que tales acciones tomadas frente a retrasos en logística se dan en una manera normal, es decir, el 32 % que representa a 16 del total de 50 encuestados, además una décima parte, es decir, el 10 % de los encuestados manifiesta que las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística en la empresa se puedan calificar como pésimas. Finalmente, el 10 % y otro 12 % de los trabajadores encuestados consideran que las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística en la empresa puedan calificarse como buenas y muy buenas respectivamente. Entonces, se destaca que aproximadamente 5 de cada 10 encuestados considera que las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística en la empresa puedan calificarse como malas y pésimas, siendo estos la mayoría, mientras que 3 de cada 10 considera que dichas acciones se dan en manera normal, por otro lado sólo 2 de cada 10 considera que las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística en la empresa puedan ser calificadas como uno buenas y muy buenas.

9. ¿Cómo califica el nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento dentro de la empresa?

El personal de trabajo que labora en la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el nivel de

capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo, es decir, el 28 % que representa a 14 de un total de 50 encuestados, mientras que cerca de una quinta parte de los encuestados respecto al nivel de capacitación de los técnicos mecánicos, manifiesta percibir que se da en una manera normal, es decir, el 24 % que representa a 12 del total de 50 encuestados, además un poco más de una quinta parte, es decir, el 22 % de los encuestados manifiesta percibir respecto al nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento en la empresa se pueda calificar como pésimo. Finalmente, el 12 % y otro 14 % de los trabajadores encuestados consideran percibir que el nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como bueno y muy bueno respectivamente. Entonces, se destaca que aproximadamente 5 de cada 10 encuestados manifiesta percibir que el nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dicho nivel de capacitación se da en manera normal, por otro lado 3 de cada 10 manifiesta percibir respecto al nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento en la empresa pueda ser calificado como bueno y muy bueno.

10. Si usted podría calificar el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento, ¿cómo calificaría dicho nivel de eficiencia?

Los colaboradores que laboran en la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo, es decir, el 40 % que representa a 20 de un total de 50 encuestados, mientras que una quinta parte de los encuestados manifiesta percibir que tal nivel de competencia(eficiencia) de sus compañeros mecánicos se da en una manera normal, es decir, el

20 % que representa a 10 del total de 50 encuestados, además cerca de una quinta parte, es decir, el 16 % de los encuestados manifiesta percibir que el nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento en la empresa se pueda calificar pésimo. Finalmente, el 12 % y otro 14 % de los trabajadores encuestados consideran percibir que el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como bueno y muy bueno respectivamente. Entonces, se destaca que aproximadamente 5 de cada 10 encuestados manifiesta percibir que el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dicho nivel de competencia (eficiencia) se da en una manera normal, por otro lado cerca de 3 de cada 10 trabajadores manifiesta percibir que el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento en la empresa pueda ser calificado como bueno y muy bueno.

11. ¿Cómo califica los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento?

Los colaboradores que laboran en la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento en la empresa puedan calificarse como malos, es decir, el 42 % que representa a 21 de un total de 50 encuestados, mientras que una quinta parte de los encuestados manifiesta percibir que tales métodos de inspección se dan en una manera normal, es decir, el 20 % que representa a 10 del total de 50 encuestados, además un poco más de una décima parte, es decir, el 14 % de los encuestados manifiesta percibir que los métodos de inspección para las acciones de mantenimiento en la empresa se puedan calificar como pésimos. Finalmente, el 12 % y otro 12 % de los trabajadores encuestados consideran percibir que los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento en la

empresa puedan calificarse como buenos y muy buenos respectivamente. Entonces, se destaca que aproximadamente 6 de cada 10 encuestados manifiesta percibir que los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento en la empresa puedan calificarse como malos y pésimos, siendo estos la mayoría, mientras que 2 de cada 10 considera que dichos métodos de inspección se dan en una manera normal, por otro lado cerca de 2 de cada 10 trabajadores manifiesta percibir que los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento en la empresa puedan ser calificados como buenos y muy buenos.

12. ¿Cómo califica el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos para las actividades de mantenimiento?

Los empleados de la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos necesarios para las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo, es decir, el 40 % que representa a 20 de un total de 50 encuestados, mientras que cerca de una tercera parte de los encuestados manifiesta percibir que tal tiempo de disponibilidad de las herramientas y repuestos se dan en una manera normal, es decir, el 28 % que representa a 14 del total de 50 encuestados, además un poco más de una décima parte, es decir, el 14 % de los encuestados manifiesta percibir que el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos necesarios para el mantenimiento en la empresa se pueda calificar como pésimo. Finalmente, el 18 % de los trabajadores encuestados consideran percibir que el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos para las actividades de mantenimiento en la empresa pueda calificarse como bueno. Entonces, se destaca que aproximadamente 6 de cada 10 encuestados manifiesta percibir que el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos necesarios para el mantenimiento en la empresa pueda calificarse como malo y pésimo, siendo estos la mayoría, mientras que cerca de 3 de cada 10 considera

que dicho tiempo de disponibilidad se da en una manera normal, por otro lado cerca de 2 de cada 10 trabajadores manifiesta percibir que el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos necesario para las actividades de mantenimiento en la empresa pueda ser calificado como bueno.

13. ¿Cómo califica la continuidad con que se desarrollan las actividades de mantenimiento?

El personal de trabajo que labora en la empresa y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que la continuidad con que se desarrollan las actividades de mantenimiento en la empresa puedan calificarse como mala, es decir, el 40 % que representa a 20 de un total de 50 encuestados, mientras que cerca de una cuarta parte de los encuestados manifiesta percibir que tal continuidad de las actividades de mantenimiento se realiza de una manera normal, es decir, el 24 % que representa a 12 del total de 50 encuestados, además un poco más de una décima parte, es decir, el 14 % de los encuestados manifiesta percibir que la continuidad con que se desarrollan las actividades de mantenimiento en la organización se pueda calificar como pésima. Finalmente, el 14 % y otro 8 % de los trabajadores encuestados consideran percibir que la continuidad con que se ejecutan las actividades de mantenimiento en la organización pueda calificarse como buena y muy buena respectivamente.

- Resultados de las encuestas:

Entonces, se destaca que aproximadamente 5 de cada 10 encuestados manifiesta percibir que la continuidad con que se efectúan las actividades de mantenimiento en la organización pueda calificarse como mala y pésima, siendo estos la mayoría, mientras que 3 de cada 10 considera que dicha continuidad de las actividades de mantenimiento se da en una manera normal, por otro lado 2 de cada 10 trabajadores manifiesta percibir que la continuidad con que se

ejecutan las actividades de mantenimiento en la empresa pueda ser calificada como buena y muy buena.

- Desempeño de la gestión del mantenimiento (evaluación estadística):

Por último, se muestra que el desempeño de la gestión de mantenimiento a opinión de los trabajadores es bajo.

Tabla 13. *Variable desempeño.*

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
Bajo	24	48.0	48.0
Medio	20	40.0	88.0
Regular	6	12.0	100.0
Total	50	100.0	

Fuente: elaboración propia.

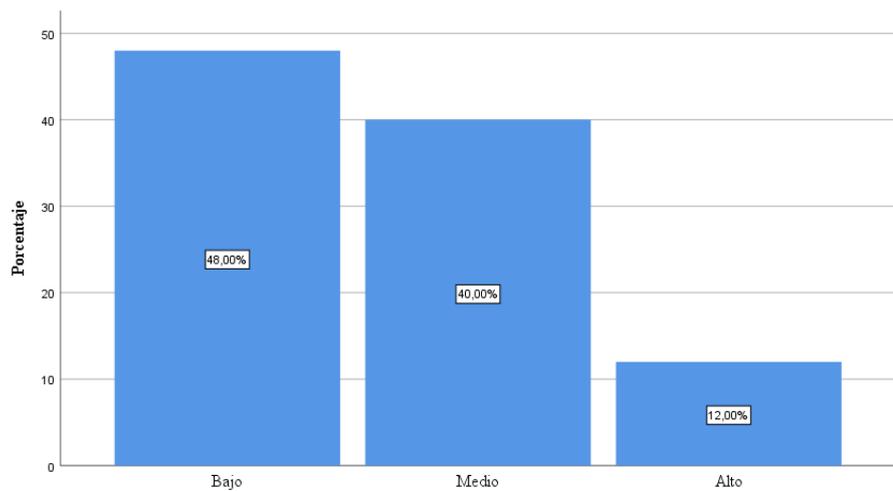


Figura 17. Gráfico de la variable desempeño.

Fuente: elaboración propia.

Los colaboradores de la empresa y que están relacionados directa e indirectamente con el mantenimiento del caldero, y a quienes se les aplicó la encuesta, en su mayoría manifiestan percibir que el desempeño al gestionar el mantenimiento en la empresa se encuentra en un nivel bajo, es decir, el 48 % que representa a 24 de un total de

50 encuestados, mientras que un poco más de la tercera parte de los encuestados manifiesta percibir que tal tipo de desempeño se lleva a cabo a un nivel regular o medio, es decir, el 40 % que representa a 20 del total de 50 encuestados, por otro lado sólo un poco más de una décima parte, es decir, el 12 % de los encuestados manifiesta percibir que el desempeño al gestionar el mantenimiento en la empresa pueda calificarse como un alto desempeño.

Entonces, se destaca que aproximadamente 4 de cada 10 encuestados manifiesta percibir que el desempeño al gestionar el mantenimiento en la empresa puede calificarse como un bajo desempeño, siendo estos la mayoría, mientras también 4 de cada 10 considera que se alcance un nivel regular o medio de tal tipo de desempeño, por otro sólo 1 de cada 10 trabajadores manifiesta percibir que se alcanza un alto desempeño de la gestión de mantenimiento en la empresa.

#### 4.1.14. Indicadores de desempeño (previo)

Para una selección apropiada de los indicadores de desempeño respecto a una gestión de mantenimiento es indispensable considerar qué niveles de la empresa analizarán dichos indicadores, tomando como meta la “maximización del valor”, en este sentido se definen tres niveles (37):

- Indicadores estratégicos: dan una visión corporativa para identificar la direccionalidad y efectividad de la empresa en comparación con otras (Benchmarking).
- Indicadores tácticos: dan una visión respecto al desempeño del activo además de identificar la efectividad en el alcance de objetivos y toma de decisiones.
- Indicadores operativos: dan una visión respecto al desempeño de una gestión, siendo este último es el que nos importa debido a la naturaleza de la investigación.

Con esto, se establecen los indicadores de desempeño, en ese sentido se muestra la interrelación existente de los diversos indicadores de una gestión de mantenimiento encaminada a la generación de valor.



Figura 18. Interrelación de los indicadores de desempeño con el mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

- Disponibilidad de equipos:

En esta investigación se pretende optimizar el desempeño de la unidad minera respecto a disminuir costos mediante la optimización de mano de la obra y eliminación en lo posible el desperdicio de tiempos, para ello se realizó un modelo de disponibilidad existente de las unidades con los que cuenta la empresa, basado en la fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{\text{tiempo programado} - \text{tiempo de parada} * 100}{\text{tiempo programado}}$$

Tabla 14. *Listado de rappers.*

<b>N°</b>	<b>RAPPERS</b>
1	Rapper nivel 5 - lado sur (ISA)
2	Rapper nivel 5 - lado norte (ISA)
3	Rapper nivel 5 1/2 - lado sur (ISA)
4	Rapper nivel 5 1/2 - lado norte (ISA)
5	Rapper nivel 6 - lado sur (ISA)
6	Rapper nivel 6 - lado oeste (ISA)
7	Rapper nivel 7 - lado sur (ISA)
8	Rapper nivel 7 - lado oeste (ISA)
9	Rapper techo electroprecipitador (ISA)
10	Rapper lado sur - 1 nivel inferior al techo (Convertidor)
11	Rapper lado sur - nivel 3 (Convertidor)
12	Rapper lado norte - nivel 3 (Convertidor)
13	Rapper techo electroprecipitador (Convertidor)

Fuente: elaboración propia.

La siguiente tabla se basa en la data histórica del año 2020 (enero - diciembre). Los tiempos están en horas:

- Para la línea de producción 1 (rappers lado sur) tenemos en promedio una disponibilidad de 130 horas mensuales por rapper (considerando el tiempo real).
- Para la línea de producción 2 (rappers lado norte) tenemos en promedio una disponibilidad de 150 horas mensuales por rapper.
- Para la línea de producción 3 (rappers lado oeste) tenemos en promedio una disponibilidad de 90 horas mensuales por rapper.
- Para la línea de producción 4 (techos del electroprecipitador) tenemos en promedio una disponibilidad de 60 horas mensuales por rapper.

Tabla 15. *Disponibilidad de rappers - actual.*

<b>GRUPOS</b>	<b>MARTILLOS</b>	<b>TIEMPO PROGRAMADO</b>	<b>TIEMPO REAL</b>	<b>TIEMPO PARADO</b>	<b>DISPONIBILIDAD %</b>
Línea de producción 1	45	1 950	1 560	390	80 %

Línea de producción 2	37	2 360	1 800	560	76 %
Línea de producción 3	4	1 405	1 080	325	77 %
Línea de producción 4	17	1 165	720	445	62 %
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	<b>6 880</b>	<b>5 160</b>	<b>1 720</b>	<b>73 %</b>

Fuente: elaboración propia.

En el Anexo 11 se presenta el detalle mensual de los tiempos de disponibilidad. Como se observa en la tabla anterior, la disponibilidad total es del 73 %, lo cual está muy por debajo del promedio aceptable el cual debe ser mayor al 80 %, como lo sugiere el estudio de Villegas (11). El punto más alto es alcanzado por la línea de producción 1 con 80 % y la línea de producción 4 con la disponibilidad actual más baja al presentar un valor de 62 %.

- Capacidad de operario - rendimiento:

Este indicador de desempeño mide el rendimiento productivo, muestra sobre todo cuál de los empleados posee espacio para asumir un poco más de trabajo. Es utilizado para una distribución de trabajo de manera equitativa y nos muestra el porcentaje de la capacidad del operario utilizado exclusivamente para su trabajo de mantenimiento.

$$\text{Capacidad de operario} = \frac{\text{capacidad utilizada} - t. \text{asignado} * 100 \%}{\text{capacidad instalada}}$$

- Para la capacidad instalada, potencial de producción o volumen de producción (para el caso del mantenimiento), tomamos en cuenta el tiempo total programado de la tabla anterior equivalente a 37 400 horas.
- Para la capacidad utilizada tomamos en cuenta el tiempo total real de la tabla anterior equivalente a 26 440 horas.
- Para el tiempo asignado tomamos en cuenta las horas de trabajo del operario en su jornada laboral equivalente a 8 horas.

$$\text{Capacidad de operario} = \frac{26\,440 - 8 * 100 \%}{37\,400}$$
$$\text{Capacidad de operario} = 70.67$$

Se observa que el 71 % de potencial productivo (de mantenimiento) se utiliza exclusivamente con este fin.

- Cumplimiento de la hipótesis específica 1:

Se cumple con la determinación del escenario actual de los procesos de mantenimiento en el caldero evidenciándose la problemática presente, junto a la evaluación estadística de las encuestas sobre el desempeño de los trabajadores y los indicadores de la situación actual.

#### 4.1.15. Diagrama de Ishikawa

Para mostrar todas las posibles causas que existen detrás del problema detectado se elabora el diagrama de Ishikawa. Este diagrama, con otra denominación como diagrama de causa - efecto, permitió ordenar a los problemas encontrados de acuerdo a grupos, los cuales son: materiales, mano de obra, medio ambiente, maquinaria, y métodos.

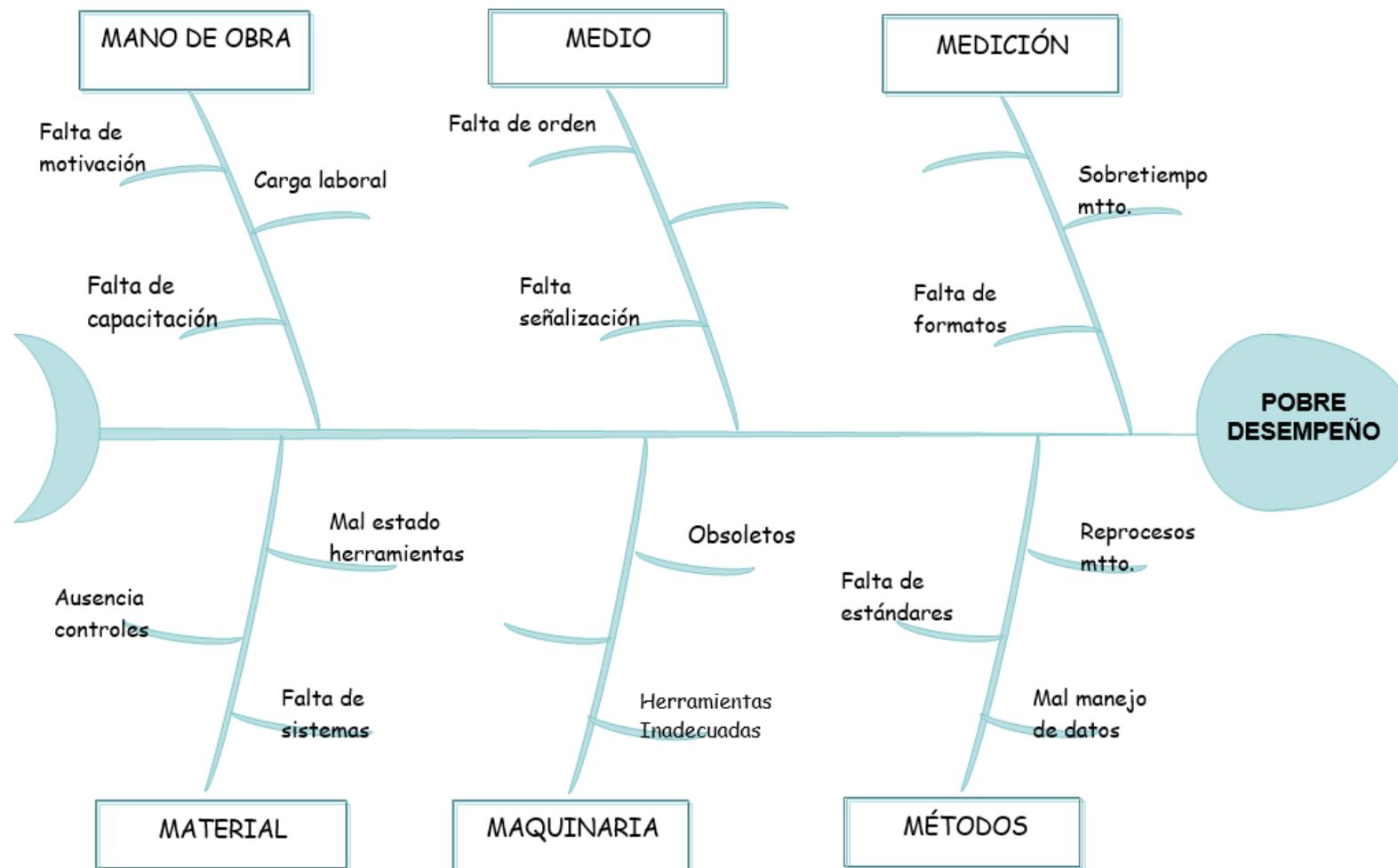


Figura 19. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.16. Diagrama de Pareto

Una vez obtenidas las causas de los problemas, se clasifican gráficamente dichas causas de mayor a menor relevancia mediante el diagrama de Pareto. Se obtuvieron 12 elementos (causas) que se consideran relevantes para el análisis. De ahí que se utilizó el diagrama de Pareto para la identificación de los factores que representan los más críticos entre dichos elementos.

Tabla 16. *Lista de causas - efectos.*

ITEM	ELEMENTO
1	Bajo nivel de motivación y compromiso
2	Falta de capacitaciones
3	Sobrecarga laboral
4	Falta de orden y limpieza
5	Falta de señalizaciones
6	Sobretiempos de mantenimiento
7	Reprocesos de mantenimiento
8	Procesos no estandarizados
9	Manejo de datos desactualizados
10	Herramientas en mal estado
11	Ausencia de control de desperdicios
12	Falta de sistemas de información eficientes
13	Falta de formatos
14	Herramientas obsoletas
15	Herramientas inadecuadas

Fuente: elaboración propia.

Mediante la observación llevada a cabo, se identificaron el número de ocurrencias y el grado de importancia de cada elemento para determinar cuáles fueron los más críticos.

Tabla 17. *Elementos en orden de relevancia.*

ITEM	FACTOR	GRADO IMPORT.	%	% ACUM.
6	Sobretiempos de mantenimiento	26	15.0	15.0
7	Reprocesos de mantenimiento	25	14.5	29.5
2	Falta de capacitaciones	24	13.9	43.3
4	Falta de orden y limpieza	21	12.1	55.5
11	Ausencia de control de desperdicios	19	11.0	66.4

1	Falta de motivación y compromiso	17	9.8	76.3
3	Sobrecarga laboral	10	5.8	82.1
8	Procesos no estandarizados	8	4.6	86.7
5	Falta de señalizaciones	6	3.5	90.1
9	Manejo de datos desactualizados	5	2.9	93.0
10	Herramientas en mal estado	4	2.3	95.3
12	Falta de sistemas de información eficientes	4	2.3	97.7
14	Herramientas obsoletas	2	1.2	98.8
13	Falta de formatos	1	0.6	99.4
15	Herramientas inadecuadas	1	0.6	100.0

Fuente: elaboración propia.

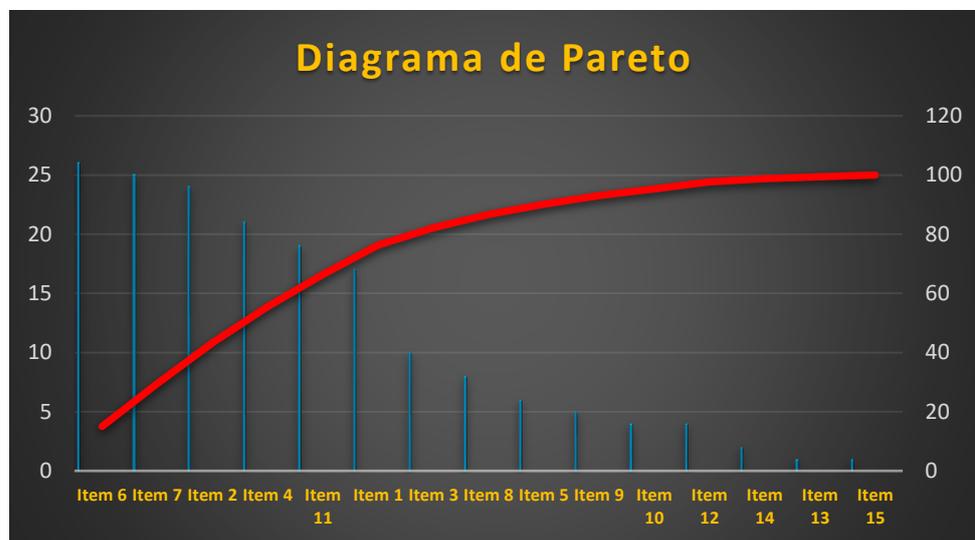


Figura 20. Diagrama de Pareto.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior, el 80 % de los factores de mayor importancia están representados por la línea en color rojo, siendo estos ítems: 6, 7, 2, 4, 11 y 1, que corresponden a:

- Sobretiempos de mantenimiento.
- Reprocesos de mantenimiento.
- Falta de capacitaciones.
- Falta de orden y limpieza.
- Ausencia de control de desperdicios.
- Falta de motivación y compromiso.

## 4.2. Propuestas de mejora

### 4.2.1. Alternativas de solución

En base a los elementos críticos antes analizados, se muestran las posibles soluciones en la siguiente tabla.

También se tomaron en cuenta 3 elementos que no se consideraban críticos pues son factibles de resolverse con la metodología similar aplicada para algunos elementos críticos, siendo éstos:

- Ítem 3: sobrecarga laboral.
- Ítem 8: procesos no estandarizados.
- Ítem 5: falta de señalizaciones.

Tabla 18. *Alternativas de solución.*

<b>PROBLEMAS</b>	<b>SOLUCIONES</b>
- Falta de capacitaciones. - Falta de motivación y compromiso.	Capacitación a los trabajadores, esto incluye al administrador en temas de mejora continua, control y seguridad. Además, es recomendado realizar una adecuada inducción al personal ingresante para que conozcan la ejecución de todos los procesos en la empresa. Igualmente, de ejecutar actividades de intervención del personal en la cual se efectúen reuniones para conocer la opinión de los colaboradores e incluir estos en la toma de decisiones.
- Falta de orden y limpieza. - Ausencia de control de desperdicios. - Procesos no estandarizados. - Falta de señalizaciones.	Efectuar la metodología 5'S para establecer en la organización una cultura de orden y limpieza. Un ambiente de trabajado despejado y cómodo propicia que los colaboradores ejecuten sus tareas de forma óptima, así como lograr cierta uniformidad para estandarizar las actividades.
- Sobretiempos de mantenimiento. - Reprocesos de mantenimiento. - Sobrecarga laboral.	Implementar un modelo matemático para delegar tareas y secuenciación de actividades de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

Con las posibles alternativas de solución se procede al desarrollo de las propuestas, las cuales van de la mano con los objetivos de la investigación.

- Plan de capacitaciones.
- Aplicación de la metodología 5S.
- Aplicación de un modelo matemático.

#### 4.2.2. Plan de capacitaciones

Es prioritario tener personal que realiza de manera rápida las actividades de mantenimiento, sin pérdidas de la calidad, resulta necesario que la empresa posea un plan que contribuya a desarrollar las habilidades para la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento de la empresa. Al realizar un diseño de un plan para capacitar al personal favorecerá a la empresa respecto al desempeño, las destrezas no desarrolladas, la eficiencia laboral y la adquisición de conocimientos. Asimismo, es pertinente que los colaboradores de la empresa posean conocimiento de los procedimientos a través de un manual formal para el desarrollo de sus actividades y a posterior utilizar un plan en el que se establezca la relación especialista - aprendiz, donde la empresa capacitará a cada responsable del proceso logístico para que socialicen sus conocimientos con los empleados a su cargo. Así también, es importante resaltar el trabajo en equipo para el alcance de objetivos que beneficien tanto al trabajador como a la empresa.

Tabla 19. *Contenido de las capacitaciones.*

TEMA	CONTENIDO
Mejora continua	- Cultura organizacional.
	- Herramientas básicas de calidad.
	- Habilidades blandas.
	- Planificación e implementación de mejoras.
Seguridad	- Equipos y dispositivos de seguridad.
	- Identificación y evaluación de áreas de trabajo aceptable.
	- Seguridad y productividad.
	- Llenado de documentos ATS, Check List de equipos.

---

	- Categorías de Advertencia (acciones pertinentes del operador).
Mantenimiento	- Localización e identificación de fallas. - Simbología (interpretación). - Reconocimiento de componentes principales.
Motivación	- Establecimiento de objetivos. - Trabajo en equipo. - Solución efectiva de problemas. - Superación Personal y en Equipo.

---

Fuente: elaboración propia.

Al ejecutar el plan de capacitaciones, se plantea ejecutar evaluaciones al personal y posteriormente, el seguimiento del plan en base al desempeño.

Es posible efectuar estas capacitaciones cada semana, con una duración de 45 minutos por sesión y la realización de un tema por capacitación. Asimismo, se plantea hacer capacitaciones de frecuencia semestral, registradas en los formatos adecuados, tanto de los objetivos y temas de las capacitaciones y asistencia del colaborador.

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN								
AÑO:.....								
N°	NOMBRE DEL CURSO	OBJETIVO	FECHA DE REALIZACIÓN	LUGAR	N° HORAS POR CURSO	INSTRUCTOR	DIRIGIO A	OBSERVACIONES
		NOMBRE		FIRMA			FECHA	
ELBORADO POR								
APROBADO POR								

Figura 21. Formato del programa semestral de capacitación.

Fuente: elaboración propia.

REGISTRO DE CAPACITACIÓN		Registro:	RH-P-02-2		
		Revisión:	03		
		Fecha Actualización:	09/01/2013		
<b>TIPO DE ORIENTACION / ENTRENAMIENTO</b>					
CHARLA DE INICIO DE TURNO <input type="checkbox"/> CURSO DE CAPACITACION <input type="checkbox"/> OTROS(Especificar) _____					
<b>AREA RESPONSABLE:</b>		<b>LUGAR :</b>			
<b>TEMA:</b> _____					
<b>EXPOSITOR:</b>		<b>FECHA :</b>	<b>DURACIÓN (MIN) :</b>		
<b>CARGO DEL EXPOSITOR :</b>		<b>FIRMA:</b>			
N°	NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FIRMA		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
<b>Emitido Por:</b>		<b>Revisado Por:</b>		<b>Aprobado Por:</b>	
Nombre y Cargo:		Nombre y Cargo:		Nombre y Cargo:	
Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma	Fecha

Figura 22. Formato de lista de asistencia.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el cronograma de capacitaciones.

Tabla 20. Cronograma de capacitaciones.

Semana	1	2	3	4
<b>Actividad</b>				
<b>Tema 1: Mejora continua.</b>				
- Cultura organizacional.				
- Habilidades blandas.				
- Herramientas primordiales de calidad.				
- Planificación y ejecución de mejoras.				
<b>Tema 2: Seguridad.</b>				
- Caracterización y evaluación de áreas de trabajo aprobado.				
- Maquinaria y dispositivos de seguridad.				
- Rellenado de documentos ATS, Check List de equipos.				
- Seguridad y productividad.				
<b>Tema 3: Mantenimiento.</b>				
- Categorías de Advertencia (acciones oportunas del operador).				
- Simbología (interpretación).				
- Localización e identificación de fallas.				
- Reconocimiento de componentes principales.				
<b>Tema 4: Motivación.</b>				
- Establecimiento de objetivos.				
- Trabajo en equipo.				
- Solución efectiva de problemas.				
- Superación personal y en equipo.				

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.3. Aplicación de la metodología 5S

Al implementar las 5S, se propicia un ambiente laboral adecuado para la optimización y reducción de pérdidas de tiempo, además de ayudar a mejorar las condiciones del trabajo. En la aplicación de las 5S, se aplicaron 4 pasos primordiales, los cuales se muestran a continuación, para luego detallar cada etapa de la implementación.

Tabla 21. *Etapas para la implementación de las 5S.*

5 S	1	2	3	4
	Limpieza inicial	Optimización	Formalización	Retroalimentación
<b>Clasificar</b>	Dividir lo que es útil de lo inútil.	Ordenar las cosas útiles.	Revisar y determinar las normas de orden.	Afianzar.
<b>Ordenar</b>	Botar lo que es inservible.	Precisar la manera de clasificar los objetos.	Visibilizar las normas definidas.	Mantener.
<b>Limpiar</b>	Limpiar los ambientes y equipos.	Localizar las zonas de cuidado en cuanto a la limpieza.	Averiguar las causas de suciedad y dar solución.	Mejorar.
<b>Estandarizar</b>	Prescindir lo que no es apto.	Determinar el control visual.	Constituir los estándares.	Evaluar.
<b>Mantener</b>	Emplear las 5S en el área de trabajo y respetar los procedimientos en el lugar de trabajo de forma regular.			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. *Implementación de las 5S.*

5S	1	2	3	4
	Limpieza inicial	Optimización	Formalización	Retroalimentación
<b>Clasificar</b>	Se plantea la identificación en todos los puestos de trabajo lo que es preciso y lo que no lo es. En esta investigación, mediante una inspección junto al supervisor se determinó desechar aquellas cosas innecesarias de las áreas de trabajo de mantenimiento, ya que las operaciones diarias se ven obstruidas dado por el retraso en el tiempo para hallar las herramientas que se pretenden usar, pues no			Afianzar haciendo seguimiento a los materiales que no agregan valor.

---

se tiene una buena categorización de las herramientas y maquinaria en el área de trabajo. Entre los elementos innecesarios se encuentran herramientas obsoletas, materiales de desecho, equipos descompuestos, entre otros.

### **Ordenar**

Después de la etapa de clasificar, se busca organizar para poder influenciar de manera directa en los tiempos de la realización de actividades. Es pertinente la eliminación de los minutos de desperdicio, además de trabajar con la mejora de la visualización de las herramientas para alcanzar optimar los tiempos de servicio. Para ello se consideran, la practicidad, la seguridad y el flujo de materiales y personas. Para organizar se requieren técnicas simples como el control visual utilizando rótulos y etiquetas para clasificar las herramientas como los repuestos, también el diseñar líneas de piso. Para el desarrollo de esta metodología se requiere el almacenar las herramientas con más frecuencia de uso contiguo al lugar de trabajo, precisar el lugar y conseguir reducir el tiempo de búsqueda y agilizar su retorno al sitio luego de su empleo. Entonces se propone el reordenamiento y colocación de las herramientas y los repuestos de mediano peso ubicarlos en un nuevo estante de hierro y un organizador para no permitir que los repuestos y herramientas se encuentren en el suelo o en lugares que ocasionarían accidentes. Para todo esto se requiere establecer un lugar idóneo de los objetos considerando la mayor frecuencia de uso.

Se conserva y se estudia las mejoras respecto a la disposición del espacio además del seguimiento y control para mantener de forma óptima las mejoras.

### **Limpiar**

Una vez localizados los focos de suciedad y los puntos de acceso dificultoso para realizar la limpieza. Se planificarán días de limpieza total, en base al desarrollo de etapas, estas ayudarán a fortalecer el hábito de la limpieza, el sitio de trabajo se mantendrá en óptimas condiciones. Involucrando a todo el personal para ello. Estas etapas son:

- Definir zonas y responsabilidades.
- Realizar charlas sobre lo indispensable del aseo personal, y la forma de aplicar la rutina al área de trabajo.
- Realizar el día de limpieza profunda, limpiar el aceite, polvo y grasa de todas las áreas.

Caracterización de oportunidades de mejora por parte de los responsables del área.

---

	<p>- Asegurarse de que las aberturas de las paredes, suelo y equipos no tengan suciedad, realizando acciones tales como barrer, sacudir o trapear.</p>	
	<p>- Seguimiento diario a los trabajadores para que estas actividades se den en las respectivas áreas de trabajo.</p>	
	<p>Ejecutada la limpieza general, se motivará a conservar el área de trabajo limpio además se realizará un cronograma donde se designará a los responsables por semana de la limpieza de las áreas de trabajo y las áreas comunes, así como un formato en la cual se establecen metas, parámetros, métodos y roles de limpieza de las áreas compartidas, para realizar el respectivo seguimiento (Anexo 8).</p>	
<b>Estandarizar</b>	<p>En esta fase se trata de normalizar todos los procesos, colocando señalizaciones correspondientes en las áreas de mantenimiento, en la cual se podrán identificar puntos de riesgos, zonas seguras, salidas de emergencia y la denominación de las zonas. Además de la implementación de controles visuales para conservar las zonas limpias, organizadas y ordenadas (mediante la planificación de la colocación de directivas en pizarrines y determinar los responsables en la colocación de dichas directivas). Asimismo, es necesario realizar la implementación de tachos de basura para ordenar los diferentes tipos de desechos.</p>	<p>Evaluación mediante auditoría interna.</p>
<b>Mantener</b>	<p>Para ejecución de las 5S en el área es necesaria para la supervisión por el responsable del área, para determinar los posibles problemas y los cambios requeridos. Por ello, es necesaria la participación en equipo por la gerencia, responsable del área, y todo el personal.</p>	

---

Fuente: elaboración propia.

Al implementar las 5S en todas las zonas de mantenimiento, se propicia un ambiente laboral adecuado para conseguir optimar las labores y evitar pérdidas de tiempo, además de ayudar a las condiciones de trabajo y a reducir los riesgos de accidentes.

Para alcanzar esta metodología es necesario la integración de todo lo realizado en la rutina de los colaboradores del área y disponer charlas para socializar los puntos de vista y que consecutivamente se ejecuten las

respectivas retroalimentaciones. Posteriormente, la autodisciplina para conservar la mejora se obtiene motivando y concientizando al personal en cumplir las políticas, normas y procedimientos determinadas en las 5S, y esto se consigue a partir de:

- Incluir métodos y etapas para asegurar que los parámetros sean cumplidos, con la finalidad de valorar el progreso de las 5S aplicando las exploraciones de la parte interna del área logística.
- Promover el compañerismo y el trabajo en equipo.
- Fomentar entre todos los implicados el flujo de información.
- Tomar en cuenta las ideas de mejora de todos los colaboradores.
- Motivar a los colaboradores a cuidar que lugar de trabajo se encuentre ordenado y limpio.
- Instaurar los mecanismos para respetar y cumplir las medidas de seguridad.
- Mantener hábitos correctos de higiene.

En conclusión, estos procesos necesarios de implementarse, en general están basados en métodos posibles de implementar, no obstante, al mantener vigentes los cambios realizados es un inconveniente constante. Por ello resulta pertinente, que la gerencia efectúe una constante supervisión. Igualmente, es necesario proponer un plan de inspección (Anexo 9) y además es adecuado incorporar un formato de evaluación de la situación actual del área con respecto a las 5S (Anexo 10).

- Formación de equipos de trabajo:

Esto facilita la aplicación de las 5 S así como el hecho de favorecer las relaciones entre los colaboradores, promoviendo la creatividad y permitiendo que las tareas sean compartidas entre varias personas. Con esta finalidad se nombra a un líder de trabajo, que será el supervisor del área, el cual no sólo participará de las tareas, sino será el encargado y tendrá el compromiso de organizar las juntas de trabajo además de representar al equipo en las reuniones de seguimiento, documentar los resultados alcanzados, así también facilitará el proceso de retroalimentación.

<b>REGISTRO DE PROYECTO 5 S</b>		ID del Documento:
		Fecha:
UBICACIÓN:	Almacén	ZONA:
ESPECIFICACIÓN:		
DETALLES DEL PERSONAL		
NOMBRE Y APELLIDOS		ROL
		Lider
		Miembro
		Facilitador

Figura 23. Formato de registro.

Fuente: elaboración propia.

La tarea del facilitador, quien no cumple un rol activo en los equipos de trabajo, es quien suministrar los recursos al equipo de trabajo, elimina los inconvenientes que se les presenten al equipo de trabajo y da seguimiento al desempeño llevado a cabo por el equipo.

- Anotación de ideas:

Para la segunda S de la metodología 5S, que es la actividad de Organizar, se propone una lluvia de ideas realizadas por los miembros del equipo, los cuales pueden ser llevados a cabo en anotaciones físicas de un color determinado (amarillo por ejemplo), con ítems como por ejemplo: identificación de los ítems por usuario y orden de compra, colocación de los registros más importantes en el pizarrín y rotulación de materiales que no poseen codificación.

Para la tercera S de la metodología 5S, que es la actividad de Limpiar, se propone la anotación de las diversas ideas de limpieza en las zonas o locaciones que necesitan de ello, esto por parte del equipo de trabajo, los cuales pueden ser llevados a cabo en anotaciones físicas (de un color determinado - celeste por ejemplo), con ítems como los son: limpieza del polvo de las locaciones en el que se encuentran tanto ítems como áreas de trabajo, limpieza de los cajones que contienen a los materiales y en los que no se visibiliza la codificación.

Una vez hechas las observaciones anteriores se anotan las ideas de mejoras por parte de los miembros del equipo de trabajo y se cambia el color de las anotaciones para así diferenciarlas de los anteriores mencionados; en esta parte es probable que se necesite un número mayor de anotaciones físicas para la recopilación de ideas propuestas por los miembros y que se realizan en el cronograma.

- Reporte de las actividades:

Se anotan, en una pizarra, las ideas y actividades respectivamente identificadas para descartar las que se repitan; se clarifican las que estén imprecisas, además de clasificar en tareas de selección, organización, limpieza o mejora, según la clasificación a la que pertenezcan.

Luego, las actividades son organizadas según el tiempo que el equipo considere pertinente para llevarlas a cabo.

- A. equivale al corto plazo (1 semana).
- B. equivale al mediano plazo (2 a 3 semanas)
- C. equivale al largo plazo (1 a 2 meses).

Con toda la información que se obtuvo, el equipo puede realizar un reporte de las actividades de las 5S.

A continuación, se presenta el reporte de las actividades de las 5S donde se muestra las tareas, sus categorías y el plazo de cada una de aquellas.

<b>REPORTE DE ACTIVIDADES DE LAS 5S</b>		ID del Documento:	
		Fecha:	
<b>UBICACION:</b> Almacén		<b>ZONA:</b>	
<b>ESPECIFICACIÓN:</b> Cumplimiento de cronograma establecido		<b>FACILITADOR:</b>	
DETALLE DE LAS ACTIVIDADES			
Actividades		Categoría	Plazo
1	Eliminar materiales innecesarios	Selección	B
2	Revisar y colocar materiales en su sitio.	Selección	B
3	Eliminar los documentos o archivos innecesarios	Organización	B
4	Limpiar el polvo de las locaciones donde estan ubicados los items y las areas de trabajo	Limpieza	A
5	Identificar los items por usuario y orden de compra.	Organización	C
6	Rotular los materiales que no poseen codificación.	Organización	C
7	Ordenar los items	Organización	B
8	Colocar los registros mas importantes en la pizarra	Organización	A
<small>Categoría: Selección, Organización, limpieza y mejora Plazo: A(corto), B(mediano), C(largo)</small>			

Figura 24. Reporte de actividades.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.4. Aplicación del modelo matemático

Con este modelo matemático se proyecta realizar la división de tareas y secuencia de las actividades de mantenimiento, para ello se hace uso de la programación lineal con el cual se resuelve la problemática específica. Para esto se toman en cuenta los siguientes factores.

- Con la realización de este modelo se busca maximizar los tiempos de realización de las actividades programadas en los mantenimientos preventivos (MP).

- El modelo está diseñado para operaciones que tienen periodo de planeación de 1 año, no obstante, se admite tomar en cuenta todas las actividades de mantenimiento.
- El modelo incluye como variables, el total de rappers, las paradas de tiempo para ejecutar las actividades de mantenimiento y los mecánicos designados para éstas.
- En cuanto a las restricciones, son consideradas las de tipo ejecución, por interrupciones, de exclusividad, por inicio de mantenimiento y por actividades paralelas.

En cuanto a los parámetros para aplicarse en el software AMPL, se tiene:

- *i*: líneas de producción:
  - Línea de producción 1: rappers lado sur.
  - Línea de producción 2: rappers lado norte.
  - Línea de producción 3: rappers lado oeste.
  - Línea de producción 4: techo de electroprecipitador.
- *t*: tiempo/periodo de ejecución/número de periodo:
  - Las labores de mantenimiento son ejecutadas una vez por mes para las respectivas líneas de producción.
- *j*: actividades a desarrollar en mantenimiento:
  - Acorde a los tipos de sistemas indicados en los planes de mantenimiento preventivo se ubican 15 actividades (tabla 23).

Tabla 23. *Tipos de sistemas.*

TIPOS DE SISTEMAS	TIPO DE ACTIVIDAD
Inspección general nivel 5	I
Reajuste y reposición de pernos nivel 5	II
Reparación de yunques nivel 5	III
Cambio de brazo y bola nivel 5	IV
Lubricación del martillo nivel 5	V
Ajuste y reposición de pernos nivel 6 y 7	VI
Reparación total nivel 7	VII
Ajuste y reposición de pernos techo electroprecipitador ISA	VIII

Ajuste y reposición de pernos inferior del techo	IX
Inspección general nivel 3	X
Reajuste y reposición de pernos nivel 3	XI
Reparación de yunques nivel 3	XII
Cambio de brazo y bola nivel 3	XIII
Lubricación del martillo nivel 3	XIV
Ajuste y reposición de pernos techo electroprecipitador convertidores	XV

Fuente: elaboración propia.

- $l$ : técnicos operadores.
  - o 12 operadores (8 mecánicos y 4 eléctricos).
- $B_{ij}$ : duración de la actividad  $j$  en la línea  $i$ ; duración de las actividades.
- Op\_Act: conjunto de operaciones "O" que pueden ejecutar las actividades "j".
- Variable de decisión:
  - o  $X_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{si la línea } i \text{ es detenida para realizar la actividad } j \text{ en el período } t \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$
  - o  $C_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{si la línea } i \text{ la actividad } j \text{ empieza al inicio del período } t \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$
  - o  $O_{lijt} = \begin{cases} 1 & \text{si el operario } l \text{ realiza la actividad } j \text{ en la línea } i \text{ en el período } t \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$
- Modelo matemático:

Función objetivo: Maximización de los tiempos de ejecución de las actividades programadas en los MP.

$$Max. t_{MP} = 1/t \sum_{t=1}^{12} \sum_{i=1}^4 \left[ \frac{\sum_{j=1}^{15} (X_{ijt} * T_{it})}{D_{it}} \right]$$

Restricciones: Disponibilidad de recursos y la secuencia de las actividades con la finalidad de mejorar la efectividad del programa de los mantenimientos preventivos.

- Restricción de ejecución: el desarrollo del mantenimiento preventivo se ejecutará en una sola parada de la línea de producción, y las actividades se ejecutarán según el tiempo determinado para estas.

$$\sum_t X_{ijt} = D_{ij} \quad \forall i, j$$

- Restricción por interrupciones: el paro de la línea de producción con el fin de ejecutar el mantenimiento preventivo empezará y terminará sin interrupciones en el período planeado.

$$X_{ij} \leq C_{ijt} \quad \forall i, j \quad t = 1$$

$$X_{ij} - X_{ijt-1} \leq C_{ijt} \quad \forall i, j \quad 2 \leq t \leq 12$$

- Restricción por inicio del mantenimiento: dos a más líneas de producción no pueden iniciar el mantenimiento preventivo al mismo tiempo, dado que se emplea el mismo equipo de mantenimiento.

$$\sum_t C_{ijt} = 1 \quad \forall i, j, t$$

- Restricción de exclusividad: cualquier actividad programada en los mantenimientos preventivos es realizada por un único personal (operario).

$$X_{ijt} = \sum_l O_{lijt} \quad \forall i, j, t$$

- Restricción por actividades paralelas: dadas las políticas de seguridad, está restringido que un operario realice más de una actividad a la vez en el período de tiempo dispuesto para dicha actividad.

$$\sum_i \sum_j O_{lijt} \leq 1 \quad \forall l, t$$

El supervisor de campo plantea la secuencia de ejecución de las respectivas actividades programadas, así como los periodos o fechas para realizarse dichas actividades, así como los tiempos que permanecerán los componentes inoperativos. La variable de decisión posee dos estados, ya sea el componente operando o el componente en mantenimiento. Se ejecuta el mantenimiento con una frecuencia mensual, con esto se pretende disminuir el tiempo de ejecución además se busca la maximización del cumplimiento de las actividades. El programa de las actividades a ejecutar se precisa con una anticipación de tres días, en el formato de programación semanal, están incluidas las tareas, los tiempos estimados y las personas asignadas en la ejecución de cada actividad.

Tomando en cuenta las averías detectadas el mes crítico de noviembre de 2020, se determinó un tiempo medio entre fallas de 35 horas.

Mientras que se estimó un tiempo medio para reparaciones de 1.5 horas para cada técnico de mantenimiento.

A continuación, se presenta la formulación del modelo matemático en el software AMPL.

```

#Conjuntos
set LINEAS;#LINEAS DE PRODUCCION INDEXADO POR i
param tstart integer;
param tend > tstart integer;
param tinterval > 0 integer;
set PERIODOS:= tstart .. tend by tinterval; # Periodos de ejecuci-
n, INDEXADO POR t
param astart integer;
param aend > astart integer;
param ainterval > 0 integer;
set ACTIVIDADES:= astart .. aend by ainterval; # Actividades a
desarrollar en mtto, INDEXADO POR j
param ostart integer;
param oend > ostart integer;
param ointerval > 0 integer;
set OPERARIOS:= ostart .. oend by ointerval; # Tecnicos
Operadores, INDEXADO POR l

#Subconjuntos
set OP_ACT{ACTIVIDADES} within OPERARIOS;

#Parametros
param TIEMPO>=0;
param DEMANDA{i in LINEAS, t in PERIODOS}>=0;
75
param TASA_PRODUCCION{i in LINEAS, t in PERIODOS}>=0;
param DURACION_ACTIVIDAD {i in LINEAS, j in ACTIVIDADES}>=0;

#Variables
var X{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in PERIODOS} binary;
#VARIABLE BINARIA IGUAL A 1 SI LA LINEA i SE ENCUENTRA PARADA
MIENTRAS SE REALIZA LA ACTIVIDAD j EN EL PERIODO t
var C{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in PERIODOS} binary;
#VARIABLE BINARIA IGUAL A 1 SI LA LINEA i EMPIEZA LA ACTIVIDAD DE
MANTENIMIENTO j EN EL PERIODO t
var O{l in OPERARIOS, i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in
PERIODOS} binary; #VARIABLE BINARIA IGUAL A 1 SI EL OPERARIO l EN
LA LINEA i REALIZA LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO j EN EL PERIODO t

#Función Objetivo
maximize TIEMPO_MTTTO:
(1/TIEMPO)*(sum{t in PERIODOS, i in LINEAS}(sum{j in
ACTIVIDADES}(X[i,j,t]*TASA_PRODUCCION[i,t])/DEMANDA[i,t]));

#Restricciones
subject to RESTRICCION_1{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES}:
sum{t in PERIODOS} (X[i,j,t]) = DURACION_ACTIVIDAD[i,j];
subject to RESTRICCION_2{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in
2..12}:
(X[i,j,t]) - (X[i,j,t-1]) <= C[i,j,t];

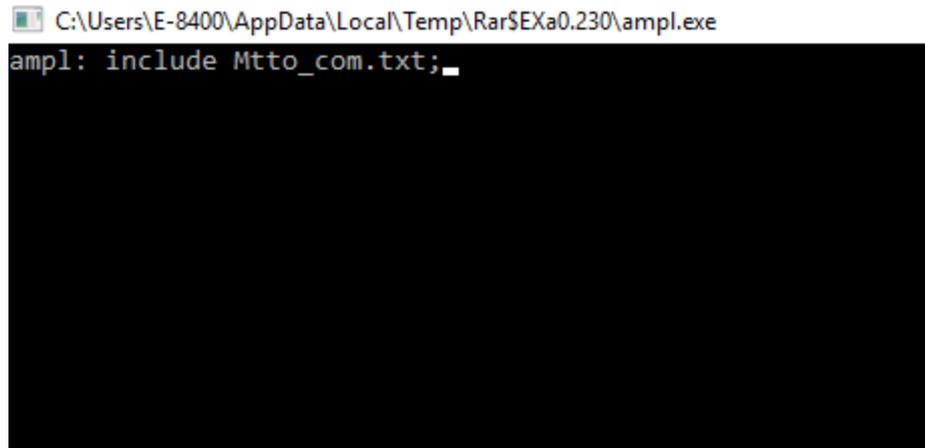
```

Figura 25. Modelo matemático en archivo mod del bloc de notas.

Fuente: elaboración propia.

La anterior figura presentada corresponde al bloc de notas en el que se define el modelo matemático que fue usado en el programa AMPL. En este apartado con extensión mod, van los conjuntos, subconjuntos,

parámetros, variables, función objetivo (el de maximizar el tiempo de mtto.) y por último las restricciones. Lo mismo sucede con las extensiones dat (en el que se definen los parámetros) y la extensión com (en el que van los comandos).



```
C:\Users\E-8400\AppData\Local\Temp\Rar$EXa0.230\ampl.exe
ampl: include Mtto_com.txt;_
```

Figura 26. Programa AMPL.

Fuente: elaboración propia.

La figura anterior corresponde al programa AMPL descargado de la página oficial en su versión demo (AMPL Command Line download for Windows), en el cual se inserta el comando mostrado para la extensión com, una vez que se copiaron los blocs con las extensiones mod, dat y com en la carpeta de archivos del programa. Los resultados obtenidos de darle enter al comando escrito se muestran en la parte de resultados del problema de mantenimiento.

#### 4.3. Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.3.1. Resultados del problema de mantenimiento

DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN HORAS ( $\beta_{ij}$ )

t/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	3	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1	1	2
2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
3	1	2	2	1	1	1	2	6	6	5	5	5	3	2	2
4	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1

Línea de producción 1: Actividades j asignadas en el periodo t

t/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			x									
2											x	
3								x				
3									x	x		
4											x	x
5								x				
6								x				
7				x								
8		x	x	x								
9						X	x					
10					x							
11										x		
12	x	x										
13										x		
14			x									
15				x	x							

Línea de producción 2: Actividades j asignadas en el periodo t

t/j	1	2	3	9	10	11	12
1	x	x	X				
2							x
3						x	
4	x						
5			x				
6	x						
7					x	x	
8							x
9				x			
10		x					
11							x
12							x
13							x
14						x	
15	x						

Línea de producción 3: Actividades j asignadas en el periodo t

t/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												x
2									x	x		
3									x	x		
4		x										
5										x		
6									x			
7									x	x		
8		x	x	x	X	X	x					
9	x	x	x	x	X	X						
10							x	x				
10									x	x	x	
11								x				
11									x	x	x	x
12				x	X	X	x	x				
13	x	x	x									
14		x	x									
15										x	x	

Línea de producción 4: Actividades j asignadas en el periodo t

t/j	1	2	3	4	8	9	11	12
1	X	x	x					
2								x
3							x	
4	X							
5	X							
6		x						
7					X	X		
8								x
9			x					
10			x					
11	X							
12				x				
13					X	X		
14		x						
15								x

Línea de producción 1: Inicio de la actividad j en el periodo t

t/j	1	2	3	4	5	6	8	10	11
1			X						
2									x
3							x		
4									x
5							x		
6							x		
7				X					
8		x							
9						x			
10					x				
11								x	
12	x								
13								x	
14			X						
15				X					

Línea de producción 2: Inicio de la actividad j en el periodo t

t/j	1	2	3	9	10	11	12
1	x						
2							x
3						x	
4	x						
5			X				
6	x						
7					x		
8							x
9				x			
10		x					
11							x
12							x
13						x	
14						x	
15	x						

Línea de producción 3: Inicio de la actividad j en el periodo t

t/j	1	2	4	7	8	9	10	12
1								x
2						x		
3						x		
4		x						
5							x	
6						x		
7						x		
8		x						
9	x							
10				x				
11					x			
12			x					
13	x							
14		x						
15							x	

Línea de producción 4: Inicio de la actividad j en el periodo t

t/j	1	2	3	4	8	11	12
1	x						
2							x
3						x	
4	x						
5	x						
6		x					
7						x	
8							x
9			x				
10			x				
11	x						
12				x			
13					x		
14		x					
15							x

ASIGNACIÓN DE LOS TECNICOS OPERARIOS I, EN LAS LINEAS DE PRODUCCION i, PARA REALIZAR LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO j, EN LOS PERIODOS t

Operador 1, asignado a la línea de producción 1:

t/j	4	8	9	12
3		x	x	
4				x
7	x			

Operador 1, asignado a la línea de producción 2:

t/j	1	3	11
4	x		
5		x	
7			x

Operador 1, asignado a la línea de producción 3:

t/j	2	5	7	10
3				x
4	x			
8		x	x	

Operador 1, asignado a la línea de producción 4, y operador 2, asignado a la línea de producción 1:

t/j	8
5	x

Operador 2, asignado a la línea de producción 2:

t/j	1	3	10
1		x	
6	x		
7			x

Operador 2, asignado a la línea de producción 3:

t/j	4	9	12
1			x
2		x	
8	x		

Operador 2, asignado a la línea de producción 4:

t/j	2
6	x

Operador 3, asignado a la línea de producción 1:

t/j	4	8	11
2			x
6		x	
8	x		

Operador 3, asignado a la línea de producción 2:

t/j	1	2	12
1	x	x	
8			x

Operador 3, asignado a la línea de producción 3:

t/j	3	6	9	10
6			x	
7				x
8	x	x		

Operador 3, asignado a la línea de producción 4, y operador 4 asignado a la línea de producción 1:

t/j	3
8	x

Operador 4, asignado a la línea de producción 2, y operador 4 asignado a la línea de producción 3:

t/j	9	10
5		x
7	x	

Operador 4, asignado a la línea de producción 4:

t/j	1	2	8	11	12
1		x			
3				x	
4	x				
7			x		
8					x

Operador 5, asignado a la línea de producción 1:

t/j	3	10	11
1	x		
3		x	
4			x

Operador 5, asignado a la línea de producción 2, y operador 5 asignado a la línea de producción 3:

t/j	2
8	x

Operador 5, asignado a la línea de producción 4:

t/j	1	9	12
2			x
5	x		
7		x	

Operador 6, asignado a la línea de producción 1:

t/j	2
8	x

Operador 6, asignado a la línea de producción 2:

t/j	11	12
2		x
3	x	

Operador 6, asignado a la línea de producción 3:

t/j	9	10
2		x
3	x	

Operador 6, asignado a la línea de producción 4:

t/j	1	3
1	x	x

Operador 7, asignado a la línea de producción 1:

t/j	7	10
9	x	
11		x

Operador 7, asignado a la línea de producción 2:

t/j	12
11	x

Operador 7, asignado a la línea de producción 3:

t/j	2	5	6	8	9	11
9	x	x	x			
10				x	x	
11						x

Operador 7, asignado a la línea de producción 4:

t/j	1	3	4
9		x	
11	x		
12			x

Operador 8, asignado a la línea de producción 1:

t/j	2	6
9		x
12	x	

Operador 8, asignado a la línea de producción 2, y operador 8 asignado a la línea de producción 3:

t/j	1	4	5	7	8	9	10	11	12
9	x								
10				x				x	
11						x	x		
11									x
12		x	x		x				

Operador 8, asignado a la línea de producción 4:

t/j	3
10	x

Operador 9, asignado a la línea de producción 1:

t/j	1	5
10		x
12	x	

Operador 9, asignado a la línea de producción 2:

t/j	2	9	12
9		x	
10	x		
12			x

Operador 9, asignado a la línea de producción 3:

t/j	3	4	6	7	8	10
9	x	x				
10						x
11					x	
12			x	x		

Operador 9, asignado a la línea de producción 4, y operador 10 asignado a la línea de producción 1:

t/j	3	4	5
14	x		
15		x	x

Operador 10, asignado a la línea de producción 2:

t/j	11	12
13	x	x

Operador 10, asignado a la línea de producción 3:

t/j	2	10
13	x	
15		x

Operador 10, asignado a la línea de producción 4, y operador 11 asignado a la línea de producción 1:

t/j	10
13	x

Operador 11, asignado a la línea de producción 2:

t/j	11
14	x

Operador 11, asignado a la línea de producción 3:

t/j	1	2	3
13	x		x
14		x	

Operador 11, asignado a la línea de producción 4:

t/j	8	9	12
13	x	x	
15			x

Operador 12, asignado a la línea de producción 1, y operador 12 asignado a la línea de producción 2:

t/j	1
15	x

Operador 12, asignado a la línea de producción 3:

t/j	3	11
14	x	
15		x

Operador 12, asignado a la línea de producción 4:

t/j	2
14	x

Figura 27. Resultados del modelo matemático.

Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se presentan las tablas de los resultados respecto al problema de mantenimiento ejecutado.

En el Anexo 7 se muestra el modelo matemático, mostrando el modelado paso a paso, junto al archivo de datos y comandos utilizados en el software AMPL, para concluir con los resultados del problema de mantenimiento de programación lineal arrojados por el programa.

- Resultados:

Se cumple con el propósito de mejorar la asignación de tareas y secuencia de actividades en los mantenimientos preventivos mediante el modelo de programación lineal. Así también, se maximizan los tiempos de realización de las actividades programadas en los mantenimientos preventivos. Por último, se detalla la duración de las actividades en horas, obteniéndose los siguientes resultados.

*Tabla 24. Tiempos de ejecución de mantenimiento con el modelo propuesto.*

TIPOS DE SISTEMAS	TIPO DE ACTIVIDAD	ESPECIALIDAD	TIEMPOS DE EJECUCIÓN
Inspección general nivel 5	I	Operativa	1
Reajuste y reposición de pernos nivel 5	II	Mecánica	3
Reparación de yunques nivel 5	III	Mecánica	3
Cambio de brazo y bola nivel 5	IV	Mecánica	1
Lubricación del martillo nivel 5	V	Mecánica	1
Ajuste y reposición de pernos nivel 6 y 7	VI	Mecánica	1
Reparación total nivel 7	VII	Mecánica/Eléctrica	1
Ajuste y reposición de pernos techo electroprecipitador ISA	VIII	Mecánica	1
Ajuste y reposición de pernos inferior del techo	IX	Mecánica	1
Inspección general nivel 3	X	Operativa	2
Reajuste y reposición de pernos nivel 3	XI	Mecánica	1
Reparación de yunques nivel 3	XII	Mecánica	1
Cambio de brazo y bola nivel 3	XIII	Mecánica	1
Lubricación del martillo nivel 3	XIV	Mecánica	1
Ajuste y reposición de pernos techo electroprecipitador convertidores	XV	Mecánica	1
<b>TOTAL</b>			20 horas

Fuente: elaboración propia.

Estos tiempos de ejecución serán relevantes para cuando toque hacer el mantenimiento preventivo programado. Asimismo, se observa una reducción del tiempo de mantenimiento de 7 horas respecto a la actual. Con estos tiempos de mantenimiento obtenido se puede calcular el equivalente al indicador de disponibilidad con la propuesta respecto del modelo matemático, y en un escenario pesimista de proyección no tomaríamos en cuenta la reducción del tiempo de mantenimiento que puedan suponer también las propuestas de gestión previas de capacitaciones y las 5S.

Tabla 25. *Comparativa de tiempos de mantenimiento y equivalencia.*

	TIEMPO DE MTTO.	TIEMPO PARADA (línea producción 1)	TIEMPO PARADA (línea producción 2)	TIEMPO PARADA (línea producción 3)	TIEMPO PARADA (línea producción 4)
<b>ACTUAL</b>	27 horas	390 horas	560 horas	325 horas	445 horas
<b>PROPUESTA</b>	20 horas	289 horas	415 horas	241 horas	330 horas

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una regla de tres simple para obtener cada tiempo de parada por cada línea de producción, con el objetivo de relacionar y proyectar los tiempos de mantenimiento respecto a las paradas y que estas sean proporcionales. Se observa el equivalente para cada parada con la propuesta, siendo que a mayor tiempo de mantenimiento se da un mayor tiempo de parada. De igual manera se proyectan los tiempos de parada mensual como se muestra en el Anexo 11.

- Cumplimiento de la hipótesis específica 2:

Se cumple la determinación de gestionar el mantenimiento optimizando las tareas gracias a las 3 propuestas planteadas las cuales hacen más eficiente el trabajo, en las condiciones adecuadas, y por último una eficiente asignación de tareas y secuenciación de actividades.

#### 4.3.2. Optimización del desempeño

Para poder medir el desempeño de la empresa se toman en cuenta los siguientes puntos:

- Establecimiento de estrategias de operación y comunicación: gracias a las propuestas se pueden determinar mecanismos de visualización de estrategias operativas inmersas en las actividades de mantenimiento y establecer estrategias que permitan a todos los operarios conocer fácilmente los resultados de cada actividad.
- Medición del desempeño operativo: al tomarse en cuenta los mecanismos, necesidades y recursos propios de las actividades de mantenimiento, y después del análisis llevado a cabo junto a las propuestas se estableció el aprovechamiento del tiempo y los recursos para alcanzar los objetivos específicos.
- Medición del desempeño ejecutivo: en este aspecto es a las jefaturas y la gerencia a la que corresponde medir el rendimiento y determinar si se realizan las labores y tareas en el tiempo esperado y con los recursos precisos.
- Análisis de procesos: gracias al análisis desarrollado en el diagnóstico se establecieron las tareas realizadas de manera ineficiente, así como las actividades correctas con procesos inadecuados, y las actividades que traen pocos beneficios.
- Replanteamiento de la estrategia y los procesos: con la propuesta se establece el aumento de la disponibilidad que conlleva invariablemente al aumento del desempeño en general, en adelante es la directiva quienes deciden sobre la mejora práctica de los procesos operativos y su fortalecimiento para el alcance correspondiente de las metas y objetivos de la empresa.

Se muestran los indicadores de desempeño con la propuesta.

- a) Disponibilidad de componentes con la propuesta:

La disponibilidad de componentes con la implementación de la propuesta, ya que el propósito de la propuesta es mejorar el desempeño al gestionar el mantenimiento de la empresa, esto se logra con la elevación de la disponibilidad de las unidades vehiculares, y esto a su vez al optimizar los tiempos para cada actividad y los tiempos de los operarios (mano de obra). Todo ello supone la reducción de costos de mantenimiento. Con la propuesta implementada se estima un aumento de la disponibilidad de un 8 % gracias a las proyecciones estimadas en las tablas anteriores. A continuación, se presenta la disponibilidad anual para los componentes.

Tabla 26. *Disponibilidad de rappers - propuesta.*

GRUPOS	MARTILLOS	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO REAL	TIEMPO PARADO	DISPONIBILIDAD %
Línea de producción 1	45	1 950	1 661	289	85 %
Línea de producción 2	37	2 360	1 945	415	82 %
Línea de producción 3	4	1 405	1 164	241	83 %
Línea de producción 4	17	1 165	835	330	72 %
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	<b>6 880</b>	<b>5 605</b>	<b>1 275</b>	<b>81 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla anterior se consideraron los mismos tiempos programados de la situación actual, y con la propuesta implementada se tiene una nueva disponibilidad total promedio de componentes de 81 %, sobrepasando al 73 % que se tenía en el histórico del año 2020 observado en el diagnóstico.

b) Capacidad de operario con la propuesta:

$$\text{Capacidad de operario} = \frac{\text{capacidad utilizada} - t. \text{ asignado} * 100 \%}{\text{capacidad instalada}}$$

- Para la capacidad instalada, potencial de producción o volumen de producción (para el caso del mantenimiento), tomamos en cuenta el tiempo total programado de la tabla anterior equivalente a 37 400 horas.
- Para la capacidad utilizada tomamos en cuenta el tiempo total real de la tabla anterior equivalente a 29 413 horas.
- Para el tiempo asignado tomamos en cuenta las horas de trabajo del operario en su jornada laboral equivalente a 8 horas.

$$Capacidad\ del\ operario = \frac{29\ 413 - 8 * 100\ \%}{37\ 400}$$

$$Capacidad\ de\ operario = 78.63$$

Se observa que el 79 % de potencial productivo (de mantenimiento) se utiliza exclusivamente con este fin.

c) Cuadro comparativo de indicadores:

Tabla 27. Cuadro comparativo de indicadores.

INDICADOR	ACTUAL	PROPUESTA	MEJORA
Disponibilidad	73 %	81 %	8 %
Capacidad del operario	71 %	79 %	8 %

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.3. Prueba de hipótesis

- Reducción del tiempo de parada - línea de producción 1:
  - o Prueba de normalidad:

Para la verificación respecto a que si la implementación disminuye el tiempo de parada en la línea de producción 1, es necesario ejecutar la prueba de la normalidad de los tiempos de parada en

la línea de producción 1 antes y después de la propuesta, con el propósito de determinar qué tipo de prueba aplicar (prueba paramétrica o no paramétrica). Para este caso se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.

- P valor  $> \alpha$ ; indica que los datos tienen distribución normal. Si el P valor es mayor al nivel de significancia  $\alpha$  (0.05) entonces los datos proceden de una distribución normal.
- P valor  $< \alpha$ ; indica que los datos no tienen distribución normal. Si el P valor es menor al nivel de significancia  $\alpha$  (0.05) entonces los datos no proceden de una distribución normal.

Tabla 28. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 1.

Tiempo de parada	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Línea 1 Actual	.844	12	.031
Línea 1 Propuesta	.840	12	.028

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se observa que ambos no presentan distribución normal por lo que se ejecutó la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

La prueba de hipótesis para la disminución del tiempo de parada en la línea de producción 1 según las siguientes reglas de decisión:

- Si P valor  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.
- Si P valor  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

Tabla 29. Prueba de Wilcoxon para la línea de producción 1.

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Línea 1 Propuesta	Rangos negativos	12 <sup>a</sup>	6.50	78.00
	Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	.00	.00
- Línea 1 Actual	Empates	0 <sup>c</sup>		
Total		12		

a. Línea 1 Propuesta < Línea 1 Actual

b. Línea 1 Propuesta > Línea 1 Actual

c. Línea 1 Propuesta = Línea 1 Actual

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Tabla 30. Estadísticos de prueba para la línea de producción 1.

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
Línea 1 Propuesta - Línea 1 Actual	
Z	-3.066 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	.002

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

b. Se basa en rangos positivos.

Fuente: elaboración propia.

Según el Anexo 12, el tiempo promedio de parada en la línea de producción 1 antes de la propuesta fue de 32.5 horas y el tiempo con la propuesta fue de 24 horas. De acuerdo a la prueba de Wilcoxon la diferencia es altamente significativa ( $p < 0.05$ ), debido a que en 12 de los casos se redujo el tiempo, por ello se concluye que la propuesta reduce significativamente el tiempo de parada en la línea de producción 1, por consiguiente, se acepta la hipótesis de la investigación.

- Reducción del tiempo de parada - línea de producción 2:

o Prueba de normalidad:

Para la verificación respecto a que si la implementación reduce el tiempo de parada en la línea de producción 2, se realizó la prueba

de la normalidad de los tiempos de parada en la línea de producción 2 antes y después de la propuesta, el propósito es identificar qué tipo de prueba aplicar (prueba paramétrica o no paramétrica). Para ello se realizó la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 31. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 2.

Tiempo de parada	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Línea 2 Actual	.951	12	.652
Línea 2 Propuesta	.953	12	.686

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Se muestra que ambos presentan distribución normal por lo que se ejecutó la prueba paramétrica t de student.

La prueba de hipótesis para disminuir el tiempo de parada en la línea de producción 2 según las siguientes reglas de decisión:

- Si P valor  $\leq 0.05$ , la hipótesis nula es rechazada.
- Si P valor  $> 0.05$ , la hipótesis nula es aceptada.

Tabla 32. Prueba t de student para la línea de producción 2.

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
				Inferior	Superior				
Par 1 Línea 2 Actual - Línea 2 Propuesta	12.1667	4.2391	1.2237	9.4733	14.8600	9.942	11	.000	

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Según el Anexo 12, el tiempo promedio de parada en la línea de producción 2 antes de la propuesta fue de 46.7 horas y el tiempo con la propuesta fue de 34.5 horas. De acuerdo a la

prueba t de student la media de las diferencias es 12.17 a favor de la propuesta. También se observa que la significancia ( $p < 0.05$ ) por lo que se puede concluir que la propuesta reduce significativamente el tiempo de parada en la línea de producción 2, por consiguiente, la hipótesis de la investigación es aceptada.

- Reducción del tiempo de parada - línea de producción 3:
  - o Prueba de normalidad:

Para proceder a verificar si la implementación disminuye el tiempo de parada en la línea de producción 3 se realizó la prueba de la normalidad de los tiempos de parada en la línea de producción 3 antes y después de la propuesta, para identificar el tipo de prueba aplicar (prueba paramétrica o no paramétrica). Para ello se realizó la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 33. *Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 3.*

Tiempo de parada	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Línea 3 Actual	.987	12	.998
Línea 3 Propuesta	.991	12	1.000

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En el caso de la línea 3 actual y la línea 3 propuesta, ambos presentan distribución normal por lo que se realizó la prueba paramétrica t de student.

La prueba de hipótesis para la reducción del tiempo de parada en la línea de producción 3 según las siguientes reglas de decisión:

- Si  $P \text{ valor} \leq 0.05$ , la hipótesis nula es rechazada.
- Si  $P \text{ valor} > 0.05$ , la hipótesis nula es aceptada.

Tabla 34. Prueba t de student para la línea de producción 3.

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Línea 3 Actual - Línea 3 Propuesta	7.0000	1.9540	0.5641	5.7585	8.2415	12.410	11	.000

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Para proceder a verificar si la implementación disminuye el tiempo de parada en la línea de producción 3 antes de la propuesta fue de 27.08 horas y el tiempo con la propuesta fue de 20.08 horas. De acuerdo a la prueba t de student la media de las diferencias es 7 a favor de la propuesta. También se observa que la significancia ( $p < 0.05$ ) por lo que se puede concluir que la propuesta reduce significativamente el tiempo de parada en la línea de producción 3, por consiguiente, la hipótesis de la investigación es aceptada.

- Reducción del tiempo de parada - línea de producción 4:
  - o Prueba de normalidad:

Para proceder a verificar si la implementación disminuye el tiempo de parada en la línea de producción 4 se realizó la prueba de la normalidad de los tiempos de parada en la línea de producción 4 antes y después de la propuesta, para identificar el tipo de prueba aplicar (prueba paramétrica o no paramétrica). Para ello se realizó la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 35. Prueba de normalidad para el tiempo de parada en la línea de producción 4.

Tiempo de parada	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Línea 4 Actual	.959	12	.763
Línea 4 Propuesta	.967	12	.876

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En el caso de la línea 4 actual y la línea 4 propuesta ambos presentan distribución normal por lo que se realizó la prueba paramétrica t de student.

La prueba de hipótesis respecto a la reducción del tiempo de parada en la línea de producción 4 según las siguientes reglas de decisión:

- Si P valor  $\leq 0.05$ , la hipótesis nula es rechazada.
- Si P valor  $> 0.05$ , la hipótesis nula es aceptada.

Tabla 36. Prueba t de student para la línea de producción 4.

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Línea 4 Actual - Línea 4 Propuesta	9.5833	2.3533	.6793	8.0881	11.0785	14.107	11	.000

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Según el Anexo 12, el tiempo promedio de parada en la línea de producción 4 antes de la propuesta fue de 37.08 horas y el tiempo con la propuesta fue de 27.5 horas. De acuerdo a la prueba t de student la media de las diferencias es 9.58 a favor de la propuesta. También se observa que la significancia ( $p < 0.05$ ) por lo que se puede concluir que la propuesta reduce significativamente el

tiempo de parada en la línea de producción 4, por ello, la hipótesis de la investigación es aceptada.

- Reducción del tiempo de parada - total:
  - o Prueba de normalidad:

Para proceder a verificar si la implementación disminuye el tiempo de parada en todas las líneas, se realizó la prueba de la normalidad de los tiempos de parada en todas las líneas de producción antes y después de la propuesta, para identificar el tipo de prueba aplicar (prueba paramétrica o no paramétrica). Para ello se realizó la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 37. *Prueba de normalidad para el tiempo de parada en todas las líneas.*

Tiempo de parada	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Total líneas (actual)	.936	12	.447
Total líneas (propuesta)	.940	12	.501

Fuente: elaboración propia con SPSS.

De acuerdo a la tabla 37, ambos presentan distribución normal por lo que se realizó la prueba paramétrica t de student.

La prueba de hipótesis para la reducción del tiempo de parada en el total de las líneas según las siguientes reglas de decisión:

- Si P valor  $\leq 0.05$ , la hipótesis nula es rechazada.
- Si P valor  $> 0.05$ , la hipótesis nula es aceptada.

Tabla 38. Prueba t de student para el total de líneas de producción.

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
				Inferior	Superior				
Par 1	Total líneas actual - Total líneas propuesta	37.2500	6.4262	1.8551	33.1670	41.3330	20.080	11	.000

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Según el Anexo 12, el tiempo promedio de parada en todas las líneas antes de la propuesta fue de 143.3 horas y el tiempo con la propuesta fue de 106.08 horas. De acuerdo a la prueba t de student la media de las diferencias es 37.25 a favor de la propuesta. También se observa que la significancia ( $p < 0.05$ ) por lo que se puede concluir que la propuesta reduce significativamente el tiempo de parada en todas las líneas, por ello, la hipótesis de la investigación es aceptada.

Por consiguiente, se concluye que se reduce el tiempo de parada en las líneas de producción y por lo tanto se optimiza el desempeño de la unidad minera.

- Cumplimiento de la hipótesis específica 3:

Se cumple al evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento con la propuesta de mejora validándose con el aumento de los indicadores de desempeño.

- Cumplimiento de hipótesis general:

Con el cumplimiento de todas las hipótesis específicas se observa que la propuesta de mejora planteada para la gestión del mantenimiento del caldero Oschatz, optimiza el desempeño de las actividades en la unidad minera del sur del país.

#### 4.3.4. Beneficios económicos de la propuesta

Con todas las herramientas y mejoras explicadas anteriormente se determina y proyecta el nivel de optimización en el proceso, posterior a implementarlas en su totalidad. Asimismo, se considera un escenario pesimista respecto a la propuesta en el caso de las proyecciones.

Tabla 39. *Reprocesos con la propuesta.*

Servicios óptimos	13	87 %
Reprocesos	2	13 %
Total	15	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 40. *Comparativa de reprocesos.*

	Actual	Propuesta
Servicios óptimos	74 %	87 %
Reprocesos	26 %	13 %
Total	100 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

Estos porcentajes estimados para 1 mes aplican igualmente para un periodo de 1 año, observándose una disminución de los reprocesos en el mantenimiento de un 13 %.

Dichos reprocesos observados (como se determinó en el análisis actual para el mes estratégico de noviembre 2020) se dieron por diferentes situaciones como se pudo observar, siendo dos de los reprocesos pertenecientes a las prisas por realizar las tareas en los plazos establecidos, un caso debido a la ausencia de fichas de mantenimiento y un caso por incidente de fallas en el mantenimiento de rapper en el transcurso del mes. Estos datos promedian para ese año 2020 las siguientes cantidades.

- Plazos de entrega: 24
- Fichas de mantenimiento: 12
- Fallas: 12

Con la reducción del 13 % estimado con anterioridad para la propuesta, para los reprocesos de mantenimiento y en un periodo de 1 año se tiene:

- Plazos de entrega: 21
- Fichas de mantenimiento: 10
- Fallas: 10

Con estos datos se puede establecer el nivel de ahorro en relación al tiempo, los reprocesos y los costos que estos suponen.

Tabla 41. *Comparativa de costos por evento.*

EVENTO	COSTO ACTUAL	COSTO PROPUESTA
<b>REPROCESOS MTTO.</b>		
Plazos de entrega	S/ 3 896 400.00	S/ 3 691 900.00
Fichas de mantenimiento	S/ 9 930.00	S/ 7 249.00
Fallas mtto.	S/ 45 660.00	S/ 433 734.00
<b>TIEMPO PARADO – RAPPERS (S/ 500.00/hora)</b>		
Línea de producción 1	S/ 310 000.00	S/ 210 500.00
Línea de producción 2	S/ 1 535 000.00	S/ 1 071 000.00
Línea de producción 3	S/ 1 970 000.00	S/ 1 373 000.00
Línea de producción 4	S/ 1 665 000.00	S/ 1 339 000.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 9 842 890.00</b>	<b>S/ 8 126 383.00</b>

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestra el resumen de ahorros.

Tabla 42. *Resumen de ahorros.*

CONCEPTO	AHORRO
Ahorro costos plazos de entrega.	S/ 204 500.00
Ahorro costos fichas de mantenimiento.	S/ 2 681.00
Ahorro costo fallas mtto.	S/ 22 826.00
Ahorro costo tiempo parado línea de producción 1	S/ 99 500.00

Ahorro costo tiempo parado línea de producción 2	S/ 464 000.00
Ahorro costo tiempo parado línea de producción 3	S/ 597 000.00
Ahorro costo tiempo parado línea de producción 4	S/ 326 000.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 1 716 507.00</b>

Fuente: elaboración propia.

El ahorro total con la propuesta sería de S/ 1 716 507.00, tomando en cuenta un periodo de 1 año.

- Inversión propuesta:

Cabe mencionar que los costos mostrados a continuación se analizaron en el actual mercado con la ayuda del Área de Recursos Humanos, del Área de Entrenamiento de Personas y sueldos actuales del personal, esta área aprobó la entrega de los costos que a continuación serán mencionados. Posteriormente, para la etapa final de implementación de la propuesta, se consideraron los aspectos de gastos en instrumentos de inspección, calculados por el promedio y proyección de utilización y respecto a los gastos generales se consideran la revisión y el seguimiento.

Tabla 43. *Inversión propuesta.*

DESCRIPCIÓN	COSTO
<b>COSTOS DE CAPACITACIÓN</b>	
Sueldos capacitadores (4 personas) (16 sesiones).	
Costo por sesión: S/ 650 (2 semestres).	S/ 83 200.00
<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN 5S</b>	
Rótulos y etiquetas.	S/ 600.00
Pintura (líneas de piso).	S/ 750.00
Estantería de hierro.	S/ 7 650.00
Organizadores.	S/ 3 700.00

Señalizaciones.	S/ 2 870.00
Tachos de basura.	S/ 2 560.00
Pizarrines.	S/ 900.00
<b>OTROS GASTOS</b>	
Materiales y suministros (papeles, artículos de escritorio).	S/ 230.00
Instrumentos de inspección.	S/ 4 780.00
Gastos generales.	S/ 66 000.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 173 240.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 44. *Cronograma de inversiones.*

	AÑOS						TOTAL
	0	1	2	3	4	5	
<b>Costos de la inversión</b>							
Capacitaciones	S/ 83 200	S/ 83 200	S/ 83 200	S/ 83 200	S/ 83 200	S/ 83 200	S/ 499 200
Rótulos y etiquetas	S/ 600	S/ 600	S/ 600	S/ 600	S/ 600	S/ 600	S/ 3 600
Pintura (líneas de piso)	S/ 750	-	-	-	-	-	S/ 750
Estantería de hierro	S/ 7 650	-	-	-	-	-	S/ 7 650
Organizadores	S/ 3 700	-	-	-	-	-	S/ 3 700
Señalizaciones	S/ 2 870	-	-	-	-	-	S/ 2 870
Tachos de basura	S/ 2 560	-	-	-	-	-	S/ 2 560
Pizarrines	S/ 900	-	-	-	-	-	S/ 900
<b>Gastos de la inversión</b>							
Materiales y suministros	S/ 230	S/ 230	S/ 230	S/ 230	S/ 230	S/ 230	S/ 1 380
Instrumentos de inspección	S/ 4 780	S/ 4 780	S/ 4 780	S/ 4 780	S/ 4 780	S/ 4 780	S/ 28 680
Gastos generales	S/ 66 000	S/ 69 300	S/ 72 600	S/ 75 900	S/ 79 200	S/ 82 500	S/ 445 500
<b>TOTAL</b>	<b>S/173 240</b>	<b>S/ 158 110</b>	<b>S/161 410</b>	<b>S/164 710</b>	<b>S/168 010</b>	<b>S/171 310</b>	<b>S/ 996 790</b>

Fuente: elaboración propia.

- Análisis económico:

El análisis económico de esta investigación se realiza bajo un horizonte de tiempo de cinco años. Para el análisis se determinó que se utilizará una tasa de 12 % anual en soles; esta tasa la maneja la empresa de manera interna a través de su área de finanzas para determinados proyectos. Los egresos para el flujo económico serán los costos de implementación de la propuesta. A partir del año 1, serán considerados como egresos a los costos de mantenimiento y seguimiento, cercanos a 30 % del costo de implementación concernientes a la inversión inicial, debido a que año a año se tendrá oportunidades de mejora a considerar para su planificación y evaluación. Así también, para los ingresos o beneficios en el año 1 se tomará a consideración como ahorros por implementar la propuesta. Posteriormente, en los años 2 al 5 se considerarán como ingresos lo concerniente a los ahorros en reprocesos, actividades añadidas y los tiempos muertos, puesto que, en el primer año se cambiaron en su totalidad los errores de fondo, debido a esto en los próximos años no corresponderá considerar debido a que no deberían repetirse, por lo tanto, se considerará el ahorro establecido en las tablas anteriores para los años 2 al 5, la suma asciende a S/ 1 486 500.00 por año.

Tabla 45. *Flujo económico de la propuesta.*

	INVERSIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>EGRESOS</b>						
Costos de implementación	<b>(S/ 173 240)</b>	(S/ 51 972)				
<b>INGRESOS</b>						
Ahorro gracias a la propuesta		<b>S/ 1 716 507</b>	S/ 1 486 500			
<b>TOTAL</b>	<b>(S/ 173 240)</b>	<b>S/ 1 664 535</b>	<b>S/ 1 434 528</b>			
<b>Tasa: 12 %</b>	<b>VAN: S/ 195 798</b>					

Fuente: elaboración propia.

**Calcular VAN**

12 % 0,00

173240 0,00

AÑO	COBROS	PAGOS	FLUJOS DE CAJA
0			-173240
1	1716507	51972	119678
2	1486500	51972	96678
3	1486501	51972	96678
4	1486500	51972	96678
5	1486500	51972	96678

---

VAN

195798.26

Figura 28. Cálculo del VAN.

Fuente: elaboración propia empleando CalcuWorld.

Al realizar el análisis del flujo económico, se observa que, la propuesta de mejora es una opción viable y rentable, ya que evaluándola se proyecta un VAN positivo, lo cual sería un indicador de que la organización se favorecerá al aplicar esta propuesta.

**Calcular TIR**

173240 € 0,00

AÑO	COBROS	PAGOS	FLUJOS DE CAJA
0			-173240 €
1	1716507	51972	109678
2	1486500	51972	86678
3	1486500	51972	86678
4	1486500	51972	86678
5	1486500	51972	86678

TIR

46.99 %

Figura 29. Cálculo del TIR.

Fuente: elaboración propia empleando CalcuWorld.

De acuerdo a la figura anterior se observa que tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse es del 46.99 %, entonces la inversión evidencia el alcance de la rentabilidad deseada.

#### 4.4. Discusión de resultados

Según los resultados obtenidos, se cumple con el propósito de obtener la optimización de la asignación de tareas y secuenciación de actividades respecto a los procesos de mantenimiento preventivo mediante el modelo de programación lineal.

Así también, se maximizan los tiempos de realización de las actividades programadas en los mantenimientos preventivos.

Se muestran los resultados a través del problema de mantenimiento realizado en el Anexo 7 y que se muestra en la figura 25 del cual se desprende lo siguiente:

Se estipula un periodo de tiempo óptimo para las 15 actividades descritas (figura 23), asignadas para las 4 líneas de producción en las que se dividieron:

- Línea de producción 1 = rappers lado sur.
- Línea de producción 2 = rappers lado norte.
- Línea de producción 3 = rappers lado oeste.
- Línea de producción 4 = techo del electroprecipitador.

Se muestran los inicios de cada actividad para cada periodo de tiempo, asignadas para las líneas de producción.

También se asignaron operadores a cada línea de producción, para realizar las actividades de mantenimiento en cada periodo.

Así también, se tiene para el caso de la disponibilidad de los componentes que determinan el nivel de desempeño de la unidad minera en la que se centra esta investigación. Como se puede observar, con la propuesta implementada, se tiene una nueva disponibilidad total promedio de componentes de 81 %, en comparación al 73 % que se tuvo en el año 2020 observado en el diagnóstico, lo que representa una mejora que cumple con el promedio aceptable el cual debe ser mayor al 80 %, como lo sugiere el estudio de Villegas (11).

Con respecto a los antecedentes hallados, se pudieron afianzar las ideas generales para gestionar las actividades de mantenimiento, sobre todo en los aspectos de las capacitaciones y la aplicación de herramientas como las 5S. Por otra parte, se pudo demostrar que el modelo matemático aplicado a las actividades de mantenimiento puede rendir frutos en cuanto a la optimización de los tiempos y el desempeño de los operarios, lo cual representa un aporte en relación a investigaciones anteriores centradas en planes convencionales de mantenimiento.

## CONCLUSIONES

- Se examinó la situación existente en el área de mantenimiento de la unidad minera, estableciendo principalmente la falta de orden y control de las actividades, así como la capacitación del personal, y en específico la baja disponibilidad de los componentes, afectará directamente al desempeño y en consecuencia mayores costos para la empresa. Esto se evidenció con el hallazgo de una baja disponibilidad de los componentes equivalente a 73 % por debajo del 80 % óptimo, así como problemática detectada siendo la de mayor criticidad el sobretiempo en el mantenimiento.
- Con el conjunto de propuestas de gestión se estima la optimización de las tareas de mantenimiento de la empresa. Estas propuestas comprenden: plan de capacitaciones, aplicación de la metodología 5S y por último la aplicación de un modelo matemático para asignar las tareas y secuenciación de las actividades de mantenimiento. Todo esto se traduce en un mayor desempeño del área y menores costes a la larga. La evidencia de la optimización la observamos en el aumento de la disponibilidad equivalente a 81 %.
- Una vez establecidas las propuestas, se estima la maximización de los tiempos de ejecución de las actividades programadas en las tareas de mantenimiento, dichos tiempos de ejecución optimizados con el modelo matemático van desde 1 hora hasta 3 horas para cada tipo de actividad y la especialidad del operario; asimismo, se observa una reducción del tiempo de mantenimiento de 7 horas respecto a la actual y el aumento de la disponibilidad de las unidades vehiculares en un 8 % junto a una inversión viable que no supone pérdidas sino por el contrario.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con el sistema de gestión de mantenimiento propuesto para cada periodo, dado que se alcanzará mantener la disponibilidad muy cerca al 90 %.
- Se recomienda realizar un diagnóstico situacional por lo menos una vez al año, así realizar la identificación de nuevos problemas que se puedan suscitar y realizar las concernientes mejoras e implementarlas con el fin de que los procesos y la empresa en general tenga un buen desempeño y logre adaptarse a las necesidades cambiantes del mercado.
- Para el éxito de cada propuesta, es ineludible realizar los respectivos seguimientos y controles respecto al avance y continuidad de las mismas, por ello es recomendado efectuar los seguimientos para mantener las propuestas e inculcar una cultura de mejora continua, encabezada por las jefaturas.
- Se recomienda realizar evaluaciones habituales a los indicadores desarrollados en el presente trabajo de investigación y acorde a los resultados obtenidos comprobar si estos continúan en constante mejora, así también adicionar nuevos indicadores.
- Para complementar este estudio se recomienda plantear un software que facilite la gestión de las actividades de mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ACEVEDO, J. *Sistema Integrado de Gestión (I)*.
- (2) GARCÍA, S. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Cádiz: Díaz de Santos, 2003.
- (3) SOTOMAYOR, M. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de optimización de desempeño de la Empresa Tecnológica de Alimentos S.A. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2016.
- (4) BRACO, F. Plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades en la empresa Turismo Expreso Latino Americano E.I.R.L. - Chiclayo, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2018.
- (5) USCÁTEGUI, P. Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa Petrosantander Colombia (INC). Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2014.
- (6) BOTERO, C. Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Medellín: Universidad EAFIT, 2010.
- (7) ESCUDERO, F. Propuesta para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria agrícola. Tesis (Título de Ingeniero en Ejecución en Mantenimiento Industrial) Concepción, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María, 2018.
- (8) MARTÍNEZ, K. y BUELVAS, C. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe, 2015.
- (9) REDONDO, J. Un modelo matemático óptimo de mantenimiento y fiabilidad aplicado a la aviación comercial. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2008.

- (10) BASTO, G. Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad del área de fabricación de la Empresa Cartonera Huachipa S.A., Lima - 2017. Tesis (Título de Ingeniera Industrial). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.
- (11) VILLEGAS, J. Mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la Empresa MANFER S.R.L. Contratistas Generales. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Arequipa: Universidad Católica San Pablo, 2016.
- (12) RODRÍGUEZ, M. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo en una empresa minera de Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2013.
- (13) BRACO, F. Plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades en la empresa Turismo Expreso Latino Americano E.I.R.L. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2018.
- (14) PADILLA, C. Plan de gestión de mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo intercultural de la ciudad de Cañar. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Automotriz). Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2012.
- (15) AMENDOLA, L. *Ingeniería y gestión de mantenimiento: una nueva visión del mantenimiento. Barcelona, 2006.*
- (16) DOUNCE, E. *La productividad en el mantenimiento industrial. México: G. E. Patria, 2014.*
- (17) ROSAS, L. Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento para reducir sobrecostos en la Empresa Postes del Norte S.A. Tesis (Título de Ingeniera Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2015.
- (18) MORA, L. *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega G. E., 2009.*
- (19) ALAVEDRA, C. y otros. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 2016, (34). ISSN: 1025-9929.
- (20) LIRA, L. *Planeamiento Estratégico. s.l.: CEPAL, 2006.*

- (21) STEPHENS, M. *Productivity and reliability-based maintenance managem.* Estados Unidos: West Lafayette, 2010.
- (22) PÉREZ, J. *Definición de organización.* 2008.
- (23) PROPYMES. *Programa: gestión del mantenimiento.* 2015.
- (24) RUIZ, P. *Dirección.* México, 2012.
- (25) VIVEROS, P. y otros. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare*, 2013, 21(1).
- (26) DEXTRE y DEL POZO. *Administración, ¿control de gestión o gestión de control?* Lima, 2012.
- (27) GRIFFIN, R. *Administración.* México: Cengage Learning, 2011.
- (28) MORGAN, J. *La evaluación del desempeño en las empresas y la resiliencia: una revisión de literatura.* 2015.
- (29) RAFFINO, M. [en línea]. Concepto de costo, 2019. Disponible en: <https://concepto.de/costo/>
- (30) VILCAROMERO, R. *La gestión de la producción.* Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2017.
- (31) GRAJALES, D. *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.* Lima: Scientia et Technica, 2006.
- (32) HEIDEGGER, M. *El concepto de tiempo.* Madrid, 2001.
- (33) RENGIFO, K. Clima laboral y nivel de servicio (desempeño) en Ajeper del Oriente S.A. Pucallpa. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2017.
- (34) BRAVO, J. *Gestión de procesos.* Santiago de Chile, 2009.
- (35) CARRASCO, M. y HUACHO, R. Propuesta de mejora en el proceso documentario de recepción, en la planta procesadora de mineral Colibri S.A.C. de la provincia de Caravelí, distrito de Chaparra del departamento de Arequipa 2014. Tesis (Título Profesional de Licenciado en Administración). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2015.

- (36) HERNANDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, L. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014.
- (37) MEDINA, J. *Informe técnico - Definición de indicadores de desempeño. Proyecto: Tablero de Administración, Indicadores Clave de Desempeño y Base de Datos de Información*. México: UNACAR, 2010.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Cuestionario de encuesta.

Las siguientes preguntas están dirigidas a trabajadores de la empresa minera que intervienen en las operaciones del caldero Oschatz, además de electroprecipitadores en el área de producción, con el propósito de identificar el contexto actual de la gestión del mantenimiento, asimismo identificar los primordiales problemas que existen en esta área referente al mantenimiento.

Marque con un aspa (X) o un círculo (O) su respuesta.

1. ¿Cómo califica el tipo de mantenimiento que se realiza?
  - a) Muy Bueno
  - b) Bueno
  - c) Normal
  - d) Malo
  - e) Pésimo
  
2. Califique usted la gestión que se viene llevando actualmente en las actividades de mantenimiento:
  - a) Muy Bueno
  - b) Bueno
  - c) Normal
  - d) Malo
  - e) Pésimo
  
3. ¿Cómo califica la estandarización del trabajo? (existencia de fichas de Orden de Trabajo, Orden de servicio, registro de mantenimiento, o algún formulario de registro por parte del técnico encargado)
  - a) Muy Bueno
  - b) Bueno
  - c) Normal
  - d) Malo
  - e) Pésimo
  
4. ¿Cómo califica el registro en las actividades de mantenimiento?
  - a) Muy Bueno
  - b) Bueno
  - c) Normal
  - d) Malo
  - e) Pésimo
  
5. ¿Cómo califica el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos necesarios para las actividades de mantenimiento?
  - a) Muy Bueno
  - b) Bueno
  - c) Normal
  - d) Malo
  - e) Pésimo
  
6. Si usted podría calificar de manera general la disponibilidad del caldero, ¿Cómo califica la disponibilidad de este?
  - a) Muy Bueno
  - b) Bueno
  - c) Normal
  - d) Malo
  - e) Pésimo
  
7. Cuando el caldero queda inoperativo por una falla compleja, ¿Cómo califica el tiempo que demora el personal de mantenimiento en dar solución al problema?
  - a) Muy Bueno

- b) Bueno
- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

8. ¿Cómo califica las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística?

- a) Muy Bueno
- b) Bueno
- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

9. ¿Cómo califica el nivel de capacitación de los técnicos mecánicos de mantenimiento dentro de la empresa?

- a) Muy Bueno
- b) Bueno
- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

10. Si usted podría calificar el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento, ¿Cómo calificaría dicho nivel de eficiencia?

- a) Muy Bueno
- b) Bueno
- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

11. ¿Cómo califica los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento de la empresa?

- a) Muy Bueno
- b) Bueno
- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

12. ¿Cómo califica el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos para las actividades de mantenimiento?

- a) Muy Bueno
- b) Bueno
- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

13. ¿Cómo califica la continuidad con que se desarrollan las actividades de mantenimiento?

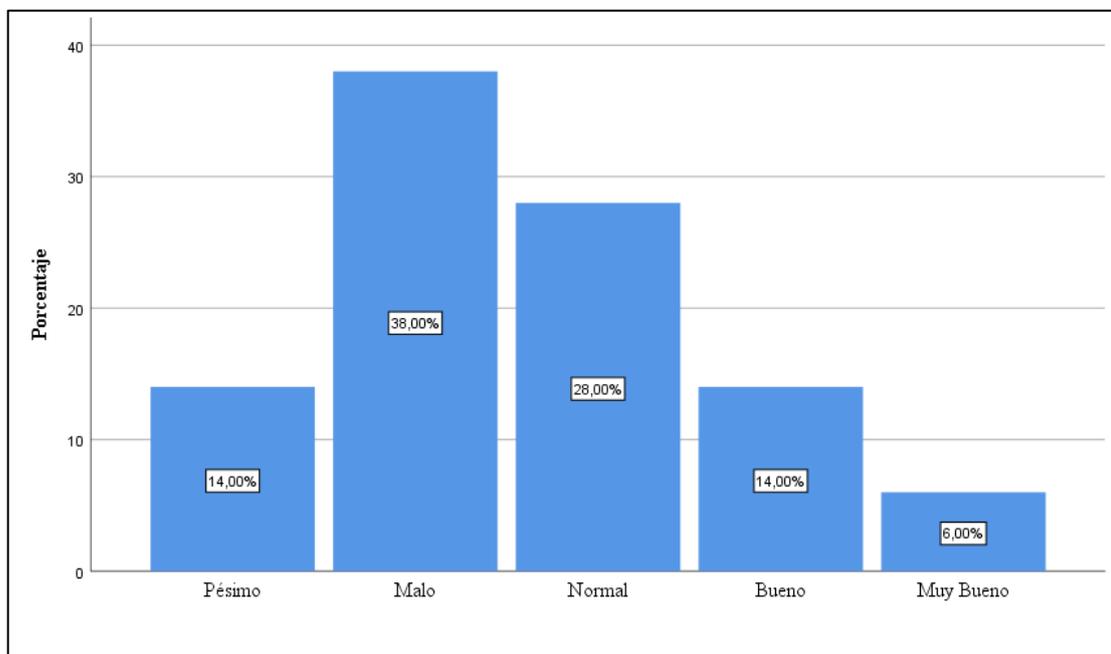
- a) Muy Buño
- b) Bueno

- c) Normal
- d) Malo
- e) Pésimo

**Anexo 2.** Detalles de los resultados de las encuestas.

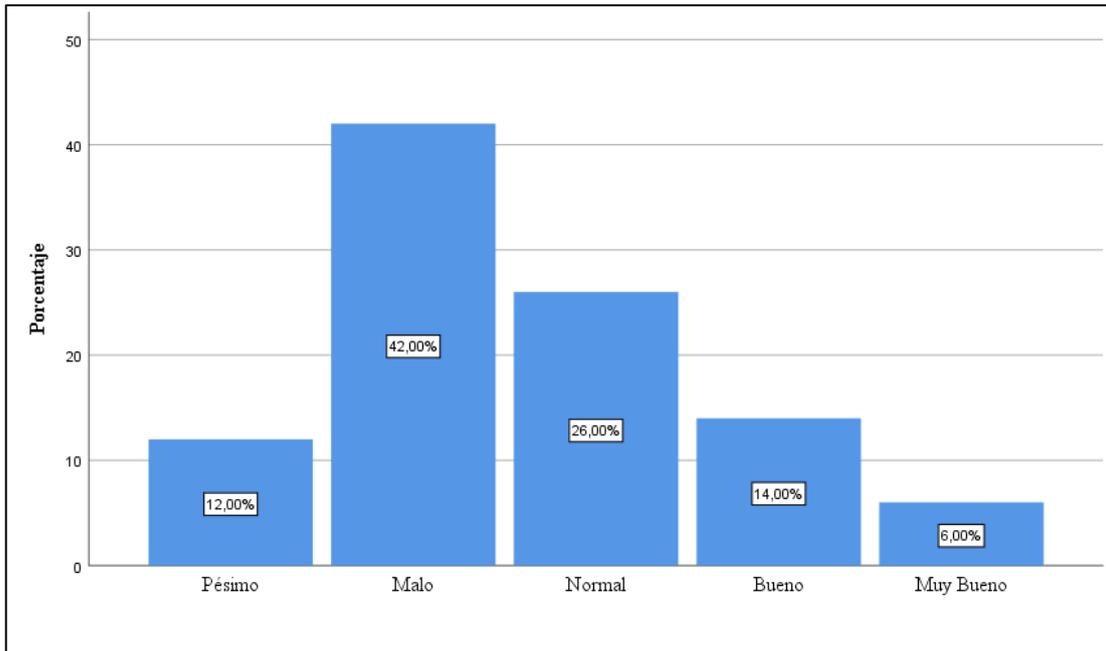
Pregunta N° 1: ¿cómo califica el tipo de mantenimiento que se realiza en la empresa?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	7	14.00	14.00
	Malo	19	38.00	52.00
	Normal	14	28.00	80.00
	Bueno	7	14.00	94.00
	Muy Bueno	3	6.00	100.00
	Total	50	100.00	



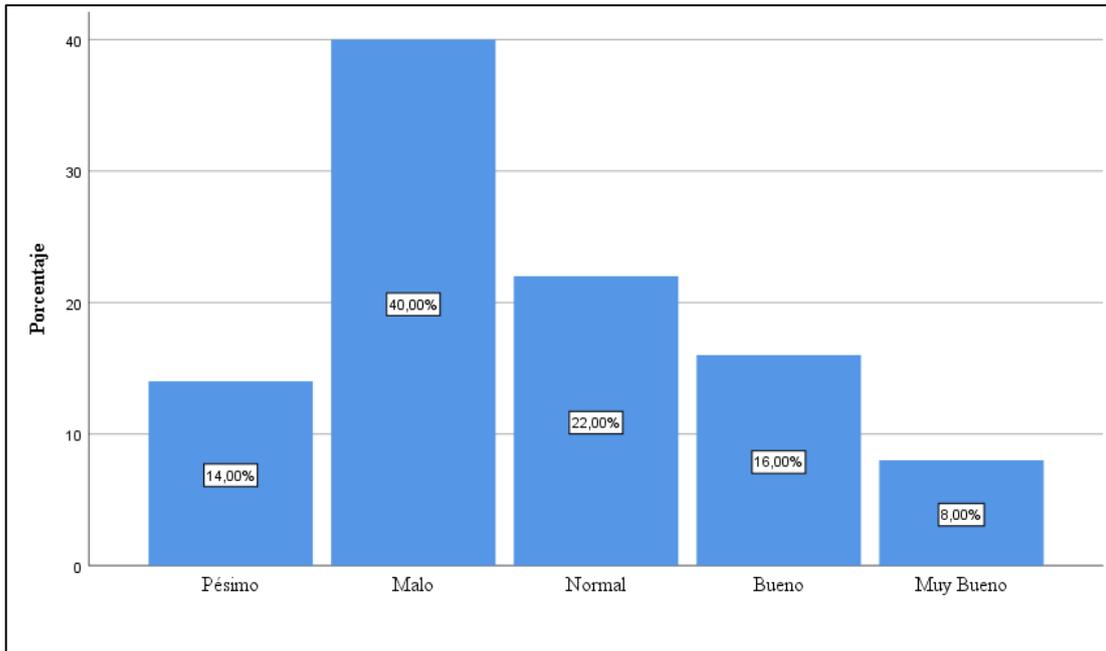
Pregunta N° 2: Califique usted la gestión que se viene llevando actualmente en el área de mantenimiento.

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	6	12.00	12.00
	Malo	21	42.00	54.00
	Normal	13	26.00	80.00
	Bueno	7	14.00	94.00
	Muy Bueno	3	6.00	100.00
	Total	50	100.00	



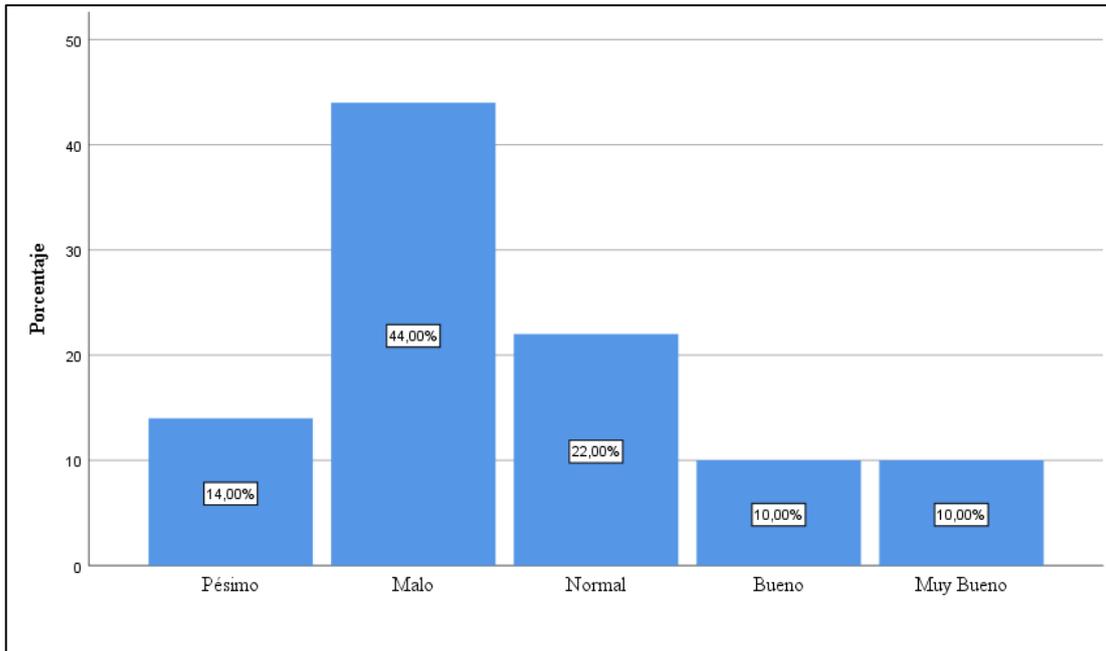
Pregunta N° 3: ¿Cómo califica la estandarización del trabajo? (existencia de fichas de Orden de Trabajo, Orden de Servicio, registro de mantenimiento, o algún formulario de registro por parte del técnico encargado).

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válido	Pésimo	7	14.00	14.00
	Malo	20	40.00	54.00
	Normal	11	22.00	76.00
	Bueno	8	16.00	92.00
	Muy Bueno	4	8.00	100.00
	Total	50	100.00	



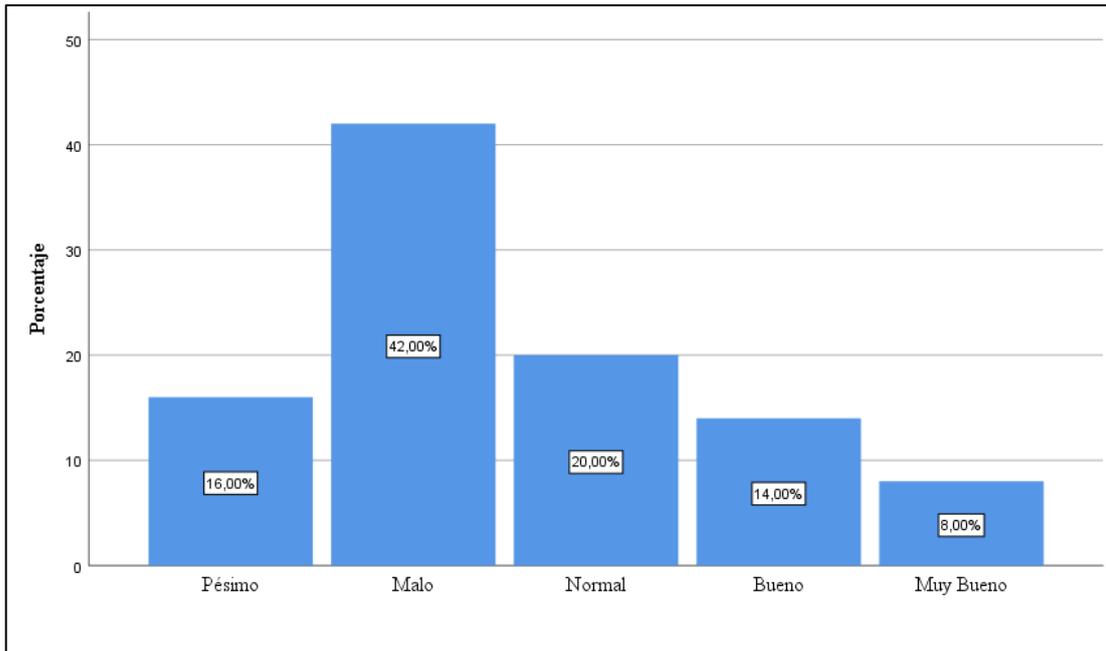
Pregunta N° 4: ¿Cómo califica el registro de mantenimiento del caldero?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	7	14.00	14.00
	Malo	22	44.00	58.00
	Normal	11	22.00	80.00
	Bueno	5	10.00	90.00
	Muy Bueno	5	10.00	100.00
	Total	50	100.00	



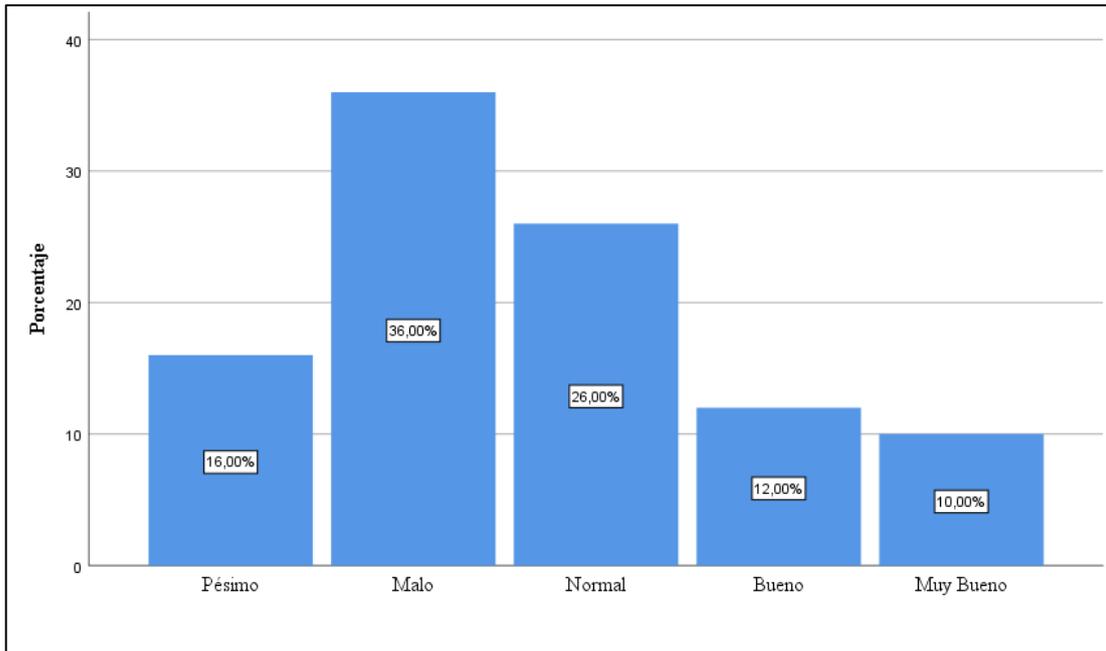
Pregunta N° 5: ¿Cómo califica el control, cuidado y orden de las herramientas y equipos necesarios para las actividades de mantenimiento?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	8	16.00	16.00
	Malo	21	42.00	58.00
	Normal	10	20.00	78.00
	Bueno	7	14.00	92.00
	Muy Bueno	4	8.00	100.00
	Total	50	100.00	



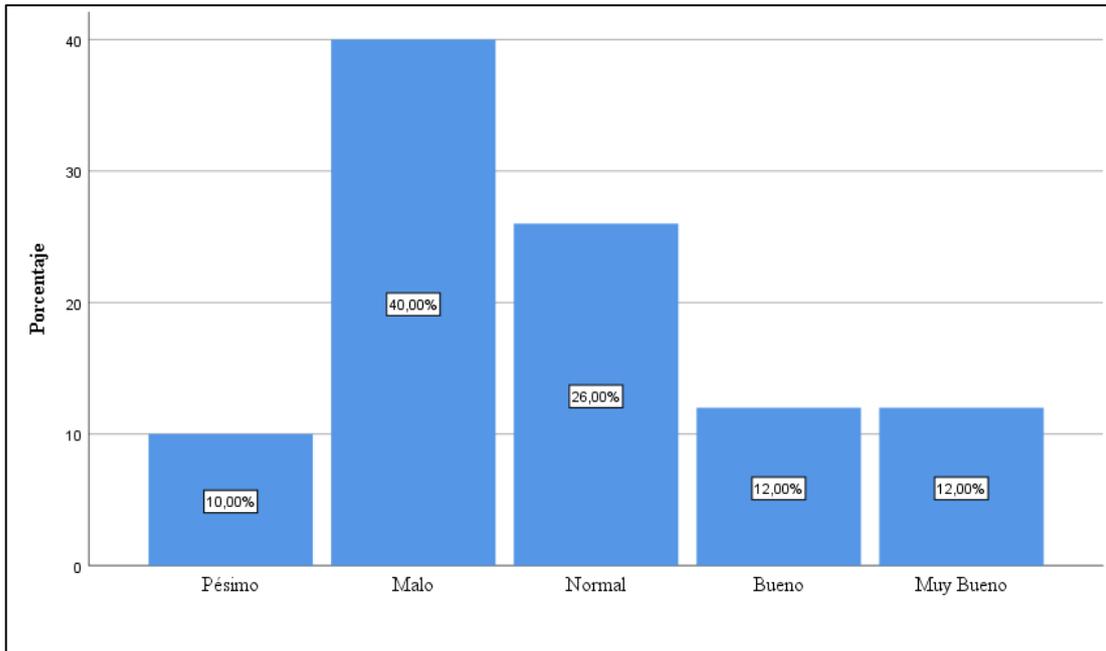
Pregunta N° 6: Si usted podría calificar de manera general la disponibilidad del caldero, ¿cómo califica la disponibilidad de este?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	8	16.00	16.00
	Malo	18	36.00	52.00
	Normal	13	26.00	78.00
	Bueno	6	12.00	90.00
	Muy Bueno	5	10.00	100.00
	Total	50	100.00	



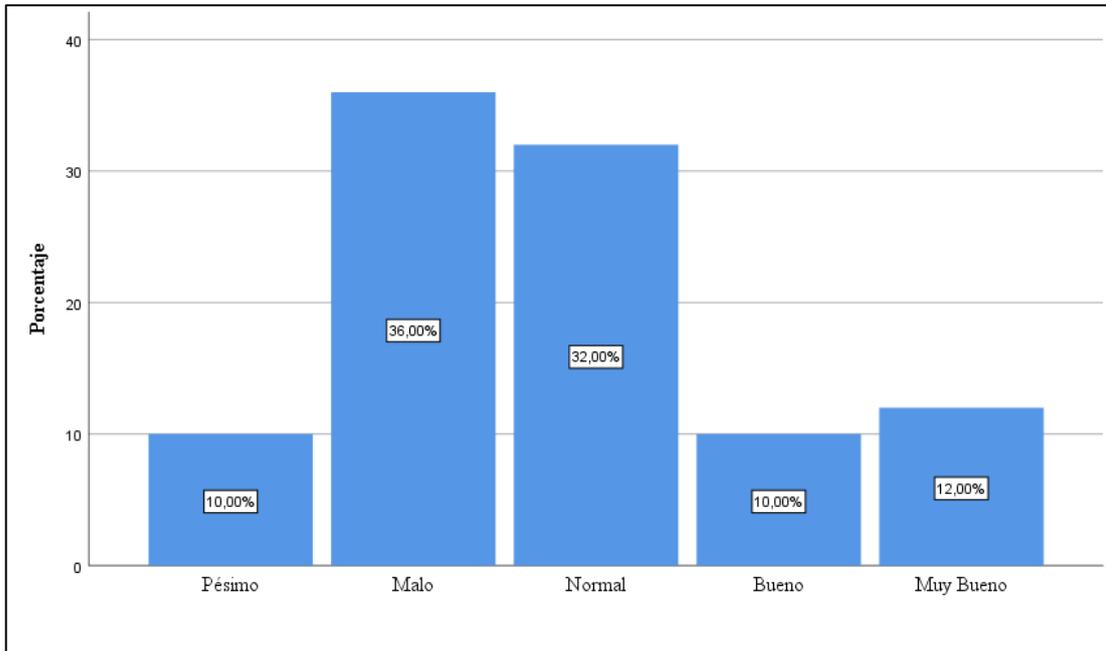
Pregunta N° 7: Cuando un equipo queda inoperativo por una falla compleja, ¿cómo califica el tiempo que demora el área de mantenimiento en dar solución al problema?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	5	10.00	10.00
	Malo	20	40.00	50.00
	Normal	13	26.00	76.00
	Bueno	6	12.00	88.00
	Muy Bueno	6	12.00	100.00
	Total	50	100.00	



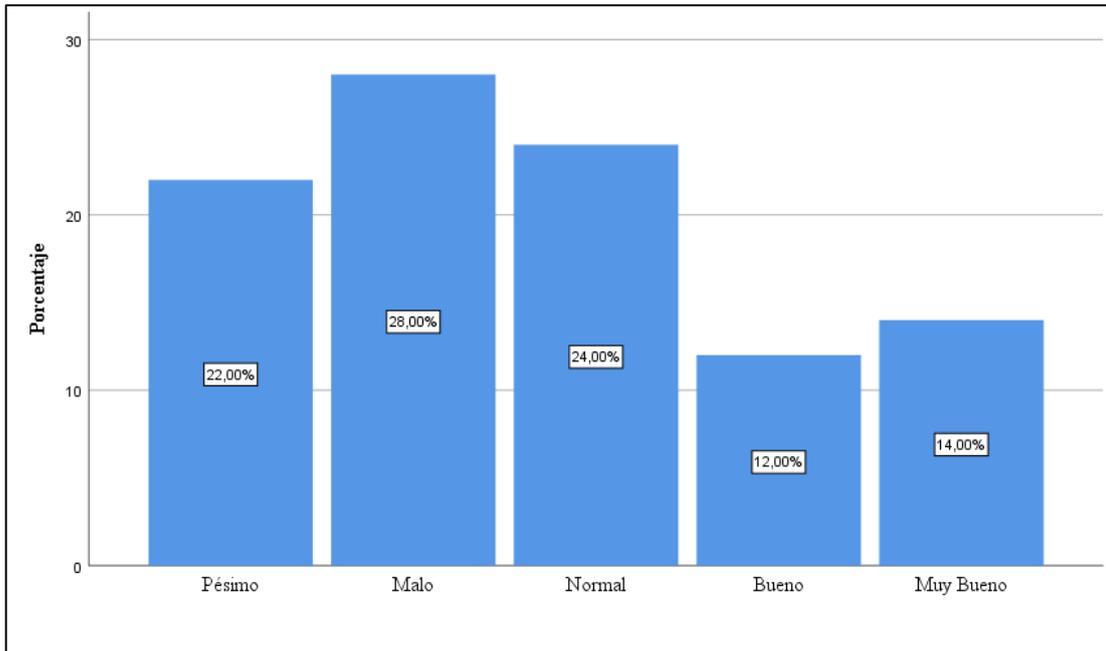
Pregunta N° 8: ¿Cómo califica las acciones tomadas frente a las demoras ocasionados por retrasos de logística?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	5	10.00	10.00
	Malo	18	36.00	46.00
	Normal	16	32.00	78.00
	Bueno	5	10.00	88.00
	Muy Bueno	6	12.00	100.00
	Total	50	100.00	



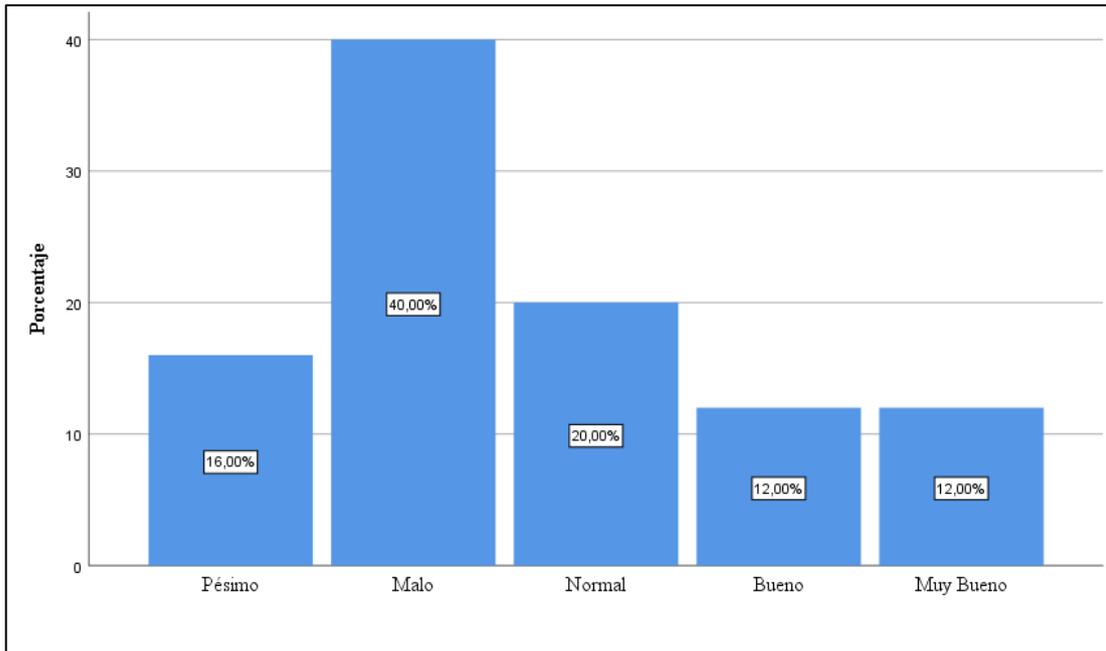
Pregunta N° 9: ¿Cómo califica el nivel de capacitación de los técnicos mecánicos del área de mantenimiento dentro de la empresa?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	11	22.00	22.00
	Malo	14	28.00	50.00
	Normal	12	24.00	74.00
	Bueno	6	12.00	86.00
	Muy Bueno	7	14.00	100.00
	Total	50	100.00	



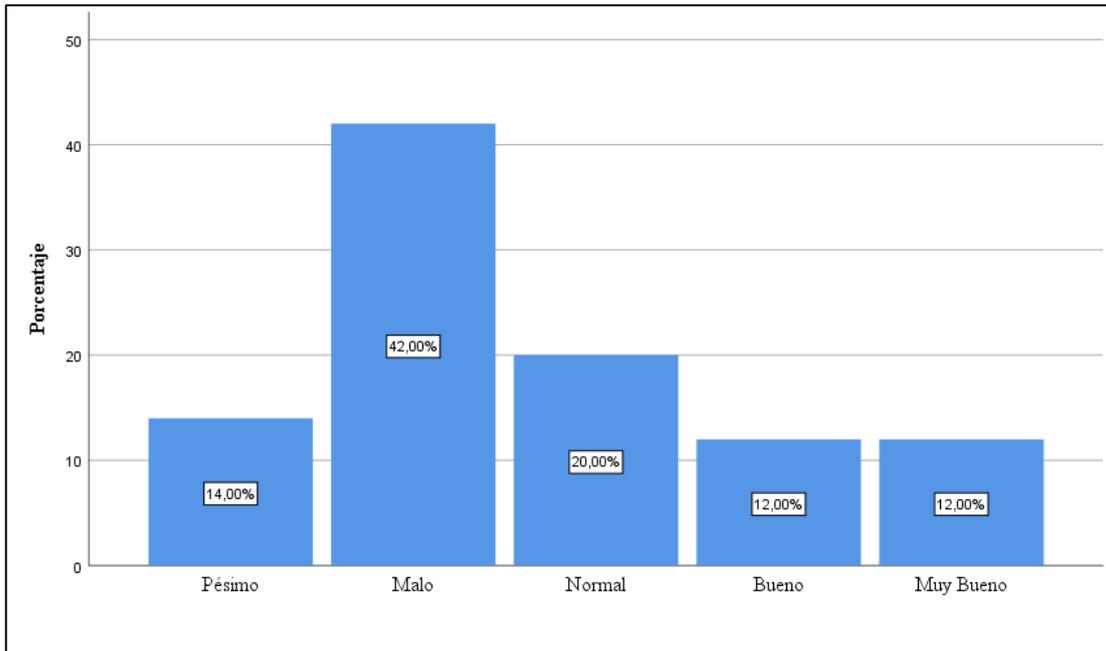
Pregunta N° 10: Si usted podría calificar el nivel de competencia (eficiencia) de sus compañeros mecánicos en las actividades de mantenimiento, ¿cómo calificaría dicho nivel de eficiencia?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	8	16.00	16.00
	Malo	20	40.00	56.00
	Normal	10	20.00	76.00
	Bueno	6	12.00	88.00
	Muy Bueno	6	12.00	100.00
	Total	50	100.00	



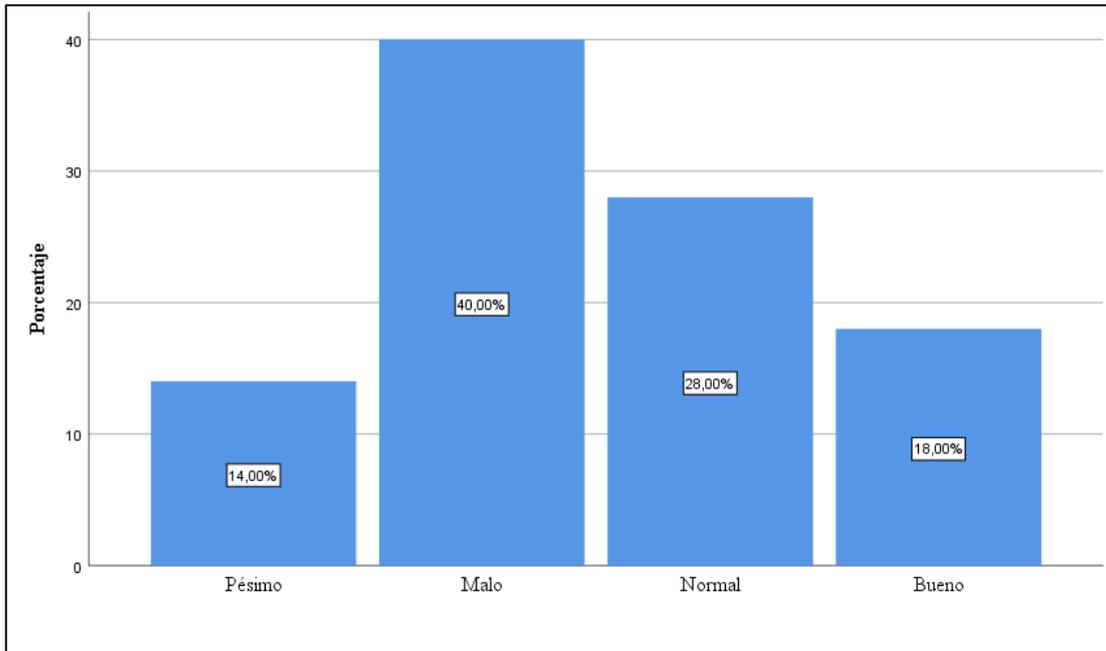
Pregunta N° 11: ¿Cómo califica los métodos de inspección para las actividades de mantenimiento de la empresa?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	7	14.00	14.00
	Malo	21	42.00	56.00
	Normal	10	20.00	77.00
	Bueno	6	12.00	88.00
	Muy Bueno	6	12.00	100.00
	Total	50	100.00	



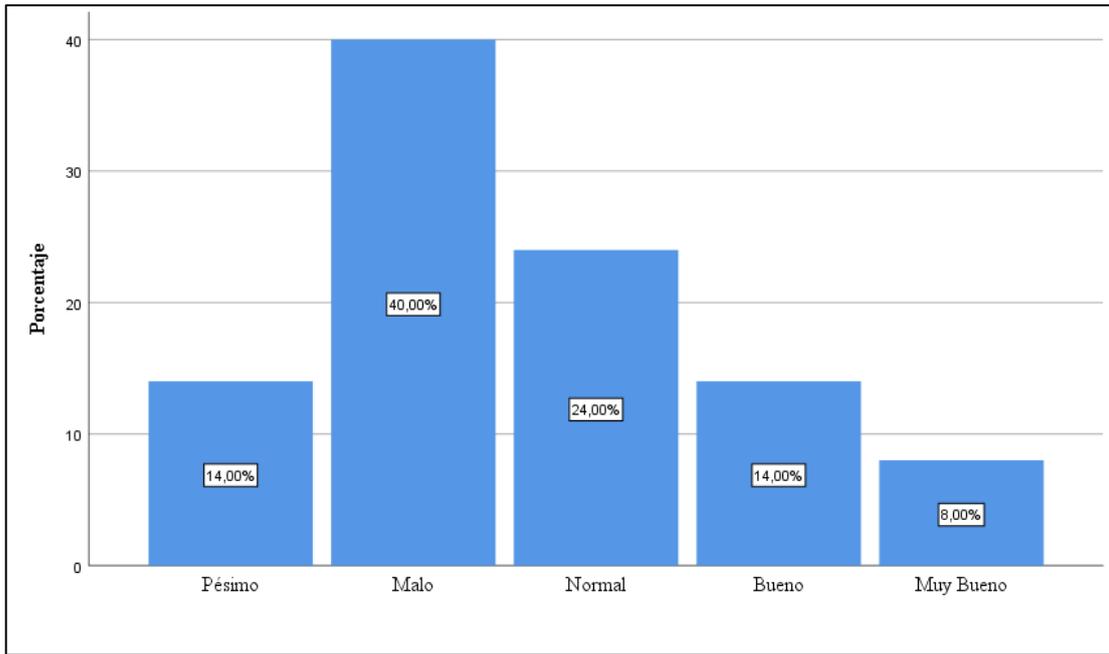
Pregunta Nº 12: ¿Cómo califica el tiempo en que se encuentran disponibles las herramientas y los repuestos para las actividades de mantenimiento?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	7	14.00	14.00
	Malo	20	40.00	54.00
	Normal	14	28.00	82.00
	Bueno	9	18.00	100.00
	Total	50	100.00	



Pregunta N° 13: ¿Cómo califica la continuidad con que se desarrollan las actividades de mantenimiento?

		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Válido	Pésimo	7	14.00	14.00
	Malo	20	40.00	54.00
	Normal	12	24.00	78.00
	Bueno	7	14.00	92.00
	Muy Bueno	4	8.00	100.00
	Total	50	100.00	



**Anexo 3.** Sistema de rappers.

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Página:
	<b>ALCANCES DEL TRABAJO</b> SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

Alcance del Trabajo:  Solicitud de Servicio  Solicitud de Fabricación

Resumen del Servicio / Fabricación: **Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1, 2 y 3 - Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y electroprecipitador de los Convertidores.**

Nivel Monto Referencial (US\$):

Justificación del Servicio/Fabricación: **Dentro del Plan Operativo**  
 Programado  No Programado

El presente servicio busca asegurar la eficiencia del Sistema de Rappers instalado en los Ejes n° 1, 2 y 3 del Caldero Oschatz, garantizando su funcionamiento en la operación, donde normalmente se presenta la necesidad de intervenciones programadas y no programadas para su inspección y mantenimiento menor y mayor. Dada las circunstancias donde surgen intervenciones y la poca disponibilidad de personal de nuestros talleres por actividades en paralelo (*actividades programadas*), da la necesidad de contar con un servicio que sea de apoyo a nuestras rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos del sistema de Rappers en el Caldero Oschatz, Rappers IFR 1, 2 y 3, rappers del Electroprecipitador del Horno ISASMELT y rappers del Electroprecipitadores de PSC.

Dirección: **Operaciones Ilo** Gerencia: **Mantenimiento Ilo** Superint. / Área: **Mantenimiento Mecánico Fundición**

Operador (Ejecución): **Ing. Carlos Oré** Localización Servicio: **Caldero Isa - Área 301 / ESP del ISA - Área 310 /** Disciplina:  0 Adm.  1 Ope.  2 Mec.  3 Eléc.  4 Inst.

Fabricación: **ESP de PSC - Área 320**

Duración Estimada por vez: **12 meses** Se requiere Informe Final:  Sí  No Fecha de elaboración del Alcance:

Impacto Económico de Incumplimiento del Servicio/Fabricación: **Pérdida de Producción**

## 2. DETALLE DEL SERVICIO/FABRICACIÓN

Alcance / Objetivo: **Mantenimiento general a los Sistemas de Rappers de los Ejes n° 1, 2 y 3 del Caldero Oschatz, Rappers de los Electroprecipitadores del Horno ISASMELT y PSC.**

PREPARADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-POSIG-GE-18 Revisión: 01 Página:
	<b>ALCANCES DEL TRABAJO</b> SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	

Se requiere contar con un programa de mantenimiento que cumpla las reglas actuales y las que elaboren a futuro, con el cual se mejore y conserve los estados de operatividad y eficiencia del sistema de rappeo en el Caldero.

Descripción:

#### ALCANCES GENERALES

##### 1. Aspectos Generales / Preliminares:

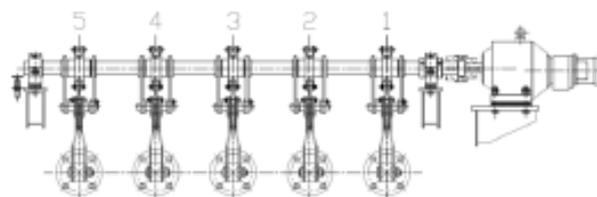
- La contratista debe considerar que para realizar estos trabajos debe cumplir todas las exigencias de seguridad indicadas en el DS.055.
- La contratista deberá presentar un programa de inspección rutinaria de los rappers que se indican en el presente alcance, para lo cual deberá considerar como frecuencia de la rutina de inspección, semanalmente.
- La contratista deberá enviar un reporte diario al Operador de Contrato sobre las actividades realizadas durante el día y cada fin de mes enviará un Reporte Mensual en la cual deberá indicar la Disponibilidad Global de los Rappers.
- La contratista deberá presentar un plan de trabajo y procedimientos de trabajo para cada actividad de reparación.
- Deberá coordinar con SPCC la autorización e ingreso para la ejecución de los trabajos correspondientes a los Rappers, asegurándose que se den las condiciones óptimas para trabajar, utilizando el EPP correspondiente de acuerdo a procedimientos de SPCC.
- En forma diaria la contratista a través de su líder de contrato deberá entregar un registro al operador de contrato quien dará la aprobación para el inicio de la jornada.
- La contratista deberá coordinar para revisar los componentes (*repuestos*) a utilizar antes del mantenimiento.
- Identificar los Rappers a intervenir en los Ejes Nº 1, 2, 3 y pieza de transición del Caldero Recuperador de Calor (CRC) y los Rappers IFR 1, 2 y 3 del Electroprecipitador del Horno ISASMELT, de acuerdo a las inspecciones dadas.

Shaft 1:	M003 al M032
Shaft 2:	M033 al M067
Shaft 3:	M068 al M077
Pieza de transición:	M078 al M081
Martillos Neumáticos:	PS227 al PS 234
MARTILLOS en total del (CRC):	Del HS001 al HS226 PS227 al PS 234 (08 martillos neumático)

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Código: MTL-POSIG-GE-18 Revisión: 01 Página:
	<b>ALCANCES DEL TRABAJO</b> SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	

**Datos importantes – Sistema Rappers a intervenir del Caldero Recuperador de Calor**  
**Rappers operador por motor eléctrico**

- El sistema de rappeo en los diferentes niveles, estas compuestos por diferentes cantidades de sistemas de martillos operador por un motor eléctrico, se distinguen de la siguiente manera:
  - Rapper Simple (un motor conectado a un eje y un martillo)
  - Rappers Múltiples (un motor conectado a un eje a 2 o 3 martillos)
  - Bundles Rappers (un motor conectado hasta 33 Rappers)



- El sistema de Rappers consiste en un total de 79 motores eléctricos y 226 puntos de rappeo.
- Estos dispositivos consisten de:
  - Martillos giratorios y ejes/árboles de martillos, ruedas dentadas ordenadas en conexión tipo sinfín con los sacudidores, montadas en el árbol del martillo, Yunques montados en chapas de cojinetes especiales instaladas sobre/en las paredes de los tubos, propulsiones de motores eléctricos para el manejo (giro) de las ruedas de disco, cojinetes y soportes para apoyar los árboles de las ruedas y los martillos (Ver Fig. 1).

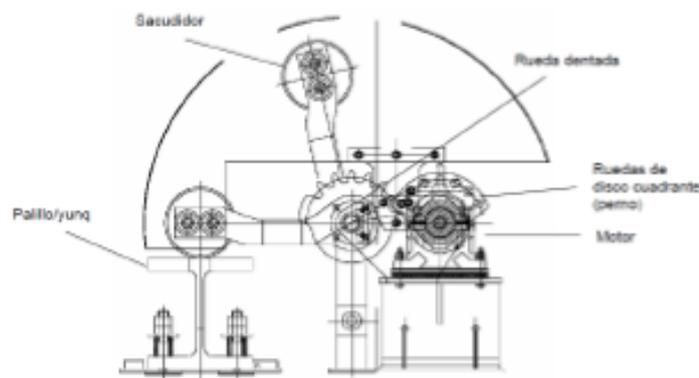


Figura No. 1: Vista lateral de sacudidor eléctrico individual

**Rappers operados por accionamiento neumático**

- Los Rappers de accionamiento neumático están instalados en el área de tubos inclinados
- Los Rappers neumáticos están en la transición del 1er al 2do eje del Caldero
- Estos dispositivos consisten de:
  - Yunques montados en chapas especiales instaladas sobre las paredes de los tubos

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Página:
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	

- Impactores (*martillos*) neumáticos para manipulación directa de los yunques.

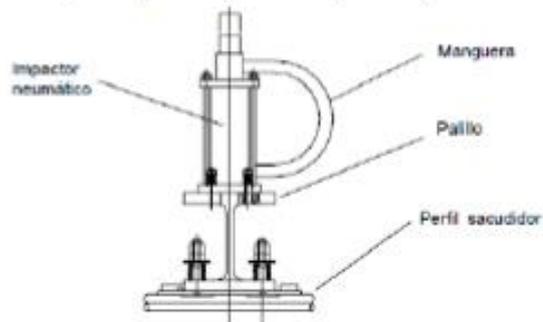
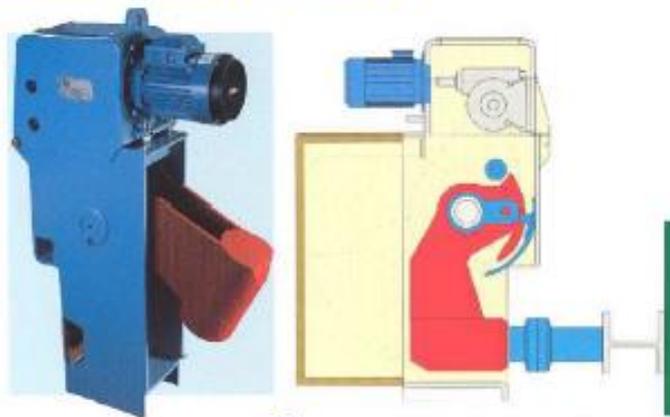


Figura No. 2: Vista lateral de sacudidor neumático

**Sistema Rappers a intervenir de Rappers del Electroprecipitador del Horno ISASMELT**

Datos importantes –El sistema consiste de tres rappers de resorte principales cuya denominación son IFR 1, 2 y 3 (Ver imagen)



Datos Técnicos	
Frecuencia de Impacto	Aprox. 3 golpes por minuto
Fuerza de Impacto	40-400 kN
Potencia Eléctrica	0.37 kW
Operación	Secuencia controlada
Dimensiones	640 x 236 x 986 mm
Pesos (del conjunto)	150 kg

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTI-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Página:
	<b>ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461</b>	

Rappers del Electroprecipitador del Horno ISASMELT			
Localización	Número de Martillos	Trabajos a realizar	Observaciones
Nivel 5 - Lado Sur	21 martillos	- Inspección General. - Reajuste y reposición de pernos.	
Nivel 5 - Lado Norte	21 martillos	- Reparación de yunques en caso lo amerite	
Nivel 5-1/2 - Lado Sur	9 martillos	- Cambio de brazo y bola en el caso lo amerite.	Requiere armar andamios
Nivel 5-1/2 - Lado Norte	9 martillos	- Lubricación del martillo.	Requiere armar andamios
Nivel 6-Lado Sur	7 martillos		
Nivel 6-Lado Oeste	1 martillo	- Ajuste y Reposición de pernos	
Nivel 7-Lado Sur	1 martillo		
Nivel 7-Lado Oeste	3 Martillos Spring Hammer - IFR 1, 2 y 3	- Reparación total	
Techo del Electroprecipitador	10 Martillos	- Ajuste y Reposición de pernos	
<b>Total de Martillos</b>	<b>82</b>		

#### Sistema Rappers a intervenir de Rappers del Electroprecipitadores de Convertidores

Rappers de los Electroprecipitadores de Convertidores			
Localización	Número de Martillos por Electroprecipitador	Trabajos a realizar	Observaciones
Lado Sur- Un nivel inferior al techo	1 martillo	- Ajuste y Reposición de pernos	
Lado Sur-Nivel 3	7 martillos	- Inspección General. - Reajuste y reposición de pernos. - Reparación de yunques en caso lo amerite	
Lado Norte- Nivel 3	7 martillos	- Cambio de brazo y bola en el caso lo amerite. - Lubricación del martillo.	
Techo del Electroprecipitador	6 Martillos	- Ajuste y Reposición de pernos	
<b>Total de Martillos por Electroprecipitador</b>	<b>21</b>		
<b>Total de Martillos</b>	<b>42</b>		

#### ALCANCES ESPECIFICOS DE TRABAJOS

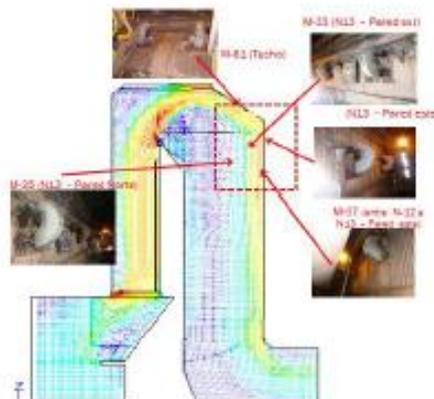
##### 2. Inspección y Mantenimiento Preventivo

- La contratista deberá presentar un programa de inspección rutinaria de los rappers que se indican en el presente alcance, para lo cual deberá considerar como frecuencia de la rutina de inspección, semanalmente.
- Considerar dentro de las actividades de inspección rutinaria (*Preventivo*):
  - Inspección visual de funcionamiento en los ejes #1, 2 y 3 del Caldero (verificar bocinas de bronce de la base del martillo, verificar el estado de los yunques, el yunque debe ser reforzado, verificar el estado de la bola, verificar el estado de la rueda dentada o cremallera, verificar el estado de los pines de la rueda dentada, verificar el estado del

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Código: MTL-FOSIG-GE-18
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	Revisión: 01 Página:

pin de la base del martillo, verificar soldadura de espárragos de la bola y de yunques, verificar el estado de los acoplamientos del eje principal-acoplamiento de eje a eje y acoplamiento del motoreductor al eje principal.

- El levantamiento de observaciones menores que pueden ser levantadas en el momento tales como:
  - *Reajustes menores que se puedan dar en el momento.*
  - *Alineamiento del martillo con el centro del yunque.*
  - *Tomar medidas de compresión del resorte (debe ser 35 mm), ajustar en caso fuese necesario.*
  - *Lubricación de las partes móviles del sistema en el caso que el ruido sea muy pronunciado.*
  - *Cambio / instalación correctiva de pines de levante*
  - *Limpeza del sistema de Rappeo.*
- La contratista deberá presentar finalizada la intervención programada un reporte de actividades e inspección que será parte del input para la siguiente rutina y/o intervención según programa.



### 3. Mantenimiento de Sistema Rappers Eje # 1 y 2

- Bloqueo y etiquetado.
- Retiro de Guarda de protección.
- Retiro de Aislamiento Térmico.
- Inspección general del Conjunto RAPPING.
- Dentro de las actividades a realizar son:
  - **Mantenimiento de Yunque: (Ea)**
    - Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Yunque, previa inspección, tales como:  
*Pines – Resortes – Espárragos, etc.*
    - Reparar por soldadura espárragos de fijación de los yunques.

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	<b>Código: MTI-FOSIG-GE-18</b> <b>Revisión: 01</b> <b>Página:</b>
	<b>ALCANCES DEL TRABAJO</b> <b>SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION:</b> <b>2000095461</b>	

- **Mantenimiento de Martillo: (Ea)**
  - Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Martillo, según inspección tales como:  
*Martillo, rueda dentada, cremallera, pernos, etc.*
  - Suavizar accionamiento de Martillos (Re-posicionar rodillos del Martillo), Rueda dentada-Pines.
- **Mantenimiento de Eje Principal: (Ea)**
  - Inspeccionar y cambio de acoplamiento motor/rapper (maintance support of rapper shafts), se deberá coordinar con el Operador de Contrato para los trabajos de engrase de rodamientos de acuerdo a la DIN, reductor.
  - Cambio / Reparac. de Shaft principal, bocinas, etc.
  - Inspeccionar y cambiar de acuerdo a inspección acoplamiento motor/rapper
- **Desmontaje / Montaje de Motoreductor de Eje Principal de Rappee: (Ea)**
  - Para el presente ítem se deberá coordinar previamente con el Operador de Contrato para disponibilidad de reemplazo.
  - Desconexión de acoplamiento a Eje de sistema de rappee.
  - Retiro de pernos para desmontaje de motoreductores, desacoplamiento de motor/reductor, según inspección.
  - Traslado de componentes a talleres para su mantenimiento, y retorno.
  - Acoplar componentes para su montaje en su ubicación de funcionamiento.
- **Consideraciones Eje #1 y #2:**
  - Se considera la reparación de rappers de acc/neumática actividades similares a los de accionamiento eléctrico (*Mantenimiento de Yunque y Martillo, para lo cual para ambos casos se debe considerar el cambio y/o aseguramiento de la manguera de accionamiento neumático*).



*Accionamiento por Motor Eléctrico*

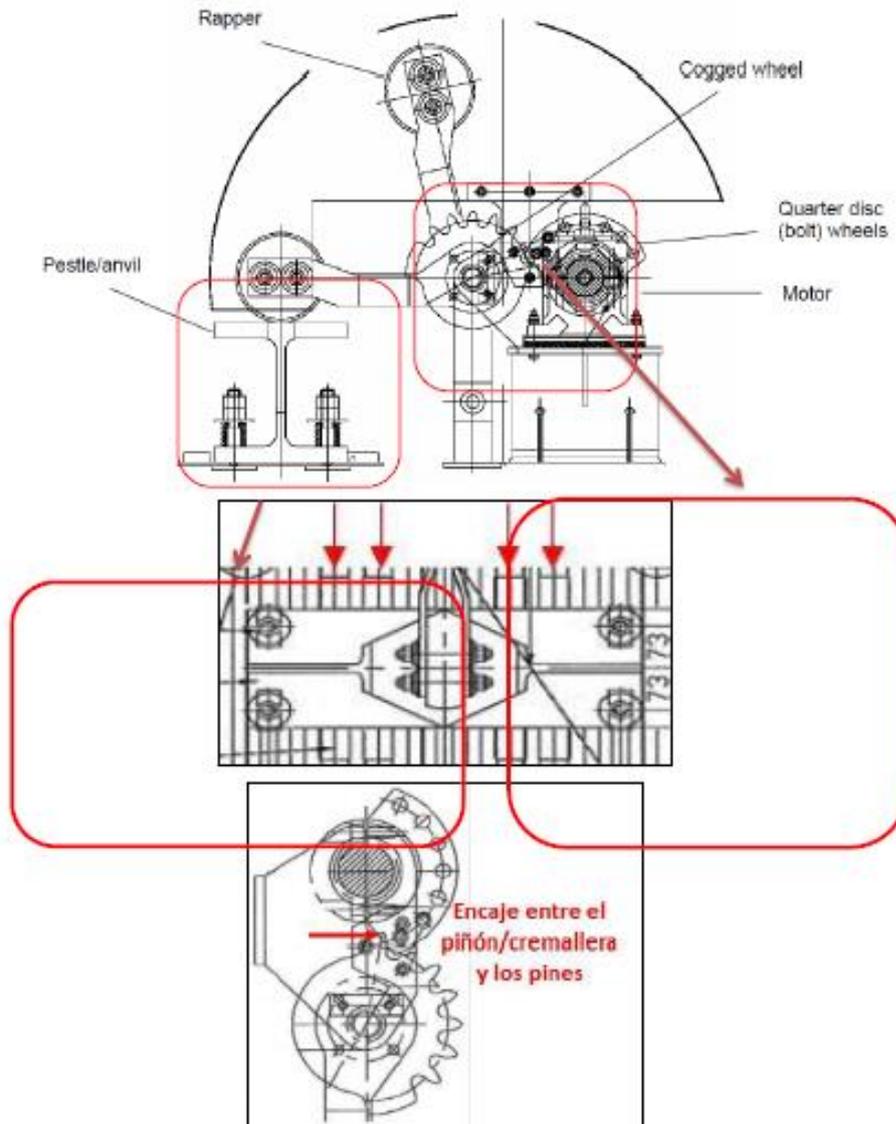
	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Páginas:
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	



*Accionamiento Neumático*

- Se debe considerar en toda situación las Pruebas Operacionales, verificar que el contacto entre el martillo y el yunque, sea en el centro del área de contacto del yunque.
- Se deberá ajustar todos los pernos / resorte del sistema de rapeo.
- Los trabajos de lubricación serán coordinados con el Operador de Contrato para su intervención de trabajos Lubricación de accionamientos de martillos, rodillos, rueda dentada-pines, suavizar accionamiento de martillos c/. eje principal.
- Re-instalación de Aislamiento Térmico. *(Retiro e instalación de aislamiento)*
- Instalación de Guarda de protección.
- El sistema debe quedar implementado para trabajar con 6 pines.
- Se debe lograr el Apriete correcto del Yunque contra sus escudos y pared tubular del caldero (de acuerdo a procedimiento OSCHATZ e indicación de SPCC), en algunos casos será necesario utilizar lana de nivelación.
- La contratista no deberá aplicar soldadura por ningún motivo en los tubos del caldero.

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-POSIG-GE-18 Revisión: 01 Páginas:
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	



#### 4. Mantenimiento de Sistema Rappers Eje # 3

- Bloqueo y etiquetado.
- Retiro de Guarda de protección.
- Retiro de Aislamiento Térmico.
- Inspección general del Conjunto RAPPING.

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Página:
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	

- Dentro de las actividades a realizar son:
  - **Mantenimiento de Yunque: (Ea)**
    - Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Yunque, previa inspección, tales como:  
*Pines – Resortes – Espárragos, etc.*
    - Reparar por soldadura espárragos de fijación de los yunques.
    - La presente actividad se deberá realizar en una parada de planta programada
  - **Mantenimiento de Martillo: (Ea)**
    - Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Martillo, según inspección tales como:  
*Martillo, rueda dentada, cremallera, pernos, etc.*
    - Suavizar accionamiento de Martillos (Re-posicionar rodillos del Martillo), Rueda dentada-Pines.
  - **Mantenimiento de Eje Principal: (Ea)**
    - Inspeccionar y cambio de acoplamiento motor/rapper (maintance support of rapper shafts), se deberá coordinar con el Operador de Contrato para los trabajos de engrase de rodamientos de acuerdo a la DIN, reductor.
    - Cambio / Reparac. de Shaft principal, bocinas, etc.
    - Inspeccionar y cambiar de acuerdo a inspección acoplamiento motor/rapper
  - **Desmontaje / Montaje de Motoreductor de Eje Principal de Rappee: (Ea)**
    - Para el presente ítem se deberá coordinar previamente con el Operador de Contrato para disponibilidad de reemplazo.
    - Desconexión de acoplamiento a Eje de sistema de rappee.
    - Retiro de pernos para desmontaje de motoreductores, desacoplamiento de motor/reductor, según inspección.
    - Traslado de componentes a talleres para su mantenimiento, y retorno.
    - Acoplar componentes para su montaje en su ubicación de funcionamiento.

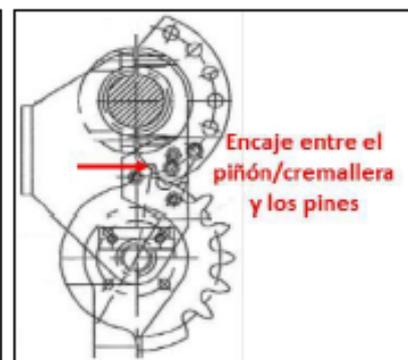
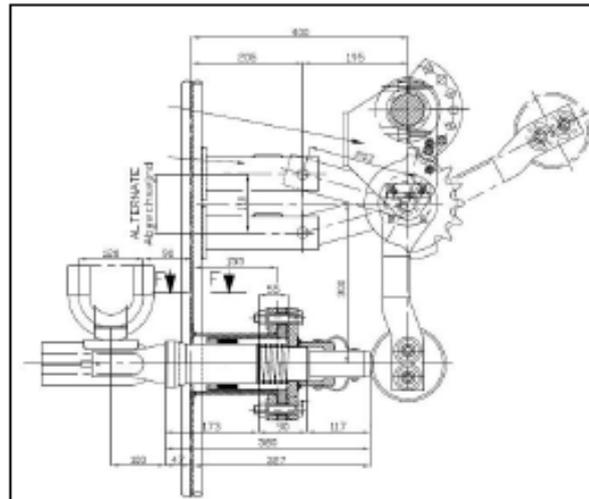
	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTL-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Pagina:
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	



- Consideraciones Eje #3:

- Se debe considerar en toda situación las Pruebas Operacionales, verificar que el contacto entre el martillo y el yunque, sea en el centro del área de contacto del yunque.
- Se deberá ajustar todos los pernos / resorte del sistema de rapeo.
- Los trabajos de lubricación serán coordinados con el Operador de Contrato para su intervención de trabajos Lubricación de accionamientos de martillos, rodillos, rueda dentada-pines, suavizar accionamiento de martillos c/. eje principal.
- Re-instalación de Aislamiento Térmico. (Retiro e instalación de aislamiento)
- Instalación de Guarda de protección.
- El sistema debe quedar implementado para trabajar con 6 pines.
- Se debe lograr el Apriete correcto del Yunque contra sus escudos y pared tubular del caldero (de acuerdo a procedimiento OSCHATZ e indicación de SPOC), en algunos casos será necesario utilizar lana de nivelación.
- El contratista no deberá aplicar soldadura por ningún motivo en la nivelación de los tubos del caldero.

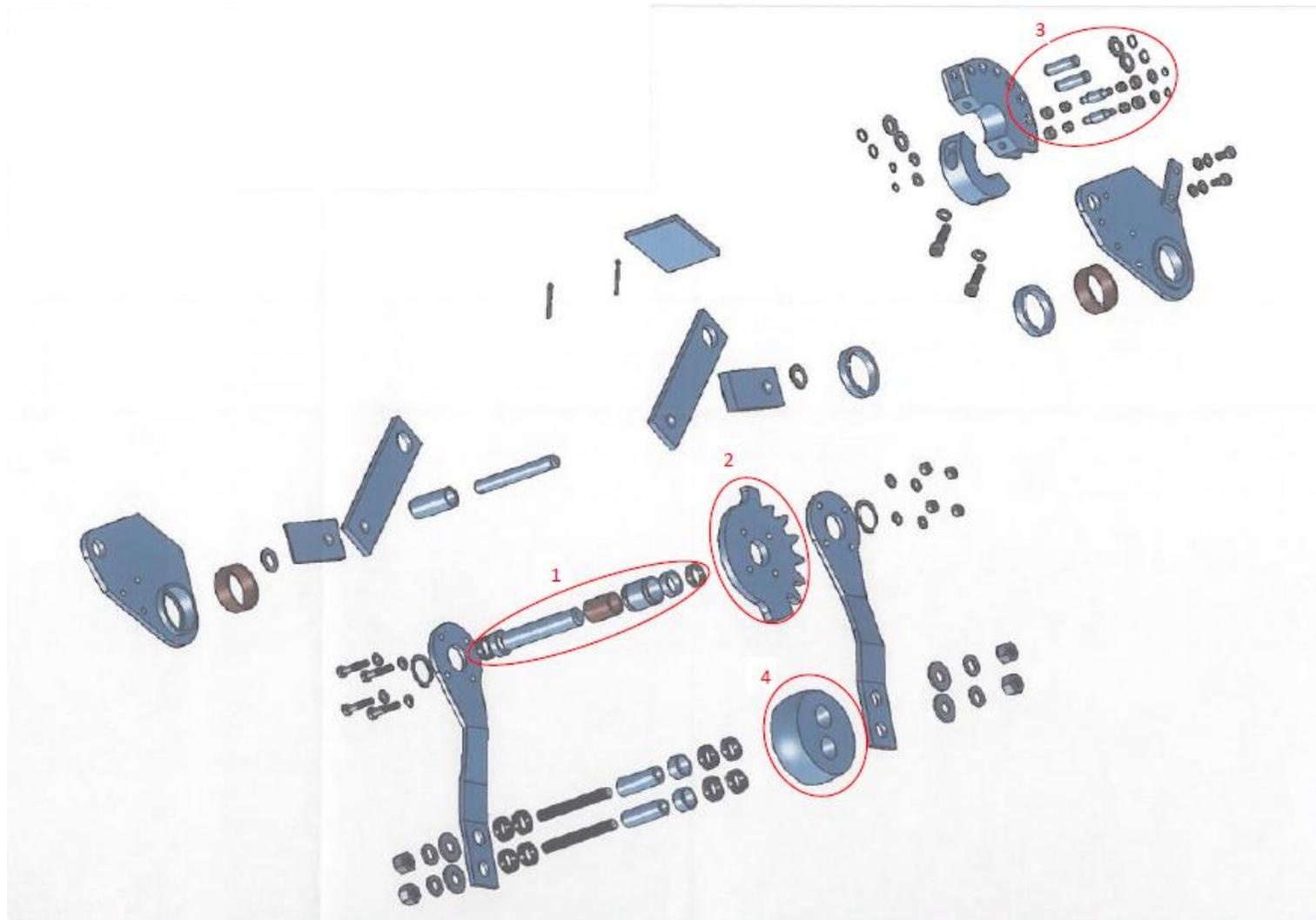
	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Codigo: MTI-FOSIG-GE-18 Revisión: 01 Paginas:
	ALCANCES DEL TRABAJO SOLICITUD DE SERVICIO / FABRICACION: 2000095461	



5. Mantenimiento Correctivo de los Rappers IFR 1, 2 y 3 (Spring Hammer) del Electroprecipitador del Horno ISASMELT.

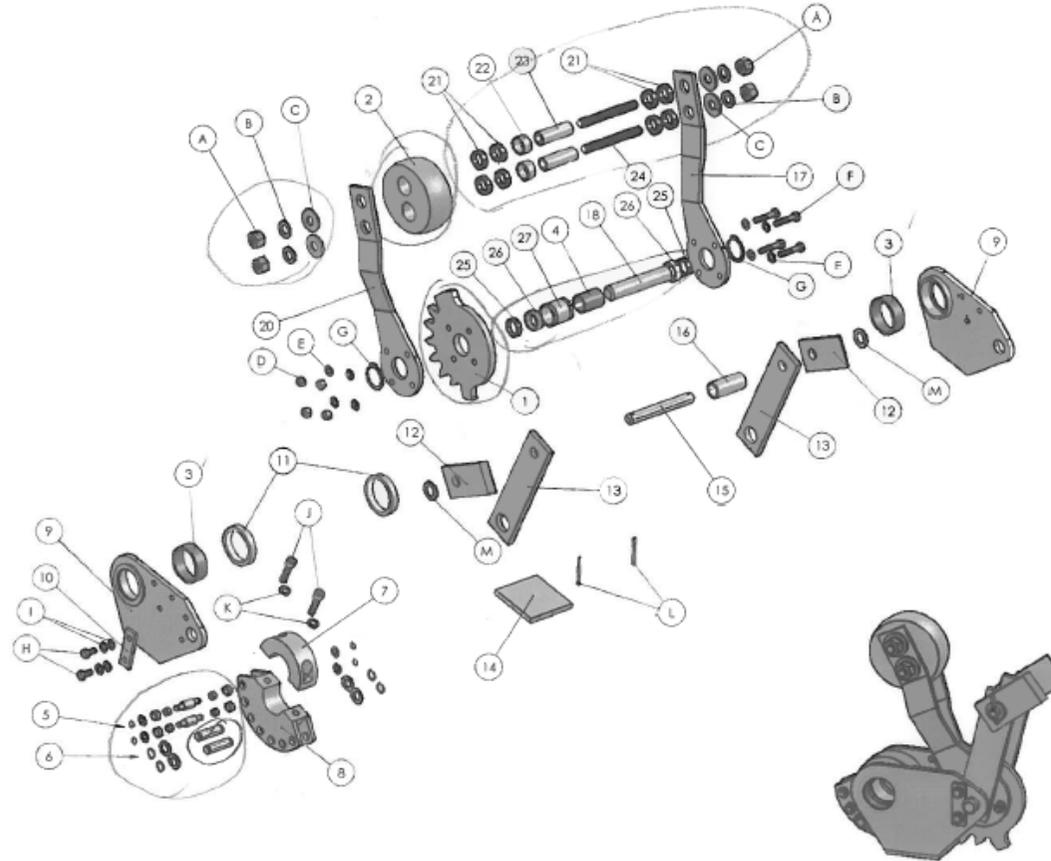
- A) Mantenimiento correctivo del yunque.
  - Reparación total del yunque previa inspección.
- B) Mantenimiento correctivo del martillo
  - Reparación total del martillo previa inspección.
- C) Mantenimiento correctivo del sistema de transmisión de movimiento
  - Inspección del sistema de transmisión y reparar los componentes que lo ameriten.

**Anexo 4.** Componentes de un rapper.



ITEM.	DESCRIPCION	CANT.
A	Tuerca M16	04 Und.
B	Arandela plana M16 (Ø:17, Øe:30, e:3)	04 Und.
C	Arandela plana M16 (Ø:17.5, Øe:44, e:3)	04 Und.
D	Tuerca M10	04 Und.
E	Arandela plana M10 (Ø:10.5, Øe:20, e:2)	08 Und.
F	Perno M10x45	04 Und.
G	Seguro seger	02 Und.
H	Perno M10x20	02 Und.
I	Arandela Plana M10 (Ø:10.5, Øe:20, e:2)	02 Und.
J	Perno Allen M12x45	02 Und.
K	Arandela plana M12 (Ø:13, Øe:20, e:2.5)	02 Und.
L	Pasador Ønom.: 5mm.x45	02 Und.
M	Arandela M20 plana (Ø:21, Øe:37, e:3)	02 Und.

ITEM.	TITULO	MATERIAL	CANT.
01	MG 003-013-117-01	ACERO TEMPLADO	01 PZA.
02	MG 003-013-117-02	ACERO SAE 1045	01 PZA.
03	MG 003-013-117-03	BRONCE SAE 65	02 PZAS.
04	MG 003-013-117-04	BRONCE SAE 65	01 PZA.
05	MG 003-013-117-05	IND. EN PLANO	02 JUEGOS
06	MG 003-013-117-06	IND. EN PLANO	02 JUEGOS
07	MG 003-013-117-07	ACERO SAE 1045	01 PZA.
08	MG 003-013-117-08	ACERO SAE 1045	01 PZA.
09	MG 003-013-117-09	ACERO SAE 1045	01 PZA.
10	MG 003-013-117-10	ACERO SAE 1045	01 PZA.
11	MG 003-013-117-11	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
12	MG 003-013-117-12	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
13	MG 003-013-117-13	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
14	MG 003-013-117-14	ACERO SAE 1045	01 PZA.
15	MG 003-013-117-15	ACERO SAE 1045	01 PZA.
16	MG 003-013-117-16	ACERO SAE 1045	01 PZA.
17	MG 003-013-117-17	ACERO SAE 1045	01 PZA.
18	MG 003-013-117-18	ACERO SAE 1045	01 PZA.
19	MG 003-013-117-19	ACERO SAE 1045	01 PZA.
20	MG 003-013-117-20	ACERO SAE 1045	01 PZA.
21	MG 003-013-117-21	CAUCHO	08 PZAS.
22	MG 003-013-117-22	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
23	MG 003-013-117-23	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
24	MG 003-013-117-24	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
25	MG 003-013-117-25	CAUCHO	02 PZAS.
26	MG 003-013-117-26	ACERO SAE 1045	02 PZAS.
27	MG 003-013-117-27	ACERO SAE 1045	01 PZA.



DISEÑADO: E. ESTEBAN DISEÑADO: E. ESTEBAN DISEÑADO: E. ESTEBAN DISEÑADO: E. ESTEBAN	PROYECTADO: 	NO. C. LIBRO: 00-41 CAR. NO.: <b>SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION - ILO</b>	N.º DE DISEÑO: <b>FUNDICION - ILO RAFFER SYSTEM ASSEMBLY INGENIERIA-</b>
FECH.: AUTOR: LUGAR: TÍTULO:	<b>FABRICA DE MAQUINARIAS MARIO GIANNINI S.A.C.</b>	NO. DE DISEÑO: <b>MG 003-013-117</b>	ESCALA: <b>A2</b>

## Anexo 5. Procedimiento detallado de mantenimiento.

Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

**4. Procedimiento**

**4.1. Ingreso de Herramientas y movilización de equipos con anticipación**

**4.2. Generación de permisos, para la ejecución del servicio.**

- ✦ Para la ejecución de este trabajo, de manera preliminar es necesario realizar la apertura de los siguientes permisos; IPERC continuo, PETAR, Permiso de trabajo en caliente, Permiso de Trabajo en Altura. Cabe señalar que para iniciar el trabajo, se ha de contar con el PETS e IPERC, debidamente autorizados, los cuales serán difundidos antes del inicio de tarea, así como la charla diaria de 5 min guiada por el supervisor de seguridad.
- ✦ Coordinar con el operador de contrato el inicio de las labores de trabajo.

**4.3. Inspección del área de trabajo.**

- ✦ Antes de iniciar el trabajo, se realizara una previa inspección al área de trabajo por el Supervisor de Seguridad. Con la finalidad de no encontrar condiciones sub estándar las cuales pueda originar un accidente y de encontrarlos aplicar las medidas correctivas según sea el caso. (Verificar que todos los equipos en movimiento tengan sus guardas de protección, inspeccionar que no haya residuos de grasas, aceites derramados o cualquier otro residuo que puedan dañar nuestra integridad física).
- ✦ Se procederá a planificar el inicio de la labor de trabajo.
- ✦ De encontrar cualquier condición sub estándar se reportara a nuestro operador de contrato, para que tome las medidas correctivas.

**4.4. Cercado y Delimitación del área de trabajo.**

- ✦ Antes de intervenir en la zona de trabajo se realizará la demarcación de la zona de trabajo, con mallas de seguridad, conos y letreros de seguridad, para evitar la circulación de personas extrañas en las zonas adyacentes al Área de trabajo.
- ✦ Se delimitara con malla y letreros de seguridad los niveles inferiores donde se realizara trabajo en altura.
- ✦ Indicar a todo el personal sobre la gravedad y daño ocurrido si alguna herramienta o material cae a los niveles inferiores y el área de trabajo no se encuentra delimitado
- ✦ Delimitar el área de trabajo y señalar sus respectivos ingresos y salidas, señalar la ubicación de los extintores.

**4.5. Bloqueo y etiquetado.**

- ✦ Se coordinara con nuestro operador de contrato y con el supervisor de turno de la parte de operaciones para el bloqueo y etiquetado del equipo en conjunto con nuestro supervisor de campo y seguridad

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero</b> <b>OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y</b> <b>Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- ✦ Cabe mencionar que el bloqueo se realizara con tarjetas y candados de color naranja según el estándar de SPCC. El bloqueo estará a cargo del supervisor de campo, seguridad y los trabajadores bloquearan en la caja de bloqueo roja.

#### 4.6. ACTIVIDADES DE TRABAJO:

##### ➤ Procedimiento de armado de andamios multidireccionales.

- ✦ Primeramente se realizara la nivelación del piso para que este uniforme sin ningún desnivel.
- ✦ Luego se amara los andamios multidireccionales en los diferentes puntos donde se realizarán los distintos cambios de empaque.
- ✦ Los andamios multidireccionales contarán con todas sus piezas correspondientes (base regulable, diagonales, verticales, rodapiés, plataforma de acero, plataforma con escalerilla).
- ✦ Se instalara tarjetas a los andamios multidireccionales las cuales indicaran su operatividad.



- ✦ Al momento del montaje y desmontaje de los andamios deberá contar con su tarjeta amarilla. Una vez terminado el montaje de los andamios se realizara una inspección visual si esta cuenta con todos sus accesorios y que esté sujeta a la estructura fija ahí recién se cambiara de tarjeta a color verde la cual significa que el andamio está operativo. Y cuando nos retiremos del área de trabajo culminado nuestra jornada laboral se cambiara de tarjeta a color roja la cual significa que el andamio no está operativo y ninguna persona debe usar el andamio.

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

**MANTENIMIENTO GENERAL A LOS RAPPERS DE LOS EJE 1,2 Y 3- CALDERO OSCHATZ Y RAPPERS DEL ELECTROPRECIPITADOR DEL ISA Y ELECTROPRECIPITADOR**

➤ **MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE RAPPERS EJE #1 Y #2**

❖ **Bloqueo y etiquetado.**

- ✦ Se coordinara con nuestro operador de contrato y con el supervisor de turno de la parte de operaciones para el bloqueo y etiquetado del equipo en conjunto con nuestro supervisor de campo y seguridad
- ✦ Cabe mencionar que el bloqueo se realizara con tarjetas y candados de color naranja según el estándar de SPCC. El bloqueo estará a cargo del supervisor de campo, seguridad y los trabajadores bloquearan en la caja de bloqueo roja.

❖ **Retiro de Guarda de protección.**

- ✦ Se realizara el retiro del sistema de sujeción de la guarda de protección mediante el uso de herramientas manuales
- ✦ Se procederá a realizar el retiro de guarda de protección
- ✦ La guarda retirada, será ubicada en un lugar donde no dificulte las labores realizadas por los trabajadores

❖ **Retiro de Aislamiento Térmico.**

- ✦ Se realizara el retiro de abrazaderas mediante el uso de herramientas manuales
- ✦ Se procederá a realizar el retiro del aislante Térmico, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulte las labores realizada por los trabajadores

❖ **Inspección general del Conjunto RAPPING.**

- ✦ Se realizara una inspección general del Conjunto RAPPING, el resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador del Contrato

❖ **Dentro de las actividades a realizar son:**

- ✦ **Mantenimiento de Yunque: (Ea)**
  - ✓ Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Yunque, previa inspección, tales como: Pines, Resortes, espárragos, etc.

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el sistema del Yunque, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
  - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del sistema del Yunque mediante el uso de herramientas manuales
  - Se realizara el desmontaje del Conjunto que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.), los cuales serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores realizadas por los trabajadores
  - Se realizara la instalación del Conjunto que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.)
  - Se realizara la instalación del sistema de sujeción del sistema del Yunque
- ✓ Reparar por soldadura espárragos de fijación de los yunques.
- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra los espárragos de fijación, el resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador del Contrato
  - Se procederá a realizar la reparación por soldadura de los espárragos de fijación, teniendo en cuenta los estándares de SPCC
  - Se realizara una limpieza mecánica de los espárragos de fijación, para lo cual se tendrá en cuenta lo siguiente:  
La limpieza mecánica de los espárragos, se realizara por medio de escobillas tipo copa, esta limpieza se realizara en toda la superficie, para la eliminación de escoria producida por la soldadura
- ✦ Mantenimiento de Martillo: (Ea):
- ✓ Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Martillo, según inspección tales como:
- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el sistema del Martillo, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
  - En caso la inspección realizada dé como resultado un estado no adecuado del Martillo, se procederá a realizar las siguientes actividades:
  - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del sistema del Martillo mediante el uso de herramientas manuales

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara el desmontaje del Conjunto de componentes que componen el sistema del Martillo, los cual serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores realizadas por los trabajadores
- Se realizara la instalación del Conjunto de componentes que componen el sistema del Martillo
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción

✓ Suavizar accionamiento de Martillos (Re-posicionar rodillos del Martillo), Rueda dentada-Pines.

- Se realizara las actividades para suavizar el accionamiento de martillos, esta actividad se realizara hasta que el accionamiento de martillo quede totalmente Operativo
- Se realizara el reposicionamiento de rodillos del Martillo

✦ **Mantenimiento de Eje Principal: (Ea)**

✓ Inspeccionar y cambio de acoplamiento motor/rapper (maintance support of rapper shafts), se deberá coordinar con el Operador de Contrato para los trabajos de engrase de rodamientos de acuerdo a la DIN, reductor.

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el acoplamiento motor/rapper, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
- Se realizara el retiro del sistema de sujeción del acoplamiento
- Se realizara el desmontaje del Acople motor/rapper, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores
- Se realizara la coordinación con el Operador de Contrato para los trabajos de engrase de rodamientos
- Se realizara la colocación del nuevo acoplamiento
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción

✓ Cambio / Reparación de Shaft principal, bocinas, etc.

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el Shaft principal, bocinas y demás componentes, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara el retiro del sistema de sujeción de Shaft principal, bocinas y demás componente mediante el uso de herramientas manules, los componentes retirados serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores realizadas por los trabajadores
- Se realizara la colocación del nuevo Shaft y componentes
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción del Shaft

✓ Inspeccionar y cambiar de acuerdo a inspección acoplamiento motor/rapper

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el acoplamiento motor/rapper, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
- En caso la inspección realizadas dé como resultado un estado no adecuado del acoplamiento motor/rapper, se procederá a realizar las siguientes actividades:
- Se realizara el retiro del sistema de sujeción del acoplamiento mediante el uso de herramientas manuales
- Se realizara el desmontaje del Acople motor/rapper, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores realizadas por los trabajadores
- Se realizara la colocación del nuevo acoplamiento
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción

✦ Desmontaje / Montaje de Motoreductor de Eje Principal de Rappeo: (Ea)

✓ Para el presente ítem se deberá coordinar previamente con el Operador de Contrato para disponibilidad de reemplazo.

- Se realizara la coordinación con el Operador de Contrato para la disponibilidad del reemplazo

✓ Desconexión de acoplamiento a Eje de sistema de rappeo.

- Se realizara el retiro del sistema de sujeción del acoplamiento mediante el uso de herramientas manules
- Se realizara el desconexión de acoplamiento a Eje

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

✓ Retiro de pemos para desmontaje de motoreductores, desacoplamiento de motor/reductor, según inspección.

- Se realizara el retiro de la pemeía mediante el uso de herramientas manuales
- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra los equipos, resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
- En caso la inspección de como resultado el mal estado de los equipos, se realizara las siguientes actividades:
- Se realizara el desacoplamiento de motor/reductor mediante el uso de herramientas manuales
- Se realizara el desmontaje de motoreductores

✓ Traslado de componentes a talleres para su mantenimiento, y retorno.

- Se realizara el traslado de los componentes desmontados hacia los talleres de MB Servicios Generales dentro de Fundación Ilo, donde se realizara mantenimiento de componentes
- Finalizado el mantenimiento, se realizara el retomo de los componentes hacia la zona de donde se retiraron

✓ Acoplar componentes para su montaje en su ubicación de funcionamiento.

- Se realizara el acoplamiento de componentes en su ubicación de funcionamiento

✦ Consideraciones Eje #1 y #2:

✓ Se considerara la reparación de rappers de acc/neumática actividades similares a los de accionamiento eléctrico (Mantenimiento de Yunque y Martillo, para lo cual para ambos casos se considerara el cambio y/o aseguramiento de la manguera de accionamiento neumático).

✓ Se considerara en toda situación las Pruebas Operacionales, verificar que el contacto entre el martillo y el yunque, sea en el centro del área de contacto del yunque.

✓ Se deberá ajustar todos los pemos / resorte del sistema de rapeo.

- Se realizara el ajuste de la pemeía existente mediante el uso de herramientas manuales

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara el ajuste de resorte del sistema de rapeo mediante el uso de herramientas manuales, de acuerdo a lo estipulado por SPCC
  
- ✓ Se procederá a coordinar con el Operador de Contrato para su intervención de trabajos de Lubricación de accionamiento de martillos, rodillos, rueda dentada-pines, suavizar accionamiento de martillos c/. eje principal
  
- ✓ Re-instalación de Aislamiento Térmico. (Retiro e instalación de aislamiento)
  - Se realizara la colocación de Aislamiento Térmico
  - Se realizara la instalación de abrazaderas mediante el uso de herramientas manuales
  
- ✓ Instalación de Guarda de protección.
  - Se realizara la colocación de Guarda de Protección
  - Se realizara la instalación del sistema de sujeción de la Guarda de Protección mediante el uso de herramientas manuales
  
- ✓ El sistema debe quedar implementado para trabajar con 6 pines.
  - Se realizara un verificación de sistema
  - Se realizara las actividades necesarias con el objetivo de que el sistema quede implementado para trabajar con 6 pines
  
- ✓ Se debe lograr el Apriete correcto del Yunque contra sus escudos y pared tubular del caldero (de acuerdo a procedimiento OSCHATZ e indicación de SPCC), en algunos casos será necesario utilizar lana de nivelación.
  - Se realizara el apriete correcto del Yunque contra sus escudo y pared tubular del caldero mediante el uso de herramientas manuales, teniendo en cuenta el procedimiento OSCHATZ
  - Nota: En esta actividad no se aplicara soldadura por ningún motivo en los tubos del Caldero

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

➤ **Mantenimiento de Sistema Rappers Eje # 3**

❖ **Bloqueo y etiquetado.**

- ✦ Se realizara el bloqueo y etiquetado del equipo

❖ **Retiro de Guarda de protección.**

- ✦ Se realizara el retiro del sistema de sujeción de la guarda de protección mediante el uso de herramientas manuales
- ✦ Se procederá a realizar el retiro de guarda de protección, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulte las labores realizada por los trabajadores

❖ **Retiro de Aislamiento Térmico.**

- ✦ Se realizara el retiro del aislante Térmico, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulte las labores realizada por los trabajadores

❖ **Inspección general del Conjunto RAPPING.**

- ✦ Se realizara una inspección general del Conjunto RAPPING, el resultado de esta inspección será informado al Operador del Contrato

❖ **Dentro de las actividades a realizar son:**

✦ **Mantenimiento de Yunque: (Ea)**

- ✓ Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Yunque, previa inspección, tales como: Pines, Resortes, espárragos, etc.
  - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el sistema del Yunque, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
  - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del sistema del Yunque mediante el uso de herramientas manuales
  - Se realizara el desmontaje del Conjunto de componentes que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.), los cuales serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores por los trabajadores
  - Se realizara la instalación del Conjunto de componentes que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.)

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara la instalación del sistema de sujeción del Yunque mediante el uso de herramientas manuales
- ✓ Reparar por soldadura espárragos de fijación de los yunques.
  - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra los espárragos de fijación, el resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador del Contrato
  - Se procederá a realizar la reparación por soldadura de los espárragos de fijación, teniendo en cuenta los estándares de SPCC
  - Se realizara una limpieza mecánica de los espárragos de fijación, para lo cual se tendrá en cuenta lo siguiente:  
La limpieza mecánica de los espárragos, se realizara por medio de escobillas tipo copa, esta limpieza se realizara en toda la superficie, para la eliminación de escoria producida por la soldadura
  - Nota: Esta actividad se realizara en una parada de planta programada y coordinada con el Operador del Contrato
- ✦ Mantenimiento de Martillo: (Ea)
  - ✓ Inspección, desmontaje y cambio del Conjunto que componen el sistema del Martillo, según inspección tales como:
    - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el sistema del Martillo, el resultado de la inspección será informado al Operador de Contrato
    - En caso la inspección realizada dé como resultado un estado no adecuado del Martillo, se procederá a realizar las siguientes actividades:
    - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del sistema del Martillo mediante el uso de herramientas manuales
    - Se realizara el desmontaje del Conjunto de componentes que componen el sistema del Martillo, los cuales serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores
    - Se realizara la instalación del Conjunto de componentes que componen el sistema del Martillo
    - Se realizara la instalación del sistema de sujeción del sistema del Martillo mediante el uso de herramientas manuales

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

✓ Suavizar accionamiento de Martillos (Re-posicionar rodillos del Martillo), Rueda dentada-Pines.

- Se realizara las actividades para suavizar el accionamiento de martillos, esta actividad se realizara hasta que el accionamiento de martillo quede totalmente Operativo
- Se realizara el reposicionamiento de rodillos del Martillo

✦ Mantenimiento de Eje Principal: (Ea)

✓ Inspeccionar y cambio de acoplamiento motor/rapper (maintance support of rapper shafts), se deberá coordinar con el Operador de Contrato para los trabajos de engrase de rodamientos de acuerdo a la DIN, reductor.

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el acoplamiento motor/rapper, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
- Se realizara el retiro del sistema de sujeción del acoplamiento mediante el uso de herramientas manuales
- Se realizara el desmontaje del Acople motor/rapper, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores
- Se realizara la coordinación con el Operador de Contrato para los trabajos de engrase de rodamientos
- Se realizara la colocación del nuevo acoplamiento
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción mediante el uso de herramientas manuales

✓ Cambio / Reparación de Shaft principal, bocinas, etc.

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el Shaft principal, bocinas y demás componentes, el resultado de la inspección será informado al Operador de Contrato
- Se realizara el retiro del sistema de sujeción de Shaft principal, bocinas y demás componente mediante el uso de herramientas manuales, los cuales serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores realizada por los trabajadores
- Se realizara la colocación del nuevo Shaft y componentes
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción del Shaft mediante el uso de herramientas manuales

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- ✓ Inspeccionar y cambiar de acuerdo a inspección acoplamiento motor/rapper
  - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el acoplamiento motor/rapper, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
  - En caso la inspección realizada dé como resultado un estado no adecuado del acoplamiento motor/rapper, se procederá a realizar las siguientes actividades:
  - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del acoplamiento mediante el uso de herramientas manuales
  - Se realizara el desmontaje del Acople motor/rapper, el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores
  - Se realizara la colocación del nuevo acoplamiento
  - Se realizara la instalación del sistema de sujeción del acoplamiento motor/rapper mediante el uso de herramientas manuales
  
- ✦ Desmontaje / Montaje de Motoreductor de Eje Principal de Rappeo: (Ea)
  - ✓ Para el presente ítem se deberá coordinar previamente con el Operador de Contrato para disponibilidad de reemplazo.
    - Se realizara la coordinación con el Operador de Contrato para la disponibilidad del reemplazo
  
  - ✓ Desconexión de acoplamiento a Eje de sistema de rappeo.
    - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del acoplamiento mediante el uso de herramientas manuales
    - Se realizara el desconexión de acoplamiento a Eje
  
  - ✓ Retiro de pernos para desmontaje de motoredutores, desacoplamiento de motor/reductor, según inspección.
    - Se realizara el retiro de la pernería mediante el uso de herramientas manuales
    - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra los equipos, resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
    - En caso la inspección de como resultado el mal estado de los equipos, se realizara las siguientes actividades:
    - Se realizara el desmontaje de motoredutores

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara el desacoplamiento de motor/reductor
- ✓ Traslado de componentes a talleres para su mantenimiento, y retorno.
  - Se realizara el traslado de los componentes desmontados hacia los talleres de MB Servicios Generales dentro de Fundición Ilo, donde se realizara mantenimiento
  - Finalizado el mantenimiento, se realizara el retorno de los componentes hacia la zona de donde se retiraron
- ✓ Acoplar componentes para su montaje en su ubicación de funcionamiento.
  - Se realizara el acoplamiento de componentes en su ubicación de funcionamiento
- ✓ Cambio / Reparación. de Shaft principal, bocinas, etc.
  - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el Shaft principal, bocinas y demás componentes, el resultado de la inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
  - Se realizara el retiro del sistema de sujeción de Shaft principal, bocinas y demás componente, mediante el uso de herramientas manuales
  - Se realizara la colocación del nuevo Shaft y componentes
  - Se realizara la instalación del sistema de sujeción del Shaft
- ✓ Consideraciones Eje #3 :
- ✓ Se considerar en toda situación las Pruebas Operacionales, se verificara que el contacto entre el martillo y el yunque, sea en el centro del área de contacto del yunque.
- ✓ Se deberá ajustar todos los pemos / resorte del sistema de rapeo.
  - Se realizara el ajuste de la pemeía existente mediante el uso de herramientas manuales
  - Se realizara el ajuste de resorte del sistema de rapeo mediante el uso de herramientas manuales, de acuerdo a lo estipulado por SPCC
  - Se realizara la coordinación con el Operador de Contrato para su intervención de trabajos de Lubricación de accionamientos de martillos, rodillos, rueda dentada-pines, suavizar accionamiento de martillos c/. eje principal.

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- ✓ Re-instalación de Aislamiento Térmico. (Retiro e instalación de aislamiento)
  - Se realizara la colocación de Aislamiento Térmico
  - Se realizara la instalación de abrazaderas mediante el uso de herramientas manuales
  
- ✓ Instalación de Guarda de protección.
  - Se realizara la colocación de Guarda de Protección
  - Se realizara la instalación del sistema de sujeción de la Guarda de Protección mediante el uso de herramientas manuales
  
- ✓ El sistema debe quedara implementado para trabajar con 6 pines.
  - Se realizara un verificación de sistema
  - Se realizara las actividades necesarias con el objetivo de que el sistema quede implementado para trabajar con 6 pines
  
- ✓ Se debe lograra el Apriete correcto del Yunque contra sus escudos y pared tubular del caldero (de acuerdo a procedimiento OSCHATZ e indicación de SPCC), en algunos casos será necesario utilizar lana de nivelación.
  - Se realizara el apriete correcto del Yunque contra sus escudo y pared tubular del caldero mediante el uso de herramientas manuales, teniendo en cuenta el procedimiento OSCHATZ e indicación de SPCC.
  - **Nota:** En esta actividad no se aplicara soldadura por ningún motivo en los tubos del Caldero
  
- **Mantenimiento Correctivo de los Rappers IFR 1, 2 y 3 (Spring Hammer) del Electroprecipitador del Horno ISASMELT.**
  - ✦ **Mantenimiento correctivo del yunque.**
    - ✓ Reparación total del yunque previa inspección.
      - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el Yunque, el resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
      - En caso el resultado de la inspección diera como resultado que el Yunque no está en condiciones adecuadas, se realizaran las siguientes actividades:

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara el retiro del sistema de sujeción del sistema del Yunque mediante el uso de herramientas manuales
- Se realizara el desmontaje del Conjunto de componentes que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.), los cuales serán ubicados en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores
- Se realizara una reparación total del Conjunto que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.)
- Se realizara la instalación del Conjunto que componen el sistema del Yunque (Pines, Resortes, espárragos, etc.)
- Se realizara la instalación del sistema de sujeción del sistema del Yunque mediante el uso de herramientas manuales

✦ **Mantenimiento correctivo del martillo**

- ✓ **Reparación total del martillo previa inspección.**
  - Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el Martillo, el resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
  - En caso el resultado de la inspección diera como resultado que el Martillo no está en condiciones adecuadas, se procederá a realizar las siguientes actividades
  - Se realizara el retiro del sistema de sujeción del sistema del Martillo mediante el uso de herramientas manuales
  - Se realizara el desmontaje del Conjunto de componentes que componen el sistema del Martillo el cual será ubicado en un lugar donde no dificulten las labores de los trabajadores
  - Se realizar una reparación total del Conjunto que componen el sistema del Martillo (Martillo, rueda dentada, cremallera,etc)
  - Se realizara la instalación del Conjunto de componentes que componen el sistema del Martillo
  - Se realizara la instalación del sistema de sujeción del sistema del Martillo mediante el uso de herramientas manuales

✦ **Mantenimiento correctivo del sistema de transmisión de movimiento**

- ✓ **Inspección del sistema de transmisión y reparar los componentes que lo ameriten.**

<b>Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)</b> <b>Mantenimiento General a los Rappers de los Eje 1,2 y 3- Caldero</b> <b>OSCHATZ y Rappers del Electroprecipitador del ISA y</b> <b>Electroprecipitador de los Convertidores</b>	
Servicio N°: 2000095461	Contrato: 5600003258
Área: FUNDICION	Versión: 01
Código: F01-PROPETS-15-GS	Página:

- Se realizara una inspección del estado en que se encuentra el Sistema de Transmisión, el resultado de esta inspección será informado al Supervisor y Operador de Contrato
- En caso el resultado de la inspección de como resultado que el Sistema de Transmisión no está en condiciones adecuadas, se procederá a realizar una reparación total del Sistema de Transmisión de movimiento

#### 4.7. Orden y Limpieza

- ✦ Se realizaran labores de limpieza en todas las áreas en la cual se han realizado estas actividades, todos los residuos peligrosos y no peligrosos se eliminaran en las zonas indicadas por SPCC, también se realizara el traslado de herramientas y cajón hacia el taller de MB Servicios Generales
- ✦ El área de trabajo debe quedar totalmente limpia sin ningún tipo de residuos.

Anexo 6. Evidencias fotográficas.







## Anexo 7. Resultados acerca del mantenimiento en el software AMPL.

### Archivo Modelo

```
#Modelo de la Tesis

#Conjuntos

set LINEAS;#LINEAS DE PRODUCCION INDEXADO POR i

param tstart integer;
param tend > tstart integer;
param tinterval > 0 integer;

set PERIODOS:= tstart .. tend by tinterval; # Periodos de ejecuci-
n, INDEXADO POR t

param astart integer;
param aend > astart integer;
param ainterval > 0 integer;

set ACTIVIDADES:= astart .. aend by ainterval; # Actividades a
desarrollar en mtto, INDEXADO POR j

param ostart integer;
param oend > ostart integer;
param ointerval > 0 integer;

set OPERARIOS:= ostart .. oend by ointerval; # Tecnicos
Operadores, INDEXADO POR l

#Subconjuntos

set OP_ACT{ACTIVIDADES} within OPERARIOS;

#Parametros

param TIEMPO>=0;

param DEMANDA{i in LINEAS, t in PERIODOS}>=0;
```

```

param TASA_PRODUCION{i in LINEAS, t in PERIODOS}>=0;

param DURACION_ACTIVIDAD {i in LINEAS, j in ACTIVIDADES}>=0;

#Variables

var X{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in PERIODOS} binary;
#VARIABLE BINARIA IGUAL A 1 SI LA LINEA i SE ENCUENTRA PARADA
MIENTRAS SE REALIZA LA ACTIVIDAD j EN EL PERIODO t

var C{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in PERIODOS} binary;
#VARIABLE BINARIA IGUAL A 1 SI LA LINEA i EMPIEZA LA ACTIVIDAD DE
MANTENIMIENTO j EN EL PERIODO t

var O{l in OPERARIOS, i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in
PERIODOS} binary; #VARIABLE BINARIA IGUAL A 1 SI EL OPERARIO l EN
LA LINEA i REALIZA LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO j EN EL PERIODO t

#Función Objetivo

maximize TIEMPO_MTTO:

(1/TIEMPO)*(sum{t in PERIODOS, i in LINEAS}(sum{j in
ACTIVIDADES}(X[i,j,t]*TASA_PRODUCION[i,t])/DEMANDA[i,t]));

#Restricciones

subject to RESTRICCIÓN_1{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES}:

sum{t in PERIODOS} (X[i,j,t]) = DURACION_ACTIVIDAD[i,j];

subject to RESTRICCIÓN_2{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in
2..12}:

(X[i,j,t]) - (X[i,j,t-1]) <= C[i,j,t];

subject to RESTRICCIÓN_2B{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in
1..1}:

(X[i,j,t]) <= C[i,j,t];

```

**#Inicio de mantenimiento**

subject to RESTRICCIÓN\_3{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES}:

sum{t in PERIODOS} C[i,j,t] = 1;

**#Toda actividad debe ser realizada por un Unico Operario**

subject to RESTRICCIÓN\_4{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES, t in PERIODOS}:

X[i,j,t] = sum{l in OP\_ACT[j]} O[l,i,j,t];

**#un operario no puede hacer mas de una actividad a la vez en un determinado periodo de tiempo**

subject to RESTRICCIÓN\_5{l in OPERARIOS, t in PERIODOS}:

sum{i in LINEAS, j in ACTIVIDADES} O[l,i,j,t] <= 1;

**Archivo de Comandos**

# COMANDOS EN AMPL

# EJEMPLO PARA UTILIZAR EL NEOS SERVER

# COMANDOS DE INICIALIZACION DE CONDICIONES:

option show\_stats 1;

option solution\_precision 0;

option omit\_zero\_rows 1;

option omit\_zero\_cols 1;

option display\_precision 6;

option display\_round 1;

option display\_width 50;

# COMANDO DE SOLUCION:

solve;

**Archivo Datos**

#PARAMETROS

param TIEMPO:= 12;

param DEMANDA:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12:=
1	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
2	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
3	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
4	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700;

param TASA_PRODUCCION:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12:=
1	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280
2	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
3	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630
4	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470;

param DURACION_ACTIVIDAD:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	3	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1
2	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
3	1	2	2	1	1	1	2	6	6	5	5	5	3
4	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2

\*\*\*\*\*  
 RESULTADOS DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO  
 \*\*\*\*\*

TIEMPO PRODUCCION = 6.8

BINARIA QUE DETERMINA QUE LINEA i SE PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD j  
 EN EL PERIODO t =

X [1,*,*]									
:	1	2	3	4	5	6	7	8:=	
1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
7	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	
10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
12	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
:	9	10	11	12:=					
2	0.0	0.0	1.0	0.0					
3	1.0	1.0	0.0	0.0					
4	0.0	0.0	1.0	1.0					
11	0.0	1.0	0.0	0.0					
13	0.0	1.0	0.0	0.0					

[2,*,*]							
:	1	2	3	9	10	11	12:=
1	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
9	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
15	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[3,*,*]								
:	1	2	3	4	5	6	7	8:=
4	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
12	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
13	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

:	9	10	11	12:=
1	0.0	0.0	0.0	1.0
2	1.0	1.0	0.0	0.0

```

3    1.0    1.0    0.0    0.0
5    0.0    1.0    0.0    0.0
6    1.0    0.0    0.0    0.0
7    1.0    1.0    0.0    0.0
10   1.0    1.0    1.0    0.0
11   1.0    1.0    1.0    1.0
15   0.0    1.0    1.0    0.0

```

```

[4,*,*]
:    1      2      3      4      8      9      11     12:=
1    1.0    1.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
2    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0
3    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0
4    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
5    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
6    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
7    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    1.0    0.0    0.0
8    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0
9    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
10   0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
11   1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
12   0.0    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0
13   0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    1.0    0.0    0.0
14   0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
15   0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0
;

```

BINARIA QUE DETERMINA SI LA LINEA *i* EMPIEZA EN LA ACTIVIDAD DE MANTEMINIENTO *j* EN EL PERIODO *t* =

```

C [1,*,*]
:    1      2      3      4      5      6      8      10:=
1    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
3    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0
5    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0
6    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0
7    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0
8    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
9    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0
10   0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0
11   0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0
12   1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
13   0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0
14   0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
15   0.0    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0

:    11:=

```

2 1.0  
4 1.0

[2,\*,\*]  
: 1 2 3 9 10 11 12:=  
1 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0  
3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0  
4 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
5 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
6 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
7 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0  
8 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0  
9 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0  
10 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
11 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0  
12 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0  
13 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0  
14 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0  
15 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

[3,\*,\*]  
: 1 2 4 7 8 9 10 12:=  
1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0  
2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0  
3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0  
4 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0  
6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0  
7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0  
8 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
9 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
10 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
11 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0  
12 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
13 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
14 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
15 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0

[4,\*,\*]  
: 1 2 3 4 8 11 12:=  
1 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0  
3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0  
4 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
5 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
6 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
7 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0  
8 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0

```

9    0.0  0.0  1.0  0.0  0.0  0.0  0.0
10   0.0  0.0  1.0  0.0  0.0  0.0  0.0
11   1.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
12   0.0  0.0  0.0  1.0  0.0  0.0  0.0
13   0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  0.0  0.0
14   0.0  1.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
15   0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0
;

```

BINARIA QUE DETERMINA SI EL OPERARIO *i* EN LA LINEA *i* REALIZA LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO *j* EN EL PERIODO *t* =

```

O [1,1,*,*]
:    4      8      9    12:=
3    0.0  1.0  1.0  0.0
4    0.0  0.0  0.0  1.0
7    1.0  0.0  0.0  0.0

```

```

[1,2,*,*]
:    1      3    11:=
4    1.0  0.0  0.0
5    0.0  1.0  0.0
7    0.0  0.0  1.0

```

```

[1,3,*,*]
:    2      5      7    10:=
3    0.0  0.0  0.0  1.0
4    1.0  0.0  0.0  0.0
8    0.0  1.0  1.0  0.0

```

```

[1,4,*,*]
[2,1,*,*]
:    8:=
5    1.0

```

```

[2,2,*,*]
:    1      3    10:=
1    0.0  1.0  0.0
6    1.0  0.0  0.0
7    0.0  0.0  1.0

```

```

[2,3,*,*]
:    4      9    12:=
1    0.0  0.0  1.0
2    0.0  1.0  0.0
8    1.0  0.0  0.0

```

```

[2,4,*,*]
:      2      :=
6      1.0

[3,1,*,*]
:      4      8      11:=
2      0.0    0.0    1.0
6      0.0    1.0    0.0
8      1.0    0.0    0.0

[3,2,*,*]
:      1      2      12:=
1      1.0    1.0    0.0
8      0.0    0.0    1.0

[3,3,*,*]
:      3      6      9      10:=
6      0.0    0.0    1.0    0.0
7      0.0    0.0    0.0    1.0
8      1.0    1.0    0.0    0.0

[3,4,*,*]
[4,1,*,*]
:      3:=
8      1.0

[4,2,*,*]
[4,3,*,*]
:      9      10:=
5      0.0    1.0
7      1.0    0.0

[4,4,*,*]
:      1      2      8      11      12:=
1      0.0    1.0    0.0    0.0    0.0
3      0.0    0.0    0.0    1.0    0.0
4      1.0    0.0    0.0    0.0    0.0
7      0.0    0.0    1.0    0.0    0.0
8      0.0    0.0    0.0    0.0    1.0

[5,1,*,*]
:      3      10      11:=
1      1.0    0.0    0.0
3      0.0    1.0    0.0
4      0.0    0.0    1.0

[5,2,*,*]
[5,3,*,*]
:      2:=

```

8 1.0

```
[5,4,*,*]  
: 1 9 12:=  
2 0.0 0.0 1.0  
5 1.0 0.0 0.0  
7 0.0 1.0 0.0
```

```
[6,1,*,*]  
: 2:=  
8 1.0
```

```
[6,2,*,*]  
: 11 12:=  
2 0.0 1.0  
3 1.0 0.0
```

```
[6,3,*,*]  
: 9 10:=  
2 0.0 1.0  
3 1.0 0.0
```

```
[6,4,*,*]  
: 1 3:=  
1 1.0 1.0
```

```
[7,1,*,*]  
: 7 10:=  
9 1.0 0.0  
11 0.0 1.0
```

```
[7,2,*,*]  
: 12:=  
11 1.0
```

```
[7,3,*,*]  
: 2 5 6 8 9 11:=  
9 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0  
10 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.0  
11 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0
```

```
[7,4,*,*]  
: 1 3 4:=  
9 0.0 1.0 0.0  
11 1.0 0.0 0.0  
12 0.0 0.0 1.0
```

```
[8,1,*,*]
```

```

:      2      6:=
9      0.0    1.0
12     1.0    0.0
  [8,2,*,*]
  [8,3,*,*]
:      1      4      5      7      8      9      10      11:=
9      1.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
10     0.0    0.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0    1.0
11     0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    1.0    0.0
12     0.0    1.0    1.0    0.0    1.0    0.0    0.0    0.0

:      12:=
11     1.0

  [8,4,*,*]
:      3:=
10     1.0

  [9,1,*,*]
:      1      5:=
10     0.0    1.0
12     1.0    0.0

  [9,2,*,*]
:      2      9      12:=
9      0.0    1.0    0.0
10     1.0    0.0    0.0
12     0.0    0.0    1.0

  [9,3,*,*]
:      3      4      6      7      8      10:=
9      1.0    1.0    0.0    0.0    0.0    0.0
10     0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    1.0
11     0.0    0.0    0.0    0.0    1.0    0.0
12     0.0    0.0    1.0    1.0    0.0    0.0

  [9,4,*,*]
  [10,1,*,*]
:      3      4      5:=
14     1.0    0.0    0.0
15     0.0    1.0    1.0

  [10,2,*,*]
:      11      12:=
13     1.0    1.0

  [10,3,*,*]
:      2      10:=
13     1.0    0.0

```

```

15  0.0  1.0

  [10,4,*,*]
  [11,1,*,*]
:    10:=
13  1.0

  [11,2,*,*]
:    11:=
14  1.0
  [11,3,*,*]
:    1    2    3:=
13  1.0  0.0  1.0
14  0.0  1.0  0.0

  [11,4,*,*]
:    8    9    12:=
13  1.0  1.0  0.0
15  0.0  0.0  1.0

  [12,1,*,*]
  [12,2,*,*]
:    1:=
15  1.0

  [12,3,*,*]
:    3    11:=
14  1.0  0.0
15  0.0  1.0

  [12,4,*,*]
:    2:=
14  1.0

```

**Anexo 8.** Formato de inspección de limpieza 5S.

<b>Fecha:</b>		<b>Nº Trabajadores:</b>		
<b>Participante en la inspección:</b>				
<b>Nº</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Las herramientas están bien adaptadas y ordenadas de manera adecuada.			
2	Se tiene una dinámica de reciclaje.			
3	Los lugares para el almacenamiento de basura están ordenados.			
4	Los resguardos que hay en la maquinaria están debidamente asegurados.			
5	Los botes donde se coloca la basura son adecuados en tamaño y número.			
6	Los pisos están limpios, secos y sin desperdicios.			
7	Los pisos están libres de obstáculos.			
8	Los extintores están debidamente señalizados y al alcance.			
9	Los baños están debidamente abastecidos.			
10	Las máquinas y equipos están debidamente libres de residuos.			
11	Las herramientas están limpias y libres de suciedad.			
12	Existe un control para los riesgos de origen físico y químico.			
13	Las normas de seguridad en el lugar se están aplicando.			
14	El sistema de iluminación y ventilación es eficiente.			
15	El personal usa los elementos de protección personal y están en buen estado.			

**Anexo 9.** Formato de inspecciones para 5S.

<b>CUMPLIMIENTO DE ORGANIZACIÓN</b>					
<b>AREA: LOGÍSTICA</b>			<b>FECHA:</b>		
<b>TURNO MAÑANA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>T. NOCHE</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>Orden del área</b>			<b>Orden del área</b>		
<b>Limpieza del área</b>			<b>Limpieza del área</b>		
<b>Limpieza de máquinas</b>			<b>Limpieza de máquinas</b>		
<b>Control visual puesto de trabajo</b>			<b>Control visual puesto de trabajo</b>		
<b>Firma del operario en Turno</b>			<b>Firma del operario en Turno</b>		

**Anexo 10.** Formato de seguimiento 5S.

<b>PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE 5'S</b>			
<b>AUDITORIA 5 S'</b>			
<b>FECHA:</b> _____			
<b>AUDITOR :</b> _____			
<b>UTILIZACIÓN</b>		<b>CUMPLE</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
<b>ASPECTO</b>	<b>QUE SE DEBE OBSERVAR</b>	<b>SI / NO</b>	
Eliminación de objetos no necesarios	En el puesto de trabajo tiene carpetas , papeles, archivo, lapiceros , herramientas, muebles que no usa.		
Mantenimiento únicamente de objetos de uso inmediato sobre el escritorio organizados y sin alimentos especialmente líquidos	En el puesto de trabajo se observa disposición y organización de materiales sobre la mesa, archivos, armario.		
Ubicación adecuada de los objetos personales	En el puesto de trabajo se observa que los objetos personas están guardados de modo que no causen mala impresión y no colocadas sobre la mesa, escritorios, computadores.		
Hallazgo de materiales de otros puestos	En el puesto de trabajo se archiva o guarda materiales que no son parte de su área de trabajo.		
Observación de despilfarro de materiales	Verificar si los recursos disponibles están siendo usados de forma adecuada.		
<b>PROMEDIO</b>			
<b>ORGANIZACIÓN</b>			
<b>ASPECTO</b>	<b>QUE SE DEBE OBSERVAR</b>	<b>SI / NO</b>	
Identificación de materiales	Se mantienen cajones, carpetas archivos, armarios identificados de modo que se facilite la ubicación de documentos y herramientas de trabajo.		
Ordenamiento de los materiales	Se observa que los materiales están ubicados según su identificación.		
Acumulación de materiales sobre armarios y mesas exagerada y desorganizada.	Los materiales y herramientas no deben encontrarse apilados o acumulados.		

**Anexo 11.** Cálculo de tiempos para indicadores de desempeño.

<b>TIEMPO PROGRAMADO - ACTUAL</b>				
<b>MES</b>	<b>Línea de producción 1</b>	<b>Línea de producción 2</b>	<b>Línea de producción 3</b>	<b>Línea de producción 4</b>
enero	165	195	115	95
febrero	160	190	110	105
marzo	170	200	120	105
abril	165	205	120	90
mayo	165	180	115	95
junio	175	205	120	95
julio	160	195	110	105
agosto	155	190	115	90
setiembre	150	195	115	100
octubre	165	190	120	95
noviembre	160	200	125	95
diciembre	160	215	120	95
<b>TOTAL</b>	<b>1950</b>	<b>2360</b>	<b>1405</b>	<b>1165</b>

<b>TIEMPO REAL - ACTUAL</b>				
<b>MES</b>	<b>Línea de producción 1</b>	<b>Línea de producción 2</b>	<b>Línea de producción 3</b>	<b>Línea de producción 4</b>
enero	147	154	96	63
febrero	120	164	90	68
marzo	155	145	98	75
abril	122	144	94	70
mayo	120	150	102	56
junio	128	158	90	63
julio	122	147	81	55
agosto	144	152	75	51
setiembre	148	154	79	48
octubre	115	162	89	65
noviembre	119	135	93	57
diciembre	120	135	93	49
<b>TOTAL</b>	<b>1560</b>	<b>1800</b>	<b>1080</b>	<b>720</b>

<b>TIEMPO PARADO - ACTUAL</b>				
<b>MES</b>	<b>Línea de producción 1</b>	<b>Línea de producción 2</b>	<b>Línea de producción 3</b>	<b>Línea de producción 4</b>
enero	18	41	19	32
febrero	40	26	20	37
marzo	15	55	22	30
abril	43	61	26	20
mayo	45	30	13	39
junio	47	47	30	32
julio	38	48	29	50
agosto	11	38	40	39
setiembre	2	41	36	52
octubre	50	28	31	30
noviembre	41	65	32	38
diciembre	40	80	27	46
<b>TOTAL</b>	<b>390</b>	<b>560</b>	<b>325</b>	<b>445</b>

<b>TIEMPO PARADO - PROYECTADO PROPUESTA</b>				
<b>MES</b>	<b>Línea de producción 1</b>	<b>Línea de producción 2</b>	<b>Línea de producción 3</b>	<b>Línea de producción 4</b>
enero	13	30	14	24
febrero	30	19	15	27
marzo	11	41	16	22
abril	32	45	19	15
mayo	33	22	10	29
junio	35	35	22	24
julio	28	36	21	37
agosto	8	28	30	29
setiembre	1	30	27	39
octubre	37	21	23	22
noviembre	30	48	24	28
diciembre	30	59	20	34
<b>TOTAL</b>	<b>289</b>	<b>415</b>	<b>241</b>	<b>330</b>

<b>TIEMPO TOTAL PARADAS EN TODAS LAS LÍNEAS</b>		
<b>MES</b>	<b>TIEMPO TOTAL PARADAS - ACTUAL</b>	<b>TIEMPO TOTAL PARADAS - PROPUESTA</b>
enero	110	81
febrero	123	91
marzo	122	90
abril	150	111
mayo	127	94
junio	156	116
julio	165	122
agosto	128	95
setiembre	131	97
octubre	139	103
noviembre	176	130
diciembre	193	143

**Anexo 12.** Cálculo de tiempos de ciclo (Programa SPSS).

\*Tiempo parado componentes - actual:

		<b>Estadísticos</b>				TIEMPO TOTAL PARADAS EN TODAS LAS LÍNEAS
		1° Línea de producción	2° Línea de producción	3° Línea de producción	4° Línea de producción	
N	Válido	12	12	12	12	12
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		32.500	46.667	27.083	37.083	143.333
Mediana		40.000	44.000	28.000	37.500	135.000
Mínimo		2.0	26.0	13.0	20.0	110.0
Máximo		50.0	80.0	40.0	52.0	193.0

\*Tiempo parado componentes - propuesta:

		<b>Estadísticos</b>				TIEMPO TOTAL PARADAS EN TODAS LAS LÍNEAS
		1° Línea de producción	2° Línea de producción	3° Línea de producción	4° Línea de producción	
N	Válido	12	12	12	12	12
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		24.000	34.500	20.083	27.500	106.083
Mediana		30.000	32.500	20.500	27.500	100.000
Mínimo		1.0	19.0	10.0	15.0	81.0
Máximo		37.0	59.0	30.0	39.0	143.0