

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y
FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA
INDUSTRIAL**



TESIS:

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO
PREDICTIVO EN UNA EMPRESA CEMENTERA EN EL SUR
DEL PERU, 2013”**

Presentada por la Bachiller:
Arleth Valery García López

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO INDUSTRIAL

AREQUIPA – PERU

2013

Dedicatoria

A mi madre Arleth, mujer incomparable, razón de mi vida, por su fuerza, por su voluntad y amor infinito que han hecho de mí la persona que soy hoy, porque sin ella no sería nada, porque ella me ha enseñado todo, me lo ha dado todo y porque algún día espero ser la mujer y madre que es ella. Mamá, todo esto es para ti, gracias a ti por tener tanta fuerza, tanto amor, tanto valor y tanta paciencia, todos mis logros son para ti, eres la mejor mujer y madre del mundo, sin ti, nada de esto hubiera sido posible y hoy que cumplo mi primera meta en la vida, debo agradecerte eternamente por tanto sacrificio que has hecho y sigues haciendo, por mi hermano y por mí.

Agradecimientos

A mi hermano Kevin por ser mi primer amigo y compañero de la vida.

A mis abuelos Luis y Ruth y a mi familia, que me han dado tanto, por la educación, y el apoyo en los momentos más difíciles, gracias.

A Lily, Guido y a su familia, gracias por los momentos y las alegrías que me han dado, por acompañarme y darme ánimos en todo el tiempo que compartimos.

A Guido, gracias por ayudarme en esta travesía, por darme ánimos y contagiarme de tu fuerza, por cuidar mis pasos y haber sido mi luz, mi apoyo y mucho más.

INDICE GENERAL

1. CAPITULO I GENERALIDADES	5
1.1. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1.1. Descripción del Problema.....	7
1.1.2. Justificación del Problema.....	9
1.1.3. Tipo del Problema de Investigación.....	9
1.1.4. Campo, Área y Línea	9
1.1.5. Interrogantes Básicas	10
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. Objetivo General.....	10
1.2.2. Objetivos Específicos.....	10
1.3. JUSTIFICACIÓN	11
1.4. VARIABLES E INDICADORES	12
1.5. HIPÓTESIS	13
1.6. ALCANCES	13
1.6.1. ¿Qué se quiere hacer?.....	13
1.6.2. ¿Dónde se va a realizar el estudio?.....	13
1.6.3. ¿Cuánto tiempo va a demorar el estudio?.....	14
1.7. PLANEAMIENTO OPERACIONAL	14
1.7.1. Técnicas.....	14
1.7.2. Instrumentos	14
1.7.3. Población.....	16
1.7.4. Estrategia	17
1.7.5. Criterios para el manejo de resultados.....	18
1.7.6. Cronograma de trabajo	18
2. CAPITULO II MARCO TEORICO	20
2.1. MARCO CONCEPTUAL	21
2.1.1. Mantenimiento.....	21
2.1.2. Tipos de mantenimiento	22
2.1.3. Administración del mantenimiento.....	27
3. CAPITULO III DIAGNOSTICO SITUACIONAL	39
3.1. LA EMPRESA	41
3.1.1. Descripción General del Rubro de la Empresa	41
3.1.2. Actividad Principal	41
3.1.3. Organización.....	46
3.1.4. Descripción de Áreas Funcionales	48
3.2. ANALISIS DE PROCESOS	48
3.2.1. Descripción del Proceso de Mantenimiento	48
3.3. ANALISIS DE CAPITAL HUMANO	68
3.3.1. Recolección de datos.....	68
3.3.2. Cronograma.....	69
3.3.3. Análisis de resultados	69
3.3.4. Diagrama de Ishikawa	88
3.4. ANÁLISIS DE DATA	90
3.4.1. Apilador de Caliza – PHB.....	92
3.4.2. Bomba de Harina	96
3.4.3. Chancadora de Clinker	100
3.4.4. Chancadora Secundaria	104
3.4.5. Chancadora Primaria	108
3.4.6. Elevador de cangilones de Clinker	112
3.4.7. Faja transportadora de Caliza.....	116
3.4.8. Ensacadora Rotativa.....	120
3.4.9. Horno.....	124

3.4.10.	<i>Molino Vertical de Cemento</i>	128
3.4.11.	<i>Molino de Carbón</i>	132
3.4.12.	<i>Molino vertical de crudos</i>	136
3.4.13.	<i>Transportador de placas</i>	140
3.4.14.	<i>Ventilador ID fan</i>	144
3.4.15.	<i>Resultados del Análisis de Data</i>	148
3.5.	ANÁLISIS DE FACTORES MEDIANTE GRAFICO DE PARETO.....	150
4.	CAPITULO IV PROPUESTA	156
4.1.	PROPOSITO.....	157
4.2.	OBJETIVOS.....	157
4.3.	INDICADORES.....	157
4.3.1.	<i>Indicadores Actuales</i>	159
4.3.2.	<i>Indicadores Propuestos</i>	160
4.3.3.	<i>Optimización de Indicadores</i>	161
4.4.	METODOLOGIA.....	161
4.4.1.	<i>Análisis de la situación actual</i>	163
4.4.2.	<i>Identificación del problema</i>	163
4.4.3.	<i>Selección del área e identificación límites</i>	163
4.4.4.	<i>Consideración del proceso de mantenimiento</i>	163
4.4.5.	<i>Identificación de los problemas del área</i>	164
4.4.6.	<i>Recopilación de información del proceso de mantenimiento</i>	164
4.4.7.	<i>Proceso y procedimiento de trabajo</i>	164
4.4.8.	<i>Análisis y descripción de puestos</i>	165
4.4.9.	<i>Diagnóstico de la situación actual</i>	165
4.4.10.	<i>Redacción del procedimiento actual</i>	165
4.4.11.	<i>Procedimiento actual</i>	165
4.4.12.	<i>Revisión del procedimiento actual</i>	166
4.4.13.	<i>Medición de Indicadores</i>	166
4.4.14.	<i>Análisis del procedimiento actual</i>	166
4.4.15.	<i>Análisis de capital humano</i>	166
4.4.16.	<i>Análisis de la data histórica</i>	167
4.4.17.	<i>Análisis causa-efecto del tipo de mantenimiento</i>	167
4.4.18.	<i>Análisis causa-efecto problemas de mantenimiento</i>	168
4.4.19.	<i>Análisis de factores de Pareto</i>	168
4.4.20.	<i>Identificación de los problemas</i>	169
4.4.21.	<i>Definición de la importancia del procedimiento</i>	169
4.4.22.	<i>Selección de las técnicas apropiadas</i>	169
4.4.23.	<i>Descripción detallada de la propuesta</i>	170
4.4.24.	<i>Propuesta</i>	170
4.4.25.	<i>Proyección de indicadores</i>	171
4.4.26.	<i>Comparación de indicadores</i>	171
4.4.27.	<i>Análisis costo-beneficio</i>	171
4.4.28.	<i>Determinación del nivel de mejora</i>	171
4.4.29.	<i>Plan de implementación</i>	171
4.4.30.	<i>Revisión, control y medición</i>	172
4.5.	DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.....	172
4.5.1.	<i>Tecnologías de mantenimiento predictivo</i>	174
4.6.	ANÁLISIS DE COSTO.....	220
4.6.1.	<i>Contratación de Personal</i>	220
4.6.2.	<i>Capacitación del personal</i>	222
4.6.3.	<i>Equipos especiales para la aplicación del mantenimiento predictivo</i>	223
4.6.4.	<i>Herramientas comunes para la aplicación del mantenimiento predictivo</i>	224
4.6.5.	<i>Costos totales implementación de Mantenimiento Predictivo</i>	225
4.7.	ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO.....	225
4.8.	AHORROS MENSUALES ESTIMADOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	227

4.9.	EVALUACION Y CONTROL.....	229
4.9.1.	<i>Formato de informe de inspecciones visuales</i>	230
4.9.2.	<i>Informe de termografía</i>	232
4.9.3.	<i>Informe de análisis de vibraciones</i>	234
	CONCLUSIONES.....	236
	RECOMENDACIONES.....	240
	ANEXOS.....	242
	BIBLIOGRAFIA	301



INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1.1. Variables e Indicadores</i>	12
<i>Cuadro 1.2. Cronograma de trabajo.....</i>	19
<i>Cuadro 3.1. Descripción de Áreas Funcionales</i>	48
<i>Cuadro 3.2. Cronograma de recopilación de datos para Encuesta.....</i>	69
<i>Cuadro 3.3. Pregunta tipos de mantenimiento</i>	70
<i>Cuadro 3.4. Pregunta aprobación del mantenimiento actual.....</i>	71
<i>Cuadro 3.7. Pregunta principales problemas de área</i>	74
<i>Cuadro 3.8. Pregunta formas de optimización del mantenimiento.....</i>	75
<i>Cuadro 3.9. Pregunta concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo.....</i>	76
<i>Cuadro 3.10. Pregunta implementación mantenimiento predictivo</i>	77
<i>Cuadro 3.11. Pregunta Personal capacitado para la implementación de mantenimiento predictivo</i>	78
<i>Cuadro 3.13. Pregunta posibilidad de prevención de fallas mediante inspección</i>	80
<i>Cuadro 3.14. Pregunta Ahorros generados por la detección temprana de averías</i>	81
<i>Cuadro 3.15. Pregunta mantenimiento predictivo como oportunidad de confiabilidad al área</i>	82
<i>Cuadro 3.16. Pregunta los ahorros por propiciar la producción continua repercute en las utilidades y/o bonos de productividad.....</i>	83
<i>Cuadro 3.18. Pregunta conocimiento de los indicadores de mantenimiento</i>	85
<i>Cuadro 3.19. Pregunta indicador de mantenimiento más importante</i>	86
<i>Cuadro 3.21. Número de reparaciones del apilador de caliza, periodo 2011-2013</i>	92
<i>Cuadro 3.22. Costo por reparaciones del apilador de caliza.....</i>	94
<i>Cuadro 3.23. Número de reparaciones de la bomba alimentadora de harina, periodo 2011-2013</i>	96
<i>Cuadro 3.24. Costo de reparaciones de la bomba alimentadora de harina, periodo 2011-2013.....</i>	98
<i>Cuadro 3.25. Número de reparaciones de la chancadora de Clinker, periodo 2011-2013.....</i>	100
<i>Cuadro 3.26. Costo de reparaciones de chancadora de Clinker periodo 2011-2013.....</i>	102
<i>Cuadro 3.27. Número de reparaciones de la chancadora secundaria, periodo 2011-2013</i>	104
<i>Cuadro 3.28. Costo de reparaciones de la chancadora secundaria, periodo 2011-2013.....</i>	106
<i>Cuadro 3.29. Número de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011 – 2013</i>	108
<i>Cuadro 3.30. Costo de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011-2013</i>	110
<i>Cuadro 3.31. Número de reparaciones del elevador de cangilones de Clinker, periodo 2011-2013.....</i>	112
<i>Cuadro 3.33. Numero de reparaciones de la faja transportadora de Caliza</i>	116
<i>Cuadro 3.34. Costo de reparaciones de la faja transportadora de Caliza</i>	118
<i>Cuadro 3.35. Numero de reparaciones Ensacadora Rotativa</i>	120
<i>Cuadro 3.36. Costo de reparaciones Ensacadora Rotativa</i>	122
<i>Cuadro 3.37. Número de reparaciones Horno</i>	124
<i>Cuadro 3.39. Número de reparaciones Molino Vertical de cemento.....</i>	128
<i>Cuadro 3.40. Costo de reparaciones Molino Vertical de Cemento</i>	130
<i>Cuadro 3.41. Número de reparaciones Molino de Carbón.....</i>	132
<i>Cuadro 3.43. Número de reparaciones molino vertical de crudos.....</i>	136
<i>Cuadro 3.44. Costo de reparaciones molino vertical de crudos</i>	138
<i>Cuadro 3.45. Numero de reparación transportador de placas</i>	140
<i>Cuadro 3.46. Costo de reparaciones del transportador de placas.....</i>	142
<i>Cuadro 3.47. Numero de reparaciones ventilador</i>	144
<i>Cuadro 3.48. Costo de reparaciones ventilador.....</i>	146
<i>Cuadro 3.49A.: Análisis de Factores Mediante Grafico de Pareto.</i>	151
<i>Cuadro 3.49B.: Análisis de Factores Mediante Grafico de Pareto.</i>	152
<i>Cuadro 3.50.: Factores Mediante Grafico de Pareto.</i>	153
<i>Cuadro 3.51.: Factores en Porcentaje Acumulado.</i>	154
<i>Cuadro 4.1.: Indicadores.....</i>	158
<i>Cuadro 4.2.: Cuantificación de Indicadores Actuales</i>	159
<i>Cuadro 4.3.: Cuantificación de Indicadores Propuestos</i>	160
<i>Cuadro 4.4.: Diferencia de Indicadores.....</i>	161

INDICE DE GRAFICOS

<i>Grafico 3.1. Resultado pregunta tipos de mantenimiento.....</i>	70
<i>Grafico 3.2. Resultado pregunta aprobación del tipo de mantenimiento.....</i>	71
<i>Grafico 3.4. Resultado pregunta problemas de mantenimiento a nivel</i>	73
<i>Grafico 3.5. Resultado pregunta principales problemas de mantenimiento</i>	74
<i>Grafico 3.6. Resultado pregunta formas de optimizar el mantenimiento.....</i>	75
<i>Grafico 3.7. Resultado concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo</i>	76
<i>Grafico 3.8. Resultado implementación de mantenimiento predictivo.....</i>	77
<i>Grafico 3.9. Resultado personal capacitado para la implementación de mantenimiento predictivo</i>	78
<i>Grafico 3.10. Resultado necesidad personal nuevo o personal existente para implementación de mantenimiento predictivo</i>	79
<i>Grafico 3.11. Resultado posibilidad de prevención de fallas mediante inspección</i>	80
<i>Grafico 3.12. Resultado ahorros generados por la detección temprana de averías</i>	81
<i>Grafico 3.13. Resultado mantenimiento predictivo como oportunidad de confiabilidad al área.....</i>	82
<i>Grafico 3.14. Resultado ahorros por propiciar la produccion continua repercute en las utilidades y/o bonos de productividad.....</i>	83
<i>Grafico 3.16. Resultado conocimiento de los indicadores de mantenimiento</i>	85
<i>Grafico 3.17. Resultado indicador de mantenimiento más importante.....</i>	87
<i>Gráfico 3.18. Número de reparaciones, evaluación trimestral del apilador de caliza, periodo 2011 – 2013</i>	93
<i>Gráfico 3.19. Costo de reparaciones, evaluación trimestral del apilador de caliza, periodo 2011 – 2013.....</i>	95
<i>Grafico 3.20. Número de reparaciones, evaluación trimestral Bomba alimentadora de harina, periodo 2011 – 2013</i>	97
<i>Grafico 3.21. Costo de reparaciones, evaluación trimestral Bomba alimentadora de harina, periodo 2011 – 2013</i>	99
<i>Grafico 3.22. Número de reparaciones de la chancadora de Clinker, periodo 2011-2013.....</i>	101
<i>Grafico 3.23. Costo de reparaciones de la chancadora de Clinker, periodo 2011-2013.....</i>	103
<i>Gráfico 3.24. Número de reparaciones de la chancadora O&K, periodo 2011 – 2013</i>	105
<i>Gráfico 3.25. Costo de reparaciones de la chancadora O&K, periodo 2011-2013</i>	107
<i>Gráfico 3.26. Número de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011-2013</i>	109
<i>Gráfico 3.27. Costo de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011-2013</i>	111
<i>Gráfico 3.28. Número de reparaciones del elevador de cangilones de Clinker.....</i>	113
<i>Gráfico 3.29. Costo de reparaciones del elevador de cangilones de Clinker.....</i>	115
<i>Gráfico 3.30. Número de reparaciones faja transportadora de caliza.....</i>	117
<i>Grafico 3.31. Costo de reparaciones faja transportadora de caliza</i>	119
<i>Grafico 3.32. Numero de reparaciones Ensacadora Rotativa</i>	121
<i>Grafico 3.33. Costo de reparaciones Ensacadora Rotativa.....</i>	123
<i>Grafico 3.36. Número de reparaciones Molino vertical de cemento</i>	129
<i>Gráfico 3.37. Costo de reparaciones de Molino Vertical de Cemento.....</i>	131
<i>Gráfico 3.38. Número de reparaciones Molino de Carbón</i>	133
<i>Gráfico 3.39. Costo de reparaciones del Molino de Carbón.....</i>	135
<i>Gráfico 3.40. Número de reparaciones Molino vertical de crudos</i>	137
<i>Gráfico 3.41. Número de reparaciones Molino vertical de crudos</i>	139
<i>Grafico 3.42. Numero de reparaciones transportador de placas</i>	141
<i>Grafico 3.43. Costo de reparación transportador de placas</i>	143
<i>Grafico 3.44. Numero de reparaciones ventilador.....</i>	145
<i>Grafico 3.45. Costo de reparaciones ventilador.....</i>	147
<i>Gráfico 3.46.: Factores Mediante Grafico de Pareto.....</i>	155
<i>Gráfico 4.1. Condición, deterioro y vida útil de los equipos</i>	173
<i>Grafico 4.4. Amplitud de onda y frecuencia de un espectro</i>	217

INDICE DE ESQUEMAS

<i>Esquema N° 3.1.: Diagrama de Proceso Productivo de La Empresa- Fabricación de Cemento -.....</i>	44
<i>Esquema N° 3.2.: Diagrama de Procesos de La Empresa</i>	45
<i>Esquema N° 3.3. Organigrama General de la Empresa.....</i>	46
<i>Esquema N° 3.4. Organigrama del Área de Mantenimiento</i>	47
<i>Esquema N° 3.5. Procedimiento de Confiabilidad en el mantenimiento – Preventivo</i>	57
<i>Esquema N° 3.6. Confiabilidad en mantenimiento – Lubricación.....</i>	58
<i>Esquema N° 3.7. Programación del mantenimiento</i>	59
<i>Esquema N° 3.8. Ejecución del Mantenimiento.....</i>	60
<i>Esquema 3.9.Flow Sheet Del Proceso de Mantenimiento.....</i>	61
<i>Esquema 3.11. Diagrama de Ishikawa, representación causa-efecto, necesidad de cambiar el tipo de mantenimiento.....</i>	89
<i>Esquema 3.12. Diagrama de Ishikawa, representación causa-efecto, problemas del mantenimiento según datos históricos</i>	149
<i>Esquema 4.1. Metodología de la Propuesta.....</i>	162



INDICE DE IMAGENES

<i>Imagen 4.1. Lámpara estroboscópica.....</i>	<i>178</i>
<i>Imagen 4.2.: Estetoscopio para inspecciones mecánicas</i>	<i>180</i>
<i>Imagen 4.3. Ensayo de líquidos penetrantes en brida.....</i>	<i>189</i>
<i>Imagen 4.4. Funcionamiento del ensayo de partículas magnéticas</i>	<i>192</i>
<i>Imagen 4.5. Esquema general de un proceso UT.....</i>	<i>194</i>
<i>Imagen 4.6: Esquema de longitud de onda.</i>	<i>198</i>
<i>Imagen 4.10. Espectro generado por una toma vibracional.....</i>	<i>213</i>
<i>Imagen 4.11. Microlog Analyzer</i>	<i>219</i>
<i>Imagen: 4.12. Espectro envolvente de la toma vibracional de un equipo.....</i>	<i>220</i>



INDICE ANEXOS

<i>Anexo 1: descripción de equipos de planta.....</i>	239
<i>Anexo 2: Encuesta representación causa-efecto, necesidad de cambiar el tipo de mantenimiento</i>	243
<i>Anexo 3. Encuesta Auditoria de mantenimiento</i>	257
<i>Anexo 4: Metodología de trabajo</i>	259



RESUMEN

Actualmente la empresa en la cual se basa nuestra investigación lleva una planificación del mantenimiento que se basa en fallas anteriores de los equipos, mediante programas de mantenimiento, recurriendo en la mayoría de casos al cambio de piezas dañadas, debido a muchas fallas previstas las que producen retrasos en la producción, alto costo de mantenimiento y pérdida de materia prima en cada proceso, es por esta razón que se debe reformular el tipo de mantenimiento que se realiza ya que al hacer un análisis a nivel de costo y disponibilidad, obtendríamos un resultado no muy favorable.

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina.

Con este tipo de mantenimiento se pronostican las fallas antes de que sucedan y nos entrega tiempo para poder realizar un plan para cambiar o reparar la pieza o equipo antes de que suceda una parada no programada que genere tiempos muertos en las máquinas y que disminuya la vida útil del equipo, esto a todo nivel significa una pérdida de producción y por ende de dinero.

ABSTRACT

Currently the company in which our research is based , leads a maintenance planning based on past failures of equipment, by maintenance programs , using in most cases the change of damaged parts , due to many failures expected , those producing production delays , high maintenance costs and loss of raw material in each process. For this reason we should rethink the type of maintenance that is performed as to make an analysis in terms of cost and availability, we get a not so favorable outcome.

Predictive maintenance is a maintenance is related to a physical variable with wear or state of a machine, With this type of maintenance are forecast failures before they happen and gives us time to make a plan to replace or repair the part or equipment before it happens an unscheduled stop generating machine downtime and decrease life helpful team at every level this means a loss of production and therefore money .

INTRODUCCIÓN

El área de mantenimiento, es una unidad muy importante dentro de la estructura organizativa, su objetivo funcional es: asegurar la mayor confiabilidad de funcionamiento de los equipos para evitar paradas no programadas que afecten la producción de cemento y se generen costos innecesarios.

La mayoría de empresas inicia su proceso de mantenimiento adoptando la opción correctiva, ya que para llegar a aplicar otros tipos de mantenimiento, se necesita de un análisis y estudio de posibilidades para determinar el tipo de mantenimiento más adecuado según el proceso o políticas de la empresa.

El objetivo que persiguen todas las empresas independientemente del tipo de mantenimiento que aplican es el de conservar todos los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento para evitar pérdidas debido a paradas en el proceso productivo.

Actualmente la empresa lleva una planificación del mantenimiento que se basa en fallas anteriores de los equipos, mediante programas de mantenimiento, recurriendo en la mayoría de casos al cambio de piezas dañadas, debido a muchas fallas previstas las que producen retrasos en la producción, alto costo de mantenimiento y pérdida de materia prima en cada proceso, es por esta razón que se debe reformular el tipo de mantenimiento que se realiza ya que al hacer un análisis a nivel de costo y disponibilidad, obtendríamos un resultado no muy favorable.

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

Con este tipo de mantenimiento se pronostican las fallas antes de que sucedan y nos entrega tiempo para poder realizar un plan para cambiar o reparar la pieza o equipo antes de que suceda una parada no programada que genere

tiempos muertos en las máquinas y que disminuya la vida útil del equipo, esto a todo nivel significa una pérdida de producción y por ende de dinero.

Al conocer prematuramente los daños que se ocasionarían mediante una inspección, aseguramos la disponibilidad de las máquinas y le entregamos confiabilidad al área de mantenimiento ya que nuestros clientes, que en este caso es el área de procesos, podrá manejar una producción continua y confiable, sabiendo que los equipos no fallaran y alcanzar así las metas de producción que La empresa y el mercado demandan.

La realización de la presente investigación tiene como propósito lograr en La Empresa una ventaja competitiva sostenible a través del tiempo.

Es importante llevar a cabo esta investigación ya que La Empresa cuenta con la capacidad para poder aprovechar las oportunidades que se presentan en la actualidad, pero debido a costumbres y formas de trabajo ya adoptadas, que han sido ejecutadas a lo largo de los años, no se pudo lograr.

Se busca lograr un mantenimiento predictivo que logre llevar a la empresa a tener una ventaja competitiva frente a su competencia aprovechando las oportunidades propias como La Empresa, manteniendo en todo momento una producción continua como primer ventaja y para maximizar la vida útil de los equipos de planta que forman parte del patrimonio como segunda ventaja.

Se quiere realizar una propuesta de mejora en el mantenimiento que se realiza en una empresa cementera mediante la implementación del mantenimiento predictivo y con esta, demostrar porque es conveniente realizar esta implementación y cuales con las ventajas que se obtendrían a nivel de tiempo, costo y continuidad en la producción.

Uno de los objetivos es preparar herramientas e implantar técnicas de mantenimiento que aseguren la disponibilidad y confiabilidad de los equipos a todo nivel para maximizar la rentabilidad de la empresa.

Se pretende implantar técnicas de monitoreo mundialmente utilizadas para eliminar el mantenimiento correctivo que no es viable en la mayoría de casos debido a los altos costos de mantenimiento y las paradas de producción no programadas.



1. CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. **PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿De qué manera una propuesta de mantenimiento predictivo puede mejorar la gestión del área de mantenimiento en una empresa cementera en el sur del Perú?

1.1.1. **Descripción del Problema**

La empresa sobre la cual se fundamentara la presente investigación, produce cemento de diferentes tipos, a partir de caliza como principal materia prima, en el sur del Perú, cuyo producto es distribuido a todo el país y a diferentes países de Sudamérica.

El área de mantenimiento, es una unidad muy importante dentro de la estructura organizativa, su objetivo funcional es: asegurar la mayor confiabilidad de funcionamiento de los equipos para evitar paradas no programadas que afecten la producción de cemento y se generen costos innecesarios.

La mayoría de empresas inicia su proceso de mantenimiento adoptando la opción correctiva, ya que para llegar a aplicar otros tipos de mantenimiento, se necesita de un análisis y estudio de posibilidades para determinar el tipo de mantenimiento más adecuado según el proceso o políticas de la empresa.

El objetivo que persiguen todas las empresas independientemente del tipo de mantenimiento que aplican es el de conservar todos los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento para evitar pérdidas debido a paradas en el proceso productivo.

Actualmente la empresa lleva una planificación del mantenimiento que se basa en fallas anteriores de los equipos, mediante programas de mantenimiento, recurriendo en la mayoría de casos al cambio de piezas dañadas, debido a muchas fallas previstas las que producen retrasos en la

producción, alto costo de mantenimiento y pérdida de materia prima en cada proceso, es por esta razón que se debe reformular el tipo de mantenimiento que se realiza ya que al hacer un análisis a nivel de costo y disponibilidad, obtendríamos un resultado no muy favorable.

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

Con este tipo de mantenimiento se pronostican las fallas antes de que sucedan y nos entrega tiempo para poder realizar un plan para cambiar o reparar la pieza o equipo antes de que suceda una parada no programada que genere tiempos muertos en las máquinas y que disminuya la vida útil del equipo, esto a todo nivel significa una pérdida de producción y por ende de dinero.

Al conocer prematuramente los daños que se ocasionarían mediante una inspección, aseguramos la disponibilidad de las máquinas y le entregamos confiabilidad al área de mantenimiento ya que nuestros clientes, que en este caso es el área de procesos, podrá manejar una producción continua y confiable, sabiendo que los equipos no fallaran y alcanzar así las metas de producción que La empresa y el mercado demandan.

1.1.2. Justificación del Problema

La realización de la presente investigación tiene como propósito lograr en La Empresa una ventaja competitiva sostenible a través del tiempo.

Es importante llevar a cabo esta investigación ya que La Empresa cuenta con la capacidad para poder aprovechar las oportunidades que se presentan en la actualidad, pero debido a costumbres y formas de trabajo ya adoptadas, que han sido ejecutadas a lo largo de los años, no se pudo lograr.

Se busca lograr un mantenimiento predictivo que logre llevar a la empresa a tener una ventaja competitiva frente a su competencia aprovechando las oportunidades propias como La Empresa, manteniendo en todo momento una producción continua como primer ventaja y para maximizar la vida útil de los equipos de planta que forman parte del patrimonio como segunda ventaja.

1.1.3. Tipo del Problema de Investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo no experimental con características descriptivas y explicativas, lo cual permite diagnosticar y evaluar el problema planteado por lo que de esta manera se puede proponer lineamientos para identificación y análisis del problema en estudio y la propuesta de la implementación de un mantenimiento predictivo que permita la mejora en la gestión que se lleva actualmente.

1.1.4. Campo, Área y Línea

Campo : Producción

Área : Gestión de Mantenimiento

Línea : Mantenimiento Predictivo

1.1.5. Interrogantes Básicas

- ¿Qué tipo de mantenimiento se tiene actualmente en La Empresa?
- ¿Qué problemas se presentan con el tipo de mantenimiento actual?
- ¿Existe la necesidad de migrar a un mantenimiento predictivo?
- ¿Cuál sería el costo de implementar un mantenimiento predictivo?
- ¿Qué mejoras ofrece un mantenimiento predictivo?
- ¿Qué beneficios se obtendrían con la implementación de un mantenimiento preventivo en La Empresa?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Lograr una mejora en la gestión de mantenimiento de una empresa cementera, mediante la implementación del mantenimiento predictivo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar cómo se realiza la gestión de mantenimiento en la empresa y explicar los pros y contras que trae consigo.
- Evaluar el tipo de mantenimiento que se realiza actualmente, esto con el objetivo de demostrar que este tipo de mantenimiento puede mejorarse a nivel de calidad de trabajo, disponibilidad de los equipos, disminución de los tiempos de parada de producción y reducción de costos.

- Diseñar un plan para poder implementar el mantenimiento predictivo y demostrar porque este método es más efectivo al convertirse en una ventaja competitiva para la empresa.
- Analizar la repercusión y la fiabilidad que tiene la implementación del mantenimiento predictivo en la empresa, así como evaluar las ventajas que tendría el proceso al implementar este tipo de mantenimiento, para evitar las pérdidas de producción y demostrar como el mantenimiento predictivo es más efectivo y representa un menor costo a todo nivel.

1.3. Justificación

El presente estudio tiene un carácter multifuncional: alcanzar el objetivo final de la forma más eficiente posible lo cual no depende sólo de una función o responsabilidad de La Empresa sino que es el resultado de aunar los esfuerzos de las distintas áreas de La Empresa. De ahí la necesidad de contemplar todo el proceso de mantenimiento desde la perspectiva estratégica de La Empresa.

Se tiene acceso total y fiable a la información necesaria para la investigación. Las fuentes de información disponibles para el desarrollo de la propuesta son:

Fuentes primarias: Data de La Empresa, Observación directa, Entrevistas y Cuestionarios

Fuentes secundarias: Documentos bibliográficos, Datos de gestión del sector productivo y comercial en Arequipa

Debido a que el presente estudio lo realizaré íntegramente sin ayuda y por tener acceso a la información de empresas, el presente estudio

será subvencionado por mi persona, de modo que este estudio es considerado económicamente factible para su realización

1.4. Variables e Indicadores

Cuadro 1.1. Variables e Indicadores

VARIABLES	INDICADORES	SUB INDICADORES
Variable Independiente Mantenimiento Predictivo	Gestión de mantenimiento	Planificación del mantenimiento predictivo
	Análisis de fallas	Modo de fallas
		Histórico de averías
	Monitoreo de condición	Análisis de vibraciones
		Termografía
		Ultrasonido
		Ensayos no destructivos
		Videos copia
		Análisis de aceites y lubricantes
		Medición del desempeño de equipos
	Inspecciones	Estetoscopio
		Rutas de inspección visual en paro y marcha
		Gamas inspectivas
Variable dependiente Mejora del mantenimiento en una Empresa Cementera	Costos	Ahorros al evitar paradas no programadas
		Rentabilidad de la empresa
		Producción continua
	Tiempos	Mantenimiento efectivo
		Respuesta del personal
		Alerta temprana de fallas
	Confiabilidad	Evitar fallas que retrasen la producción continua
		Asegurar y maximizar la vida útil de los equipos
	Disponibilidad	Asegurar la disponibilidad de trabajo de los equipos

Fuente: Elaboración Propia

1.5. Hipótesis

Dada la situación actual en la que se encuentra la empresa; Es posible que la implementación de un mantenimiento predictivo ayude a la misma a lograr una ventaja competitiva como es la minimización de costos, asegurar la disponibilidad de los equipos y maximizar la vida útil de las maquinas, asegurando su sostenibilidad en el tiempo.

1.6. Alcances

1.6.1. ¿Qué se quiere hacer?

Se quiere realizar una propuesta de mejora en el mantenimiento que se realiza en una empresa cementera mediante la implementación del mantenimiento predictivo y con esta, demostrar porque es conveniente realizar esta implementación y cuales con las ventajas que se obtendrían a nivel de tiempo, costo y continuidad en la producción.

Uno de los objetivos es preparar herramientas e implantar técnicas de mantenimiento que aseguren la disponibilidad y confiabilidad de los equipos a todo nivel para maximizar la rentabilidad de la empresa.

Se pretende implantar técnicas de monitoreo mundialmente utilizadas para eliminar el mantenimiento correctivo que no es viable en la mayoría de casos debido a los altos costos de mantenimiento y las paradas de producción no programadas.

1.6.2. ¿Dónde se va a realizar el estudio?

El estudio se realizara en una empresa productora de Clinker y cemento del sur del país que trabaja las 24 horas del día, con altas metas de producción ante una gran demanda en el mercado Peruano.

1.6.3. ¿Cuánto tiempo va a demorar el estudio?

Se considera que el tiempo total destinado para la recolección de datos y análisis de la información será de aproximadamente 3 meses.

1.7. Planeamiento operacional

1.7.1. Técnicas

Con la finalidad de recopilar los datos necesarios y extraer información para la investigación del problema objeto de estudio, se utilizarán instrumentos como entrevistas, cuestionarios, inspección de registros (revisión en el sitio) y observación. Estas técnicas servirán para complementar el trabajo y ayudar a asegurar una investigación completa.

Es así, que para tener una visión más concreta del funcionamiento de los instrumentos para la recolección de datos, estos serán explicados brevemente.

1.7.2. Instrumentos

1.7.2.1. Entrevista

La entrevista estará dirigida a las personas de mantenimiento y procesos.

Se realizaran entrevistas escritas, tomando como entrevistados a personas con diferentes cargos, tales como mecánicos, eléctricos y electrónicos, supervisores, operadores de campo, lideres e inspectores.

Este método lo utilizaremos para brindar un diagnostico general de la visión que tiene el personal de mantenimiento acerca de la gestión que se realiza actualmente, ya que ellos como protagonistas del

trabajo conocen el proceso en su totalidad, así como también las mejoras que podrían implementarse y cuáles son los puntos débiles que se tienen.

La forma de realizar esta entrevista será mediante cuestionarios, que detallamos a continuación. Sabemos que este tipo de recolección de datos no es muy precisa, pero la estamos utilizando solo con el fin de obtener una visión general del estado de la gestión de mantenimiento.

1.7.2.2. Cuestionario

Es necesario mencionar que este debe diseñarse con sumo cuidado para que tengan la utilidad que se espera.

Cuestionario Cerrado

Se realizara un cuestionario que se utilizara como auditoria interna de mantenimiento con el objetivo de saber cuáles son los puntos de mejora del mantenimiento.

Otro objetivo de este cuestionario es de tentar si es que actualmente se siente la necesidad de implementar otro tipo de mantenimiento, desde el punto de visto operativo y de mantenimiento, dependiendo de la visión que tienen las personas de la efectividad que tiene el método actual.

1.7.2.3. Observación

Realizaremos observaciones en las diferentes paradas programas y no programadas, para así poder tener un registro de las averías, fallas y tiempos de reparación de las mismas, así como también el retraso en la

producción que se genera, la cual se ve reflejada en términos de pérdida económica.

Se observara también el deterioro que recibe un equipo al no existir una forma de alerta temprana de fallas, el objetivo aquí, es demostrar que la vida útil del equipo disminuye por fallas críticas.

1.7.2.4. Análisis documental

Se realizara un análisis de la información con la que se cuenta actualmente, en este caso tenemos:

Informes de trabajo de reparaciones

Informes de avance de paradas programadas

Informes de averías

Analizaremos los informes mencionados anteriormente, todos del periodo 2013, esto con el objetivo de tener información real y concisa de los principales acontecimientos realizados al mantenimiento en el año en curso.

1.7.3. Población

Tomaremos como informantes el mayor número posible de las personas involucradas en la gestión de mantenimiento, entre ellos tendremos:

Planificadores y asistentes de planificación.

Ejecutores especialistas, mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Supervisor de inspectores, inspectores y lubricadores.

Ingenieros Trainee

Líderes de Planificación y ejecución

Colabores del área de operaciones que tienen contacto directo con el personal de mantenimiento, para obtener una visión externa del trabajo que se realiza.

Se entrevistara al grupo de personas mencionada para que realicen la encuesta que se mencionó anteriormente y así tener el primer diagnóstico general de la gestión de mantenimiento.

1.7.4. Estrategia

Se formularán estrategias con la finalidad de estructurar el mecanismo de la investigación

1.7.4.1. Contacto con la zona de estudio

- Preparar los instrumentos para la toma de datos mencionados anteriormente (cuestionarios, entrevistas, observación).
- Coordinar con los miembros de los equipos de mantenimiento y procesos para poder acompañarlos en su labor diaria y para la recolección de datos.

1.7.4.2. Toma de datos

- Se va a realizar un diagnóstico de acuerdo a las características de la investigación. La recolección deberá ser integral tratando de profundizar el problema a investigar.
- Se realizará la recopilación de datos cumpliendo el rol de fechas establecido por los responsables de la empresa y el investigador.
- Estos datos serán clasificados por fecha y por población.

1.7.4.3. Análisis y procesamiento de Datos

El procesamiento o tratamiento de datos se realizara mediante la aplicación de técnicas e instrumentos antes indicados, recurriendo a las fuentes e informantes también indicados anteriormente, serán incorporados al

MS Office Excel y con ellos se harán gráficos con precisiones porcentuales, prelaaciones, tablas, etc. donde se tratara toda la información obtenida con el objetivo de tener evidencia para poder diseñar nuestro plan de mejora.

Se determinará cuáles son los pros y contras de la investigación y el análisis a los resultados.

1.7.5. Criterios para el manejo de resultados

Con respecto a la información tratada, que presentaremos en forma de tablas, gráficos, cuadros o resúmenes, se realizara un análisis para poder obtener apreciaciones objetivas acerca del problema.

Estas apreciaciones se usaran como premisas para contrastar nuestra hipótesis global y así nos dará una base para poder formular nuestra conclusión general.

Las conclusiones fundamentaran las recomendaciones de esta investigación.

Los resultados obtenidos serán fundamentales para su posterior análisis, es por eso que estos deberán ser tomados con sumo cuidado y llevados a análisis utilizando métodos que permitan entender la situación actual y en consecuencia poder generar un planeamiento estratégico que cumpla con los objetivos propios del área de mantenimiento.

1.7.6. Cronograma de trabajo

Cuadro 1.2. Cronograma de trabajo

ACTIVIDADES	DICIEMBRE		FEBRERO		ABRIL		JUNIO		JULIO		AGOSTO													
	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS	SEMANAS												
	1	2	3	4	9	10	11	12	17	18	19	20	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1. Elaboración del plan de investigación																								
2. Elaboración y prueba de los instrumentos																								
3. Recolección de datos e información																								
4. Tratamiento de los datos e información																								
5. Análisis de la información																								
6. Contratación de hipótesis y formulación de conclusiones																								
7. Formulación de propuestas de solución																								
8. Elaboración del informe final (borrador)																								
9. Correcciones del informe final																								
10. Realización de trámites académicos y pagos																								
11. Presentación de los borradores																								
12. Corrección de los borradores (*)																								
13. Presentación oficial de la tesis (**)																								
14. Sustentación de la tesis (***)																								

(*) Fecha depende del tiempo dado por la Universidad

(**) Fecha determinada por la Universidad

(***) Fecha determinada por la universidad

Fuente: Elaboración propia



2. CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Mantenimiento

¿Qué es mantenimiento?

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.

Debemos también revisar el criterio de mantenibilidad que se refiere a las principalmente a las propiedades de diseño, análisis, predicción y demostración, que ayudan a determinar la efectividad con la que un equipo puede ser mantenido o restaurado para estar en condiciones de uso u operación. La mantenibilidad es conocida también conocida como la capacidad para restaurar efectivamente un producto.¹

Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de 3 formas:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo.

Algunas fuentes manejan otras alternativas de mantenimiento pero principalmente estos mencionados anteriormente, forman las raíces de los diferentes tipos de mantenimiento manejados en las demás áreas más específicas.

De los diferentes tipos o variaciones del mantenimiento se nombrarán y definirán las más importantes para posteriormente

analizar específicamente el Mantenimiento Preventivo únicamente.

2.1.2. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento es aquella acción por medio de la cual se busca mejorar ciertos aspectos relevantes en un determinado establecimiento como la seguridad, confort, productividad, higiene, imagen, etcétera. Existen cuatro tipos de mantenimientos:

2.1.2.1. **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso productivo se detiene, por lo que disminuyen las cantidades de horas productivas. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo.²

VENTAJAS

- Si el equipo está preparado, la intervención en el fallo es rápido y la reposición en la mayoría de casos será con el mínimo tiempo de respuesta.
- No se necesita una gran infraestructura, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria, la experiencia y pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

DESVENTAJAS

- Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.
- Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención y a la prioridad de reponer antes de reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia ya que este tipo de intervenciones generan otras al cabo del tiempo por mala reparación, por lo tanto será difícil romper con la inercia.

CARACTERISTICAS

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

2.1.2.2. Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento

sí es predecible con respecto a los costos que implicará así como también el tiempo que demandará.³

VENTAJAS

- Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico con lleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.
- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

DESVENTAJAS

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

CARACTERISTICAS

- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

2.1.2.3. Mantenimiento Predictivo

Con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica, de la máquina mientras esta está en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimientos se disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos. Así, se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción.⁴

VENTAJAS

- La intervención en el equipo o cambio de un elemento.
- Nos obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

DESVENTAJAS

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.
- Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
- Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

TECNICAS UTILIZADAS

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termo visión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

2.1.2.4. Mantenimiento Proactivo

Esta clase de mantenimiento está asociada a los principios de colaboración, sensibilización, solidaridad, trabajo en equipo, etcétera, de tal forma que quienes estén directa o indirectamente involucrados, deben estar al tanto de los problemas de mantenimiento. Así, tanto los técnicos, directivos, ejecutivos y profesionales actuarán según el cargo que ocupen en las tareas de

mantenimiento. Cada uno, desde su rol, debe ser consciente de que deben responder a las prioridades del mantenimiento de forma eficiente y oportuna. En el mantenimiento proactivo siempre existe una planificación de las operaciones, que son agregadas al plan estratégico de las organizaciones. Además, periódicamente se envían informes a la gerencia aclarando el progreso, los aciertos, logros y errores de las actividades.⁵

2.1.3. Administración del mantenimiento

Primero que nada, es necesario realizar un plan de mantenimiento, el cual es un documento que puede servir de diferentes propósitos de acuerdo a la función del mantenimiento. Este trabajo requiere una gran cantidad de trabajo documental y al momento iniciar la actividad es necesario estar enterado de todas las actividades realizadas.⁶ Los datos típicos a revisar, contenidos en un plan de mantenimiento son los siguientes:

- **Instalación.-** ¿Quién instalará y controlará, los equipos?
- **Ambiente.-** ¿Existe alguna temperatura o humedad específica o límite que controlar?
- **Frecuencia del Mantenimiento.-** ¿Que tan seguido será requerido el mantenimiento?
- **Entrenamiento.-** ¿Qué arreglos necesitan ser hechos para el entrenamiento de ingeniería del mantenimiento para los usuarios?
- **Herramientas y Equipos.-** ¿Qué elementos especiales son requeridos y de donde pueden ser obtenidos?
- **Documentación del Mantenimiento.-** ¿Qué documentación es necesaria tener en cuenta?

- **Partes y Materiales.-** ¿Qué es necesario tener para mantener un abasto que garantice las acciones deseadas?
- **Configuración del Control.-** ¿Será necesario realizar algún cambio de equipos, el abasto de partes o la documentación? ¿De qué forma se podrán documentar e identificar los cambios?

2.1.1. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.⁷

2.1.3.1. Organización para el mantenimiento predictivo

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES.

Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad, el paso siguiente es determinar la o las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas comúnmente

usadas en el monitoreo según condición, de manera que sirvan de guía para su selección general. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

Por monitoreo, se entendió en sus inicios, como la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de la máquina y su comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o deteriorada. Con la actual automatización de estas técnicas, se ha extendido la acepción de la palabra monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

- Vigilancia de máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- Protección de máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más Podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, sea, esto mediante vibroanálisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc.

Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales tenemos las siguientes:

1. Análisis de vibraciones.

El interés de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

Parámetros de las vibraciones.

- Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.
- Velocidad y Aceleración: Como valor relacional de los anteriores.

- Dirección: Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales

Tipos de vibraciones.

- Vibración libre: causada por un sistema vibra debido a una excitación instantánea.
- Vibración forzada: causada por un sistema vibra debida a una excitación constante las causas de las vibraciones mecánicas
- A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.
- Vibración debida al Desequilibrado (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa)
- Vibración debida a la Excentricidad (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la Falla de Rodamientos y cojinetes.
- Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

2. Análisis de lubricantes.

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o Lubricante, según:

- Contaminación con agua
- Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
- Uso de un producto inadecuado

Equipos

- Bombas de extracción
- Envases para muestras
- Etiquetas de identificación
- Formatos

Este método asegura que tendremos:

Máxima reducción de los costos operativos.

Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.

Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.

Mínima generación de efluentes.

En cada muestra podemos conseguir o estudiar los siguientes factores que afectan a nuestra maquina:

Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.

Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.

Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.

Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.

Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

De este modo, mediante la implementación de técnicas ampliamente investigadas y experimentadas, y con la utilización de equipos de la más avanzada tecnología, se logrará disminuir drásticamente:

- Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.
- Desgaste de las máquinas y sus componentes.

- Horas hombre dedicadas al mantenimiento.

3. Análisis por ultrasonido.

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos.

Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada. Para ver el gráfico seleccione la opción "Descargar" del menú superior

El Ultrasonido permite:

Detección de fricción en máquinas rotativas.

Detección de fallas y/o fugas en válvulas.

Detección de fugas de fluidos.

Pérdidas de vacío.

Detección de "arco eléctrico".

Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Se denomina Ultrasonido Pasivo a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 KHz Frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido

en 40 KHz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM.

Al igual que en el resto del mundo industrializado, la actividad industrial en nuestro País tiene la imperiosa necesidad de lograr el perfil competitivo que le permita insertarse en la economía globalizada. En consecuencia, toda tecnología orientada al ahorro de energía y/o mano de obra es de especial interés para cualquier Empresa.

4. Termografía.

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Para ver el gráfico seleccione la opción "Descargar" del menú superior

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

- Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:
- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

5. Análisis por árbol de fallas.

El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Nació en la década de los años 60 para la verificación de la fiabilidad de diseño del cohete Minuteman y ha sido ampliamente utilizado en el campo nuclear y químico. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

La técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la

expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoniaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc. Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol superior.

6. Análisis FMECA.

Otra útil técnica para la eliminación de las características de diseño deficientes es el análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA); o análisis de modos de fallos y efectos críticos (FMECA)

La intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

El FMEA define la función como la tarea que realiza un componente --por ejemplo, la función de una válvula es abrir y cerrar-- y los modos de fallo son las formas en las que el componente puede fallar. La válvula fallará en la apertura si se rompe su resorte, pero también puede tropezar en su guía o mantenerse en posición de abierta por la leva debido a una rotura en la correa de árbol de levas.

La técnica consiste en evaluar tres aspectos del sistema y su operación:

Condiciones anticipadas de operación, y el fallo más probable.

Efecto de fallo en el rendimiento.

Severidad del fallo en el mecanismo.

La probabilidad de fallos se evalúa generalmente en una escala de 1 a 10, con la criticidad aumentando con el valor del número.

Esta técnica es útil para evaluar soluciones alternativas a un problema pero no es fácil de usar con precisión en nuevos diseños.

El FMEA es útil para evaluar si hay en un ensamble un número innecesario de componentes puesto que la interacción de un ensamble con otro multiplicará los efectos de un fallo. Es igualmente útil para analizar el producto y el equipo que se utiliza para producirlo.

El FMEA, ayuda en la identificación de los modos de fallo que es probable que causen problemas de uso del producto. Ayuda también a eliminar debilidades o complicaciones excesivas del diseño, y a identificar los componentes que pueden fallar con mayor probabilidad. Su empleo no debe confinarse al producto que se desarrolla por el grupo de trabajo. Puede también usarse eficazmente para evaluar las causas de parada en las máquinas de producción antes de completar el diseño.



3. CAPITULO III DIAGNOSTICO SITUACIONAL

En el presente capítulo analizaremos las características del Área de mantenimiento y el proceso que se lleva a cabo en esta área, en una Empresa Cementera nacional, a quien llamaremos “La Empresa”, con el objetivo de conocer la problemática del área y así poder establecer una solución a dicha problemática.

3.1. LA EMPRESA

3.1.1. Descripción General del Rubro de la Empresa

Fabricación y comercialización de Cementos Portland, Cementos puzolánicos, especiales con adiciones, concretos y premezclados, todos dirigidos al sector de la construcción.

3.1.2. Actividad Principal

La Empresa se dedica a la producción y venta de cemento, incluyendo las actividades de extracción y molienda de los minerales metálicos y no metálicos, preparación, procesamiento y transporte desde sus canteras hasta la planta de producción ubicada en el departamento de Arequipa; así como la realización de todas las actividades mineras, industriales y comerciales vinculadas a dicho objeto, incluyendo la comercialización interna y externa de su producto.

Las operaciones de La Empresa se realizan a través de dos divisiones: cementos y concretos.

División Cementos:

La división de cementos produce cuatro variedades de cemento Pórtland y una de cemento Puzolánico. Las variedades difieren entre sí por la mezcla de clinker, yeso y puzolana, así como el uso que tiene cada una de ellas y las propiedades que le otorga cada una de las mezclas y tipos de procesos. Anteriormente se

dedicaba también a la producción de Cal en uno de sus hornos y a la respectiva comercialización de esta; sin embargo, esta producción se encuentra detenida por el momento, quedando la producción de cemento como única actividad.

Los productos que tenemos son los siguientes:

Productos:

Cemento IP

Cemento HE

Cemento HS.

Cemento Portland.

División Concretos

Está dedicada a la producción de concreto premezclado con tecnología de punta, en diversas variedades y modelos, para atender la zona sur del Perú.

Servicios:

Antes del Proceso

Durante el Proceso

Después del Proceso

Servicios de Laboratorio para Concretos

Control de Calidad de Agregados:

Control de Calidad de Concreto Fresco en Obra

Curado y Ensayos de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto Endurecido

Productos:

Concreto F'c= 100 kg/cm²

Concreto F'c= 120 kg/cm²

Concreto F'c= 140 kg/cm²

Concreto F'c= 175 kg/cm²

Concreto F'c= 210 kg/cm²

Concreto F'c= 245 kg/cm²

Concreto $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Concretos de resistencia $F'c > 300 \text{ kg/cm}^2$

Concreto con superplastificantes

Concretos para pavimentos controlados por flexión

Concreto de baja permeabilidad

Concreto de fraguado retardado

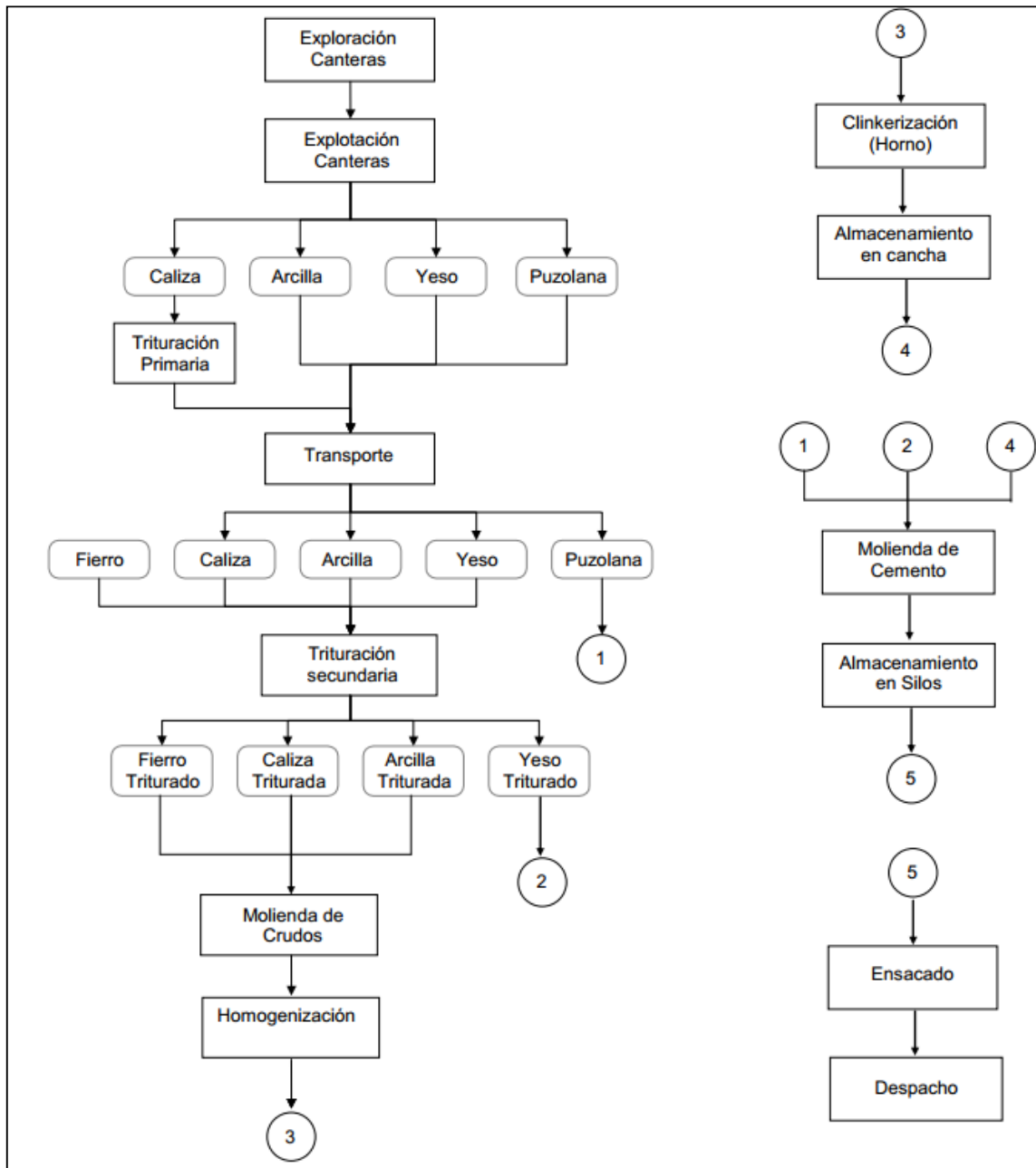
Concreto de fraguado acelerado

Concreto de alta resistencia

Concreto de resistencia acelerada

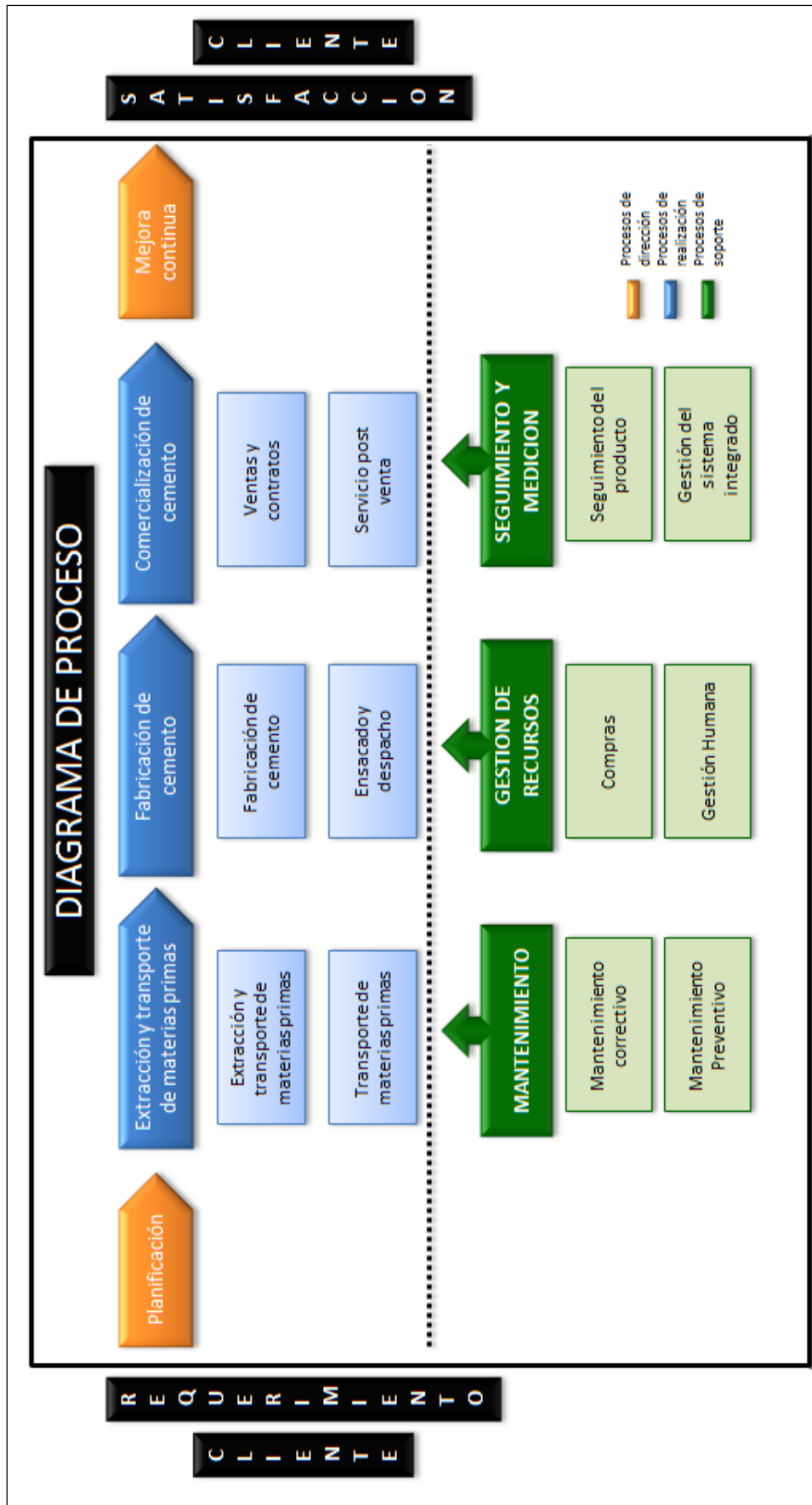


Esquema N° 3.1.: Diagrama de Proceso Productivo de La Empresa-
Fabricación de Cemento -



Fuente: La Empresa

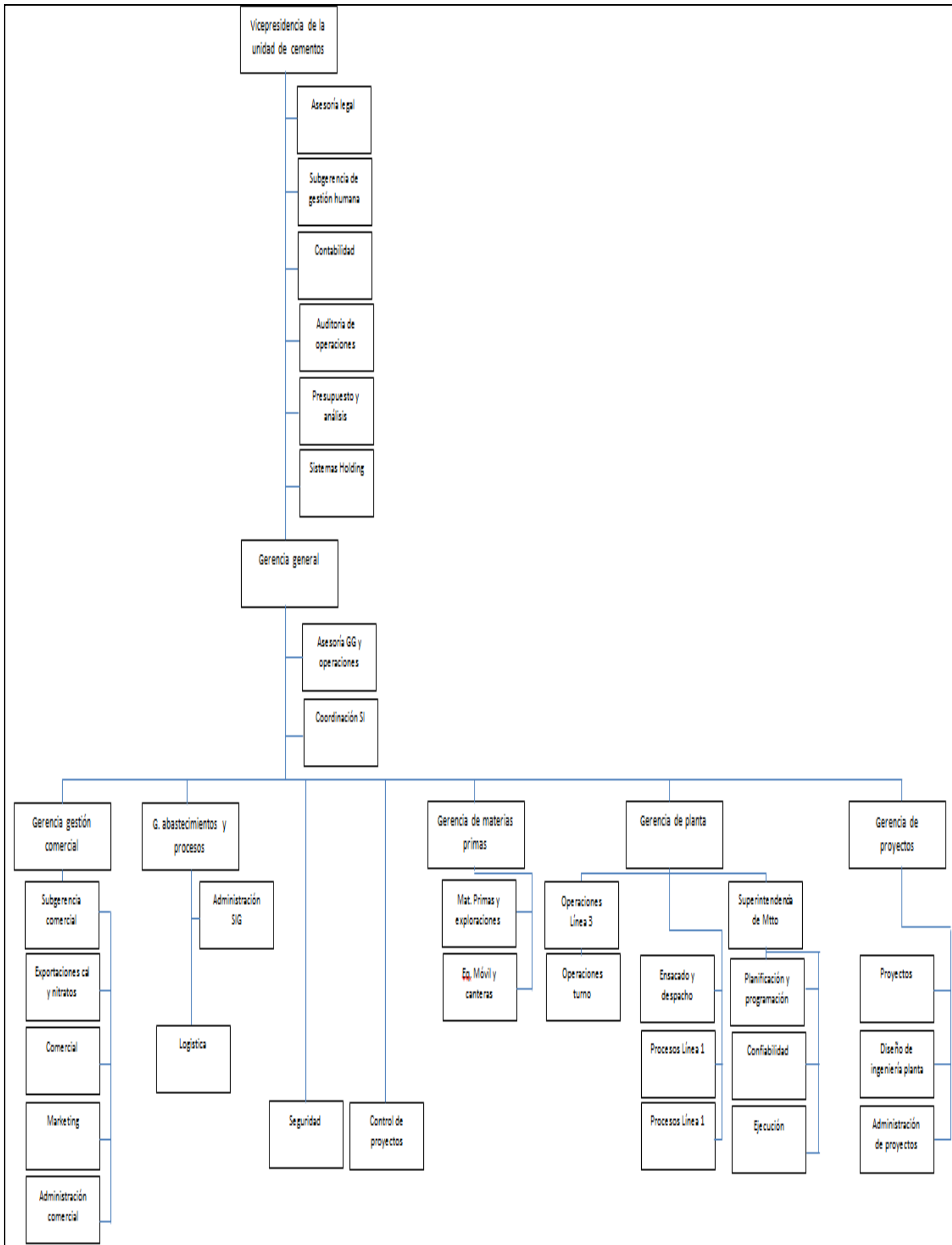
Esquema N° 3.2.: Diagrama de Procesos de La Empresa



Fuente: La Empresa

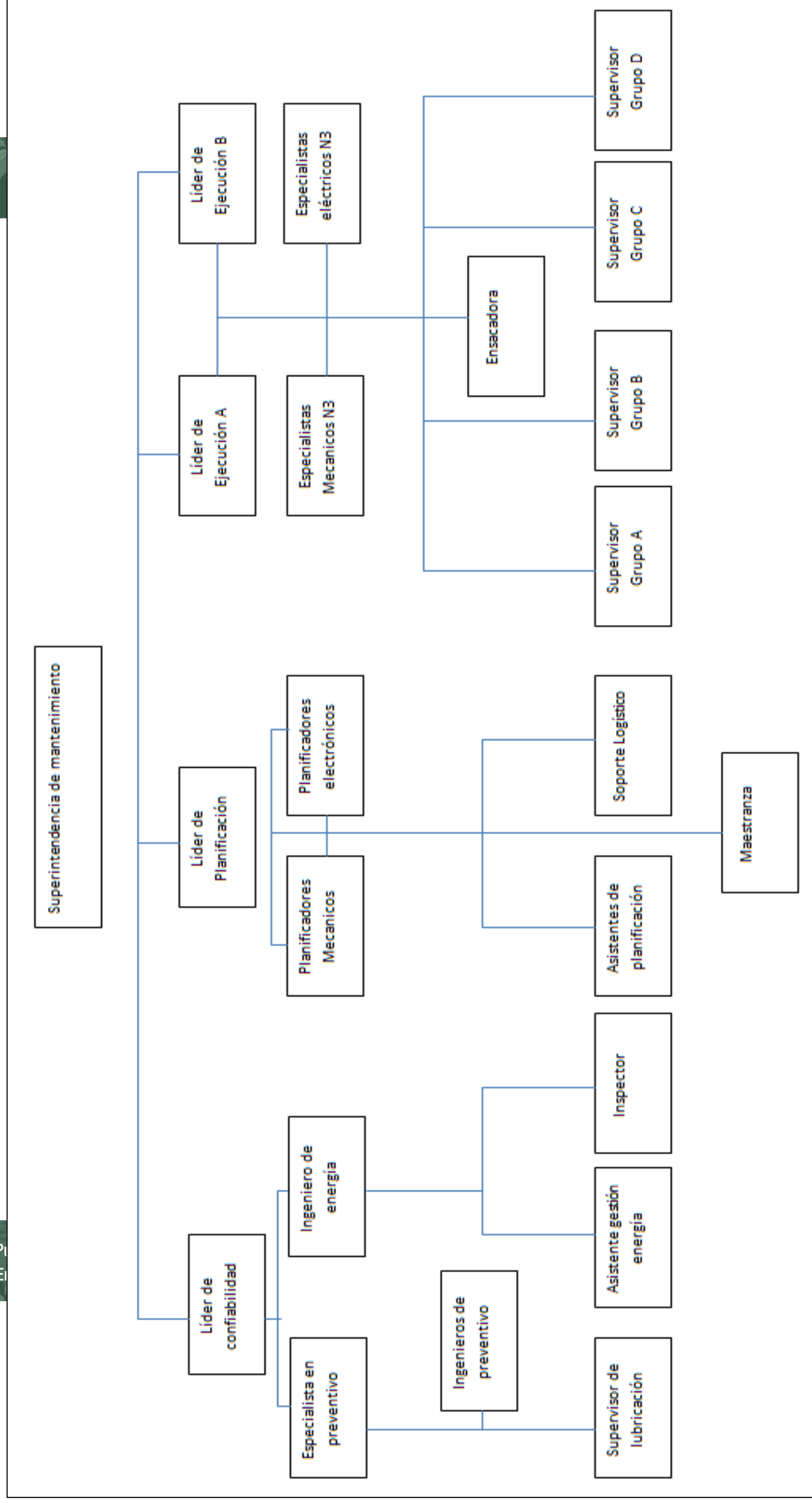
3.1.3. Organización

Esquema N° 3.3. Organigrama General de la Empresa



Fuente: La Empresa

Esquema N° 3.4. Organigrama del Área de Mantenimiento



Fuente: La Empresa

3.1.4. Descripción de Áreas Funcionales

Cuadro 3.1. Descripción de Áreas Funcionales

Área	Descripción Funcional
Confiabilidad	<p>Realizar el mantenimiento preventivo a los equipos de planta y descubrir fallas para ser programadas para reparación. Gestionar el programa de lubricación.</p> <p>Elaborar avisos de avería, alineamiento de motores y balanceo de ventiladores.</p>
Planificación	<p>Elaborar planes de mantenimiento y coordinar con el área de procesos la programación de las paradas de los equipos para realizar los planes y reparaciones necesarias, coordinar los recursos materiales y humanos para cada tarea.</p>
Ejecución	<p>Cumplir y ejecutar el programa de mantenimiento elaborado por planificación, cumpliendo al 100% con las reparaciones, montajes y renovaciones y coordinar con el área de procesos para el arranque de los equipos una vez que estos se encuentren en óptimas condiciones de trabajo.</p> <p>Administrar las ordenes de mantenimiento, notificar indecentes y horas trabajadas.</p>

Fuente: La Empresa

3.2. ANÁLISIS DE PROCESOS

3.2.1. Descripción del Proceso de Mantenimiento

3.2.1.1. Proceso de Mantenimiento Preventivo - Confiabilidad

Garantizar que el mantenimiento preventivo se lleve a cabo en la planta, generando el programa de lubricación para evitar fallas en los equipos, elaborar avisos de avería de equipos que fallan para que se pueda proceder a realizar la programación para reparaciones.

RESPONSABILIDADES

El ingeniero de confiabilidad es el encargado de elaborar el programa de inspección donde se recorrerá la planta en busca de fallas o averías.

El ingeniero de confiabilidad elabora también el programa de lubricación.

El ingeniero de mantenimiento preventivo se encarga de tomar el programa de inspección y distribuir los recursos tanto humanos como materiales para cumplir los programas y una vez obtenido los resultados de las averías dadas por los especialistas, comunicar a planificación para que elabore el programa de reparación.

El ingeniero de mantenimiento preventivo distribuye recursos para cubrir el programa de lubricación y además revisa que el stock de aceites y lubricantes se encuentre disponible.

El especialista en mantenimiento preventivo recibe el programa de inspecciones y recorre la planta detectando fallas y documentándolas para posteriormente elaborar un informe que se le entrega al ingeniero de mantenimiento preventivo.

El especialista genera avisos de avería en el sistema SAP con las fallas detectadas.

El supervisor de lubricación recibe el programa de lubricación y a su vez revisa que los aceites y lubricantes estén disponibles para distribuirlos.

Los lubricadores se encargan de ejecutar el programa de lubricación.

PROCEDIMIENTO

Sobre el programa de inspecciones:

Se elabora un programa de inspecciones que contempla en él, los equipos principales y más importantes de la planta, este programa entrega indicaciones y lineamientos de las partes críticas que se deben inspeccionar en cada equipo.

Se realiza la división del programa y se le entrega al ingeniero de mantenimiento preventivo para su revisión y posterior distribución a los especialistas para ejecutar dicho programa.

Luego de ser revisado y validado, el programa es distribuido a los especialistas en mantenimiento para que lo ejecuten.

Se generan avisos de avería en el sistema SAP, indicando el equipo y tipo de avería que presente.

En caso no se cuente con usuario SAP, solicitar al ingeniero en mantenimiento preventivo, mediante mail, la generación del aviso.

Se elabora un informe diario donde se registran las fallas detectadas, por equipo y se adjuntan los números de los avisos de avería que arroja el sistema.

Sobre el programa de lubricación:

El programa de lubricación es elaborado por el ingeniero de confiabilidad, donde se indican los principales equipos a atacar y las partes a lubricar.

El programa de lubricación elaborado es revisado y validado por el ingeniero de mantenimiento preventivo que a su vez debe distribuirlo al supervisor de lubricación para ejecutar las tareas.

El programa es entregado al supervisor de lubricación quien se encarga de revisar los materiales e insumos que se necesitan para cubrir el programa, genera las reservas por los insumos y los distribuye a los lubricadores.

Los lubricadores recogen los insumos y ejecutan el programa

El supervisor de lubricación elabora el informe diario de lubricación para el registro de los equipos que han sido atendidos y para alimentar el cumplimiento del programa de lubricación.

3.2.1.2. Proceso de planificación y programación de mantenimiento

Definir los pasos a seguir para la elaboración del plan y presupuesto de mantenimiento, elaborar los programas de mantenimiento según frecuencia determinada, determinar recursos y personal requerido, así como la duración estimada del trabajo.

RESPONSABILIDADES

El líder de planificación es responsable de la elaboración del plan de mantenimiento y presupuesto, apoyado con el personal de mantenimiento.

El líder de planificación es responsable de distribuir al personal de planificación en áreas, para que cada uno se especialice en un proceso y se encargue de cubrir los programas y seguimiento de estos.

Los planificadores son responsables de cubrir el área asignada a todo nivel, en primer lugar debe revisar la información alimentada por los especialistas en mantenimiento preventivo en el sistema SAP y extraer los avisos de avería que le corresponden según el área designada.

Se tendrán áreas para cubrir, un planificador mecánico y un eléctrico para cada área, cabe mencionar que un asistente de planificación le será asignado a cada planificador como soporte y apoyo.

El planificador elabora el programa de mantenimiento y lo envía al área de ejecución para realizar las reparaciones necesarias.

El planificador y el asistente de planificación son los encargados de darle seguimiento al programa de mantenimiento.

El planificador al gestionar el programa de mantenimiento crea las ordenes de trabajo OT en el

sistema SAP, donde asigna los recursos materiales e indica los recursos humanos a utilizar.

El planificador es responsable de firmar las valorizaciones entregadas por el personal contratista luego de haber culminado el trabajo.

PROCEDIMIENTO

El líder de planificación distribuye las áreas que cada planificador cubrirá para la elaboración del programa de mantenimiento

Los planificadores son responsables de cubrir el área asignada a todo nivel, en primer lugar debe revisar la información alimentada por los especialistas en mantenimiento preventivo en el sistema SAP y extraer los avisos de avería que le corresponden según el área designada:

Área Cementos: Comprende el proceso de molienda, incluye molinos, alimentación y rechazo.

Área Materias Primas: Comprende desde canteras, pilas de materias primas que incluye correctivos, caliza, hierro, yeso, puzolana y carbón hasta las chancadoras primarias y secundarias.

Área Crudos: Comprende la molienda de crudos, desde la alimentación, rechazo y alimentación al horno. Incluye silos de homogenización.

Área Piroprocesos, clinkerización: Comprende el sistema de horno, alimentación y salida de Clinker, transporte de Clinker, intercambiador, precalcinador.

Área Ensacadoras: Comprende las ensacadoras móviles y estáticas, big bag, bombonas y despacho a camiones, además de los silos de almacenamiento.

Área Servicios Auxiliares: Comprende las plantas de tratamiento de aguas servidas, agua potable, bombas de

alimentación de agua a planta, salas de aire comprimido, salas eléctricas, servicio de combustibles diésel 2, R500. Luego de extraer los avisos de avería, se elabora el programa de mantenimiento por áreas, dándole a cada una de estas, un día o dos de mantenimiento dependiendo la urgencia de atención al equipo. Cabe mencionar que solo puede atenderse un área por día.

Utilizando el sistema SAP se generan las órdenes de trabajo OT, cada una de estas indica las actividades a realizarse por cada equipo, cabe mencionar que una OT va dirigida a un solo equipo.

Una vez generadas las OT se generan las reservas de material en la misma orden para separar los materiales a utilizarse.

Se indica en el programa el número de personas necesarias para realizar el trabajo y se dividen las actividades como mecánicas, eléctricas y electrónicas.

Se indica también el nombre de la empresa contratista que apoyara las labores del programa.

Se genera el programa según formato y se valida por el líder de planificación y posteriormente se envía por correo electrónico a todo el personal de mantenimiento para su conocimiento, poniendo énfasis en los líderes de ejecución que posteriormente serán los encargados de realizar y dar cumplimiento al programa.

Al término del programa el planificador debe solicitar a los ejecutores un informe del cumplimiento del programa, las actividades que no pudieron ser ejecutadas, se reprogramaran para la siguiente parada del equipo.

3.2.1.3. Proceso de ejecución del mantenimiento

Ejecutar y cumplir con los programas de mantenimiento enviados por el área de planificación, realizar las

reparaciones correspondientes, distribuir el personal mecánico, eléctrico y electrónico y supervisar trabajos de terceros, al término del trabajo, dar cierre técnico a las órdenes de trabajo.

RESPONSABILIDADES

El líder de ejecución, -en este caso contamos con dos líderes que cubren el Grupo 1: De lunes a jueves, jornada de 12 horas, cubriendo las 24 horas, de 06:00am a 06:00pm y de 06:00pm a 06:00am y el Grupo 2: De viernes a lunes con las mismas condiciones de trabajo- al recibir el programa, es el responsable de distribuir los trabajos, tanto a los especialistas N3 como al personal mecánico, eléctrico y electrónico.

El líder de ejecución debe supervisar los trabajos de mantenimiento y velar porque se sigan los procedimientos ya definidos.

El líder de ejecución se encarga de verificar y validar en primera instancia los requerimientos de materiales y equipos para el programa de mantenimiento.

El especialista de mantenimiento N3, que puede ser mecánico, eléctrico o electrónico debe controlar la ejecución de los programas de mantenimiento y supervisar los trabajos de acuerdo a los procesos ya definidos.

El especialista recibe el programa de mantenimiento por parte del líder y verifica la asignación de materiales (reservas generadas por OT en los programas) y distribuye el personal ya sea mecánico, eléctrico o electrónico, brindando lineamientos y actuando como soporte para la realización de los trabajos.

El especialista N3, es responsable también por las actividades que realiza el personal contratista.

El especialista N3 es responsable por el trabajo asignado desde el inicio hasta el término de este, y por ende es responsable por cualquier suceso, o emergencia o desviación del plan.

Al término de los trabajos, el especialista debe enviar al líder, un informe del cumplimiento del programa con porcentaje e indicar las dificultades o actividades extra que surgieron en cada programa.

Los ejecutores de mantenimiento que son los mecánicos, eléctricos y electrónicos, deben ejecutar directamente los trabajos que han sido asignados según programa por el especialista N3, trabajando conjuntamente con el personal contratista que se cuenta como apoyo.

Los ejecutores son los responsables de retirar el material ya reservado en la OT del programa, así como de solicitar cualquier equipo o herramienta para poder cumplir con el programa.

El ejecutor es el responsable por cada actividad que se le asigna y debe informarle a su supervisor las desviaciones de cada acción que se realiza.

El ejecutor debe notificar las horas que ha incurrido en cada trabajo así como detallar que se hizo en cada parte.

PROCEDIMIENTO

El programa es recibido por el líder de ejecución, se analizan los trabajos que se programan y se estudia la forma de realizarlos, conjuntamente con los especialistas N3.

Las actividades se dividen de acuerdo a su rama, es decir trabajos mecánicos, eléctricos y electrónicos y estos son divididos según la experiencia de cada N3.

Se revisan las reservas de material y se informa en caso se necesite algo adicional, se verifican que las herramientas y equipos estén disponibles para el trabajo. Cada N3 subdivide el trabajo a los supervisores mecánicos que son las personas que supervisan el trabajo de los ejecutores.

Se le entrega el programa a cada ejecutor y se les da indicaciones de cómo realizar cada trabajo y empieza la ejecución del trabajo.

De surgirse algún inconveniente, el ejecutor debe informar al especialista N3.

Los ejecutores retiran el material de almacén con el número de reserva que fue generada por la OT del programa y se llevan los materiales al sitio donde se realizara el trabajo.

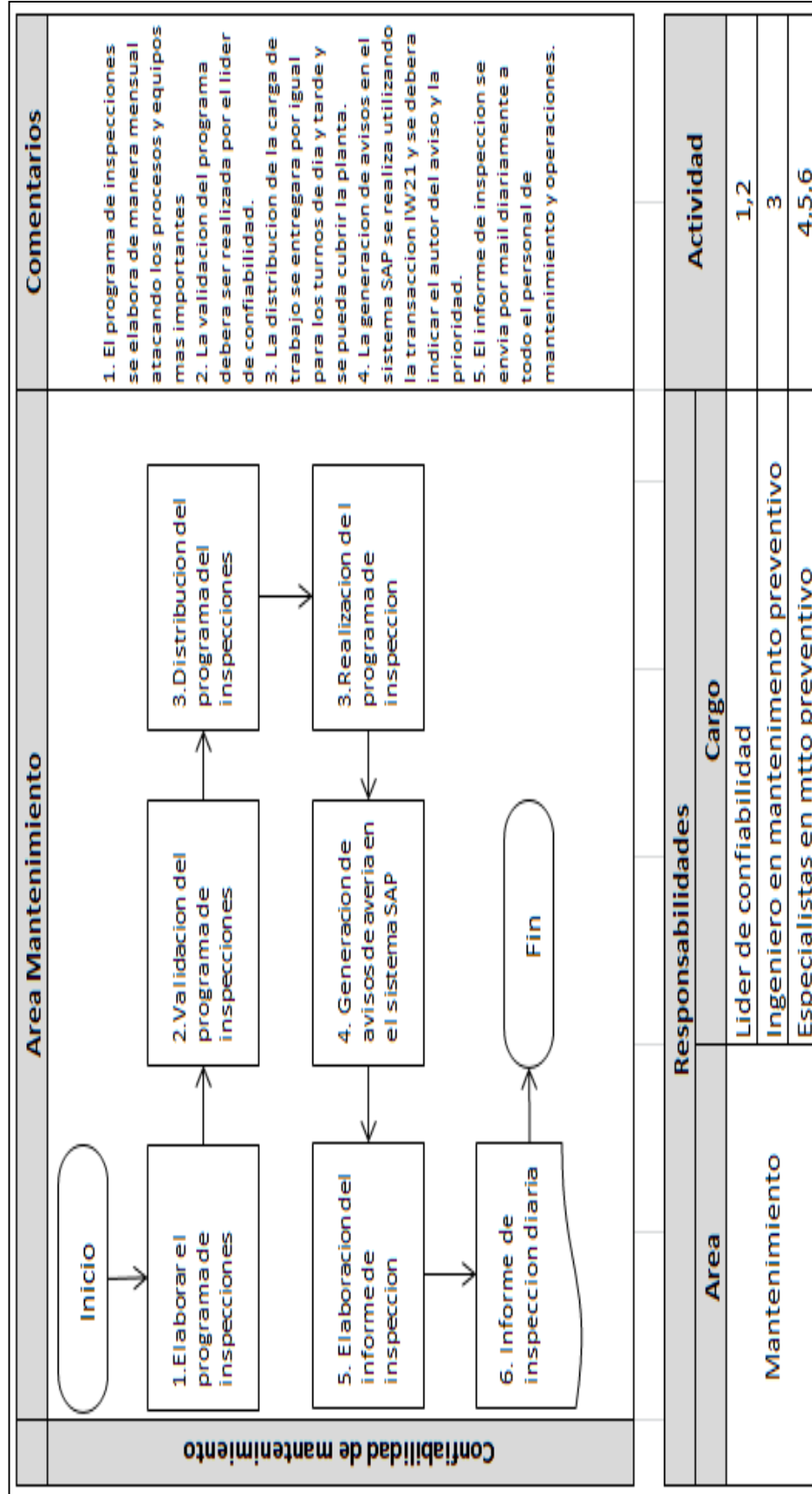
Los especialistas N3 deberán bloquear con sus tarjetas de seguridad cualquier equipo con elementos móviles o accionamientos para que los ejecutores puedan trabajar. Una vez culminado el trabajo los ejecutores realizan el informe diario de trabajo, que un documento donde se registran las horas empleadas en cada actividad y donde se detallan todas las acciones realizadas según procedimiento.

Con esta información el N3 realiza un informe de cumplimiento del programa donde indica quien fue el responsable de cada actividad, el tiempo empleado, porcentaje de cumplimiento o avance en caso no se haya terminado una actividad, y se envía al área de planificación para que le de conformidad al trabajo y reprogramme las actividades que no se pudieron realizar.

Luego los N3 deben desbloquear los equipos y coordinar con Operaciones para dar arranque a los equipos.

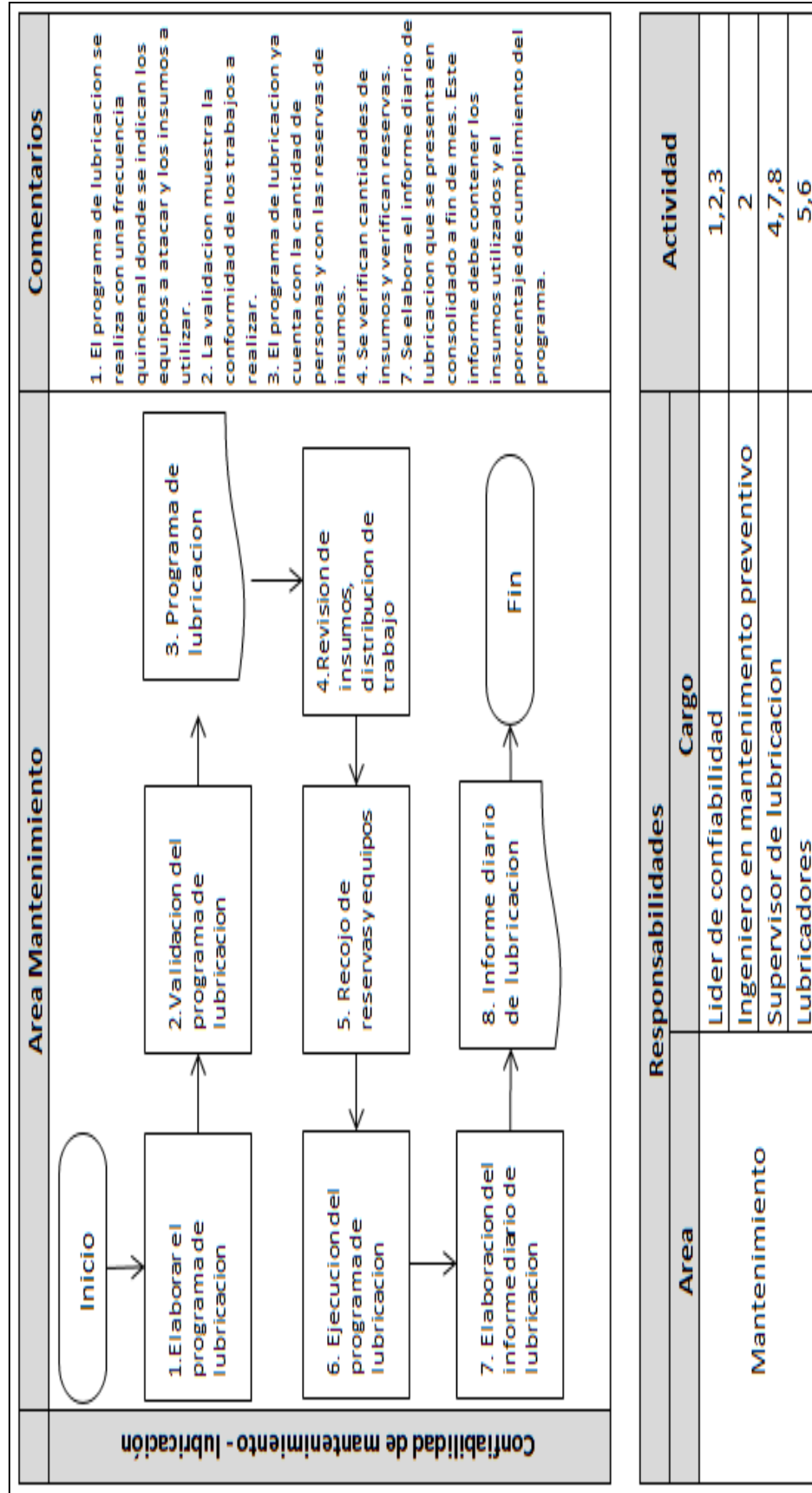
Por ultimo deben cerrar las OT de cada programa que este culminado al 100%.

Esquema N° 3.5. Procedimiento de Confiabilidad en el mantenimiento – Preventivo



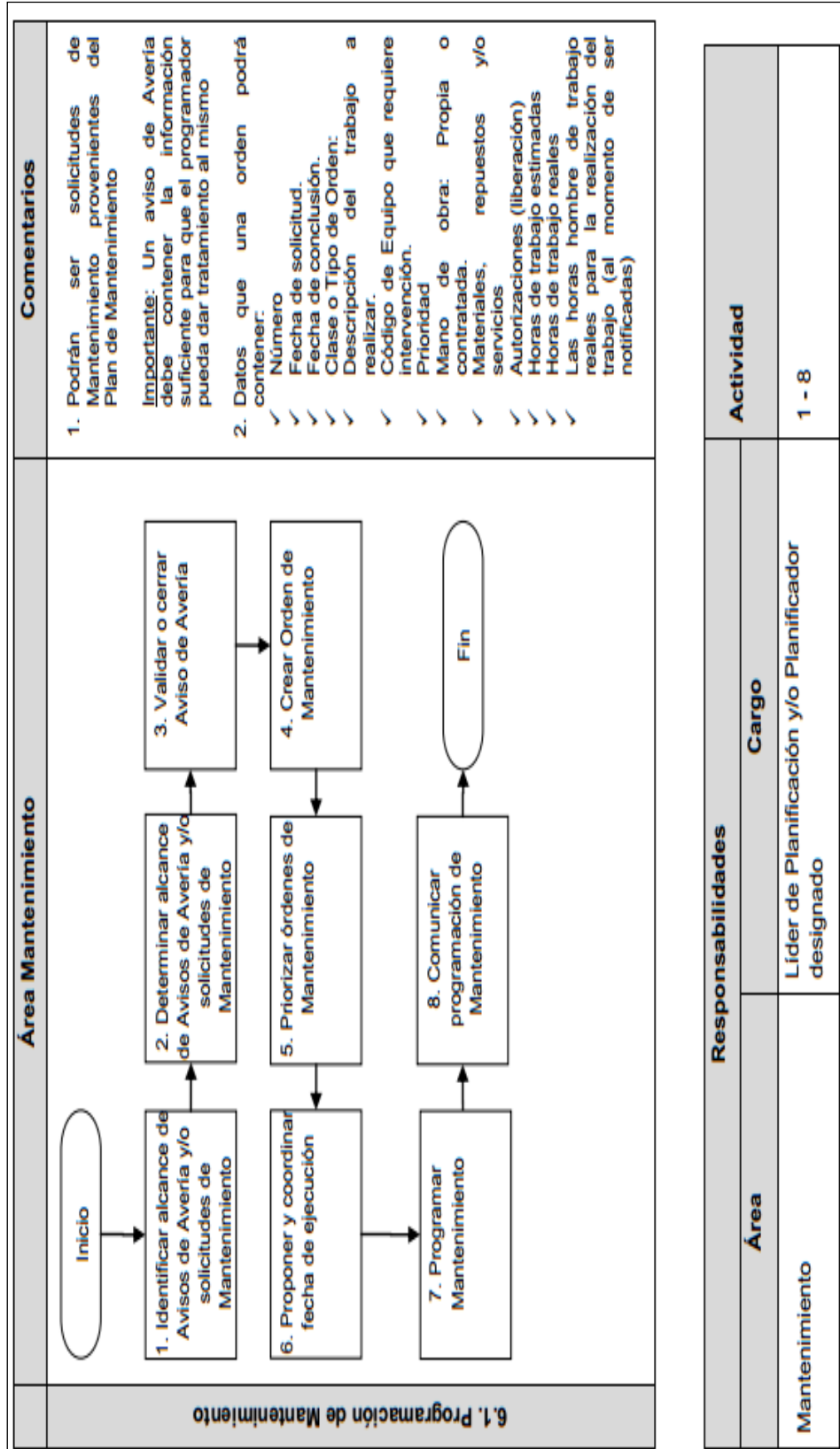
Fuente: La Empresa

Esquema N° 3.6. Confiabilidad en mantenimiento – Lubricación



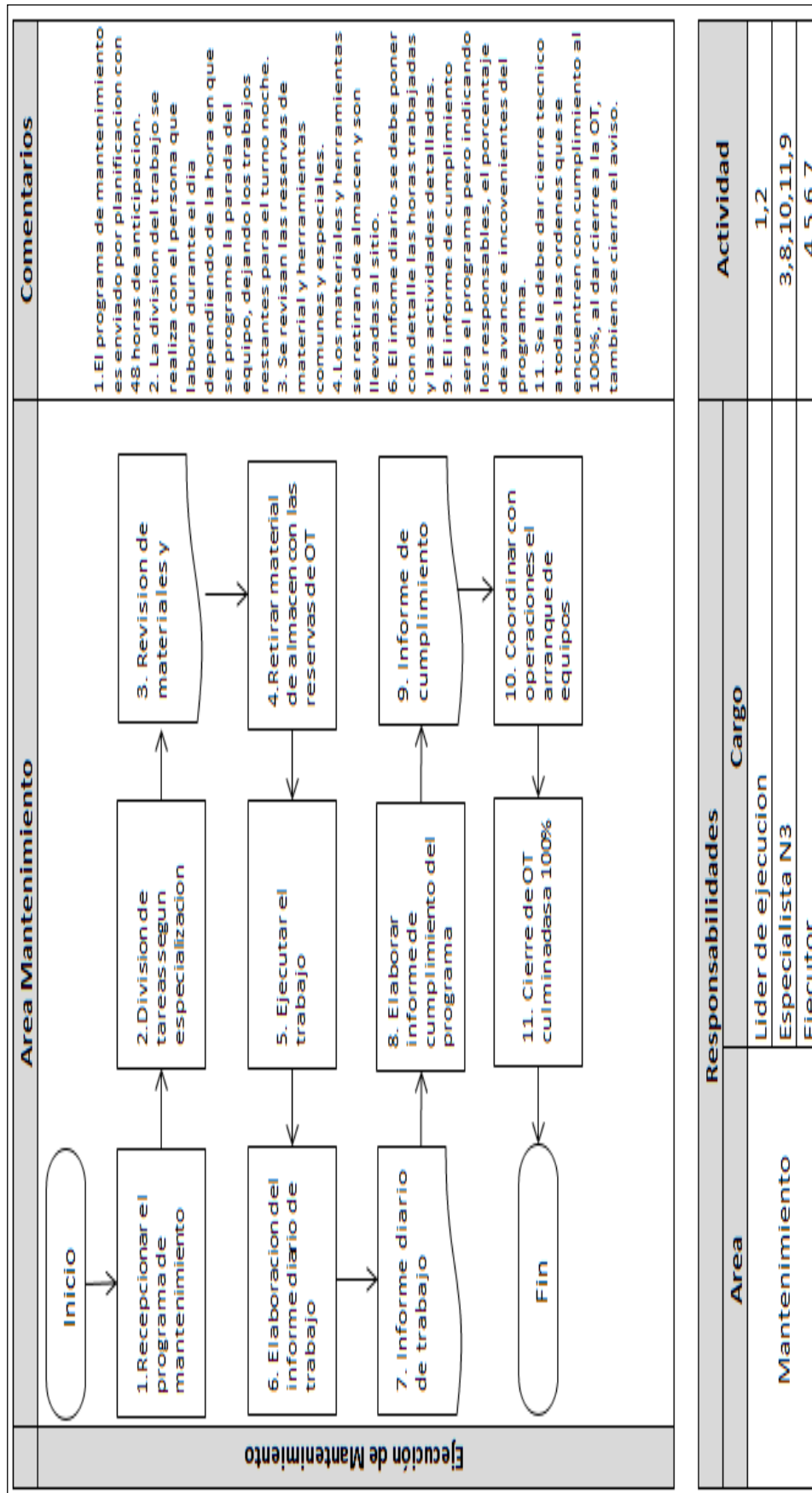
Fuente: La Empresa

Esquema N° 3.7. Programación del mantenimiento



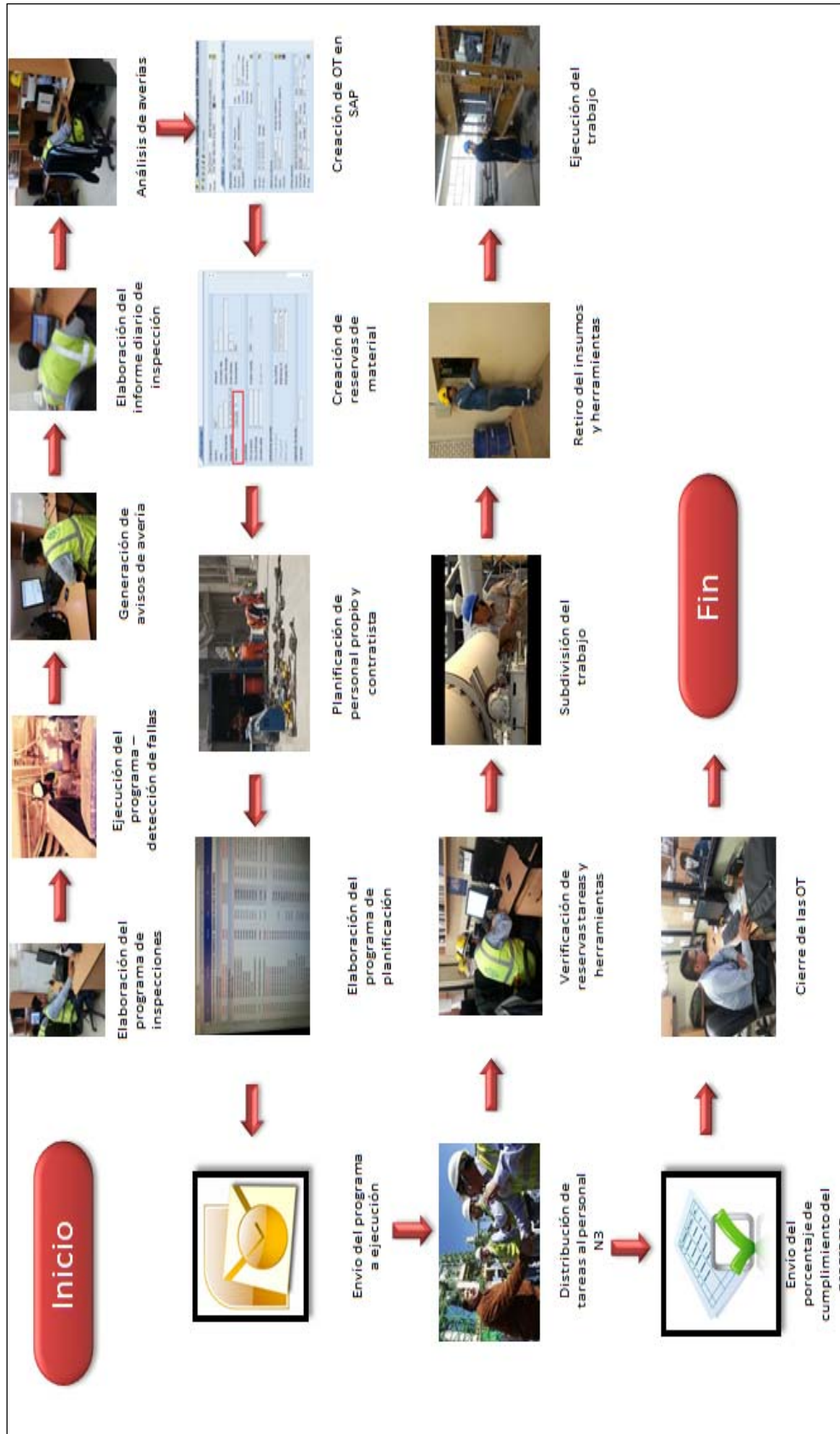
Fuente: La Empresa

Esquema N° 3.8. Ejecución del Mantenimiento



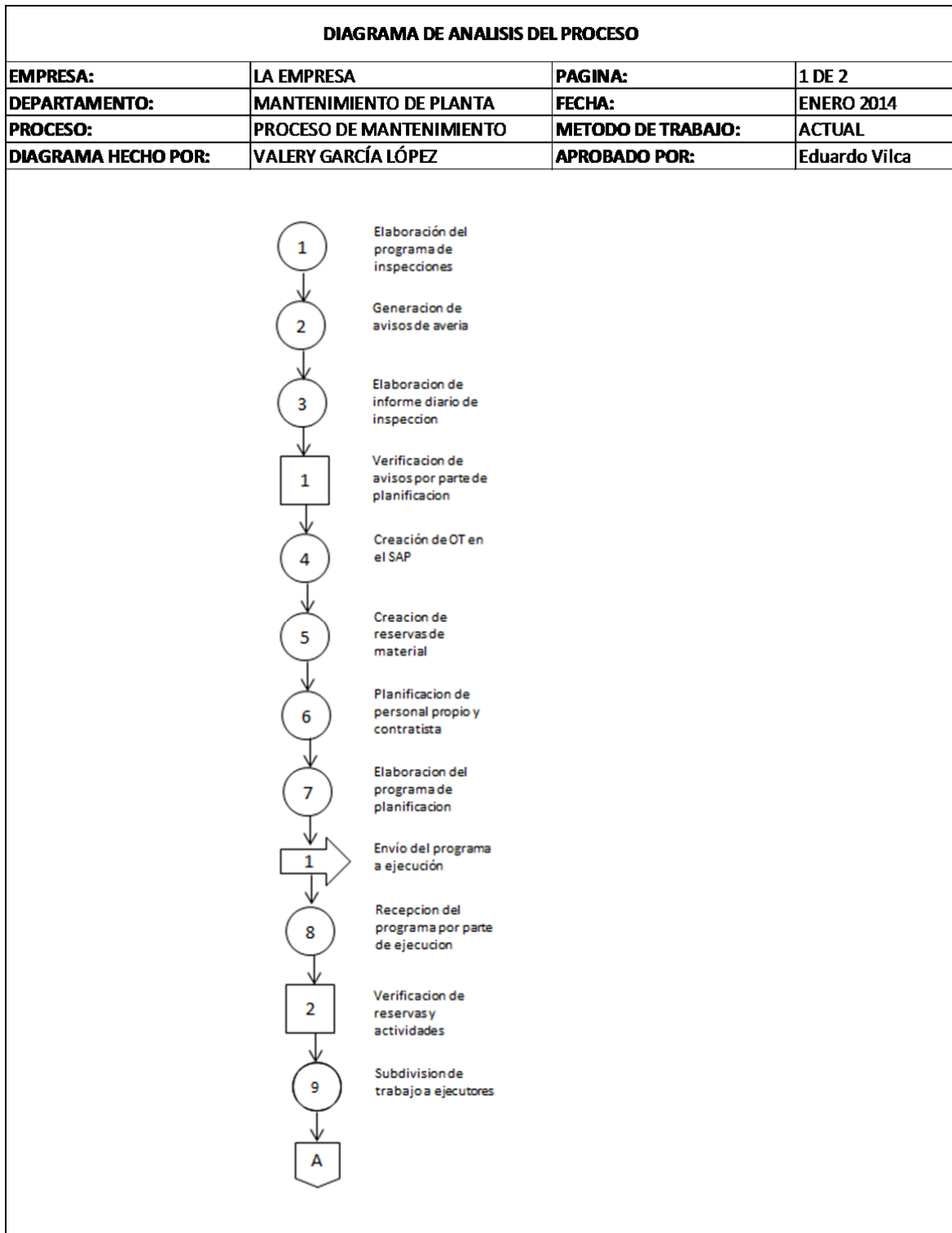
Fuente: La empresa

Esquema 3.9. Flow Sheet Del Proceso de Mantenimiento



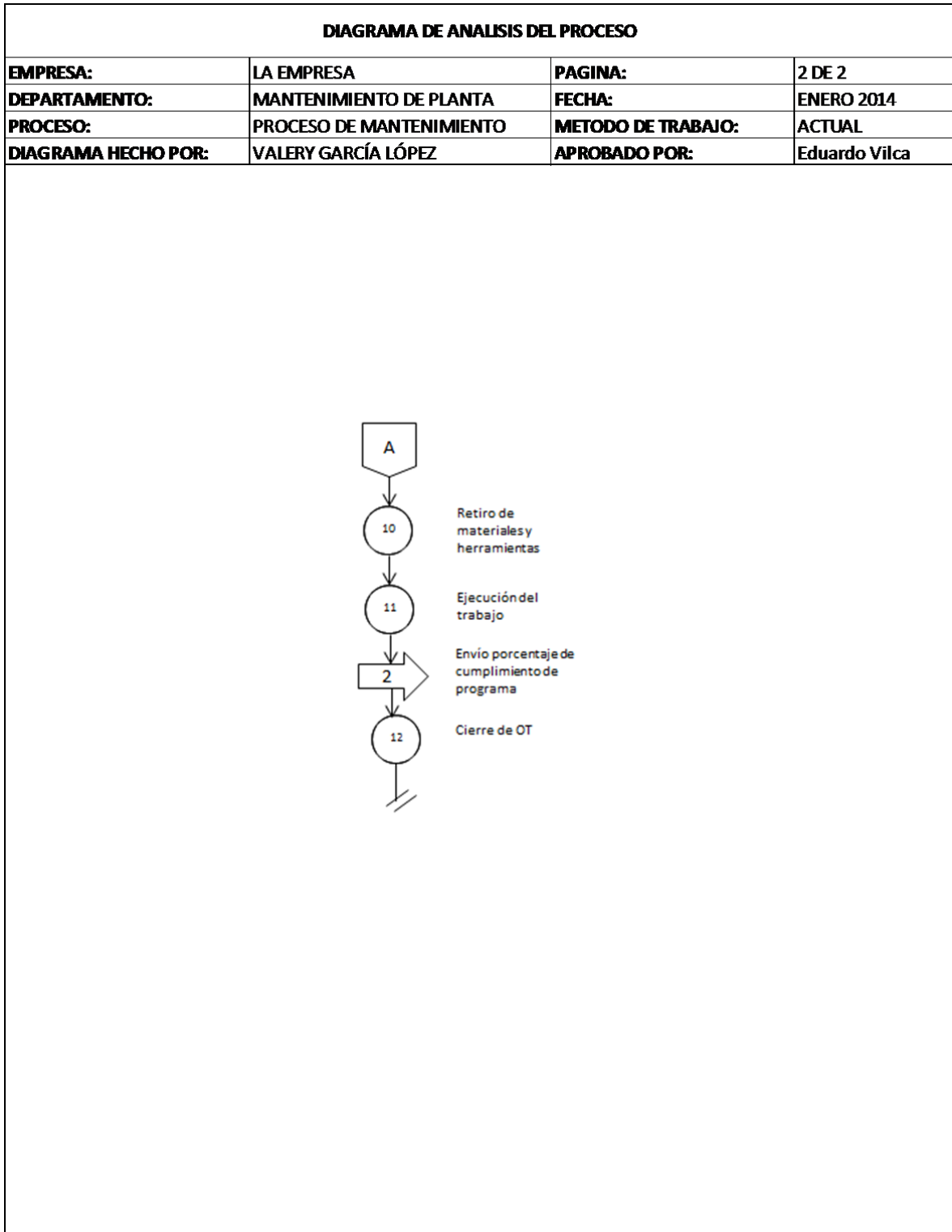
Fuente: Elaboración Propia

**Esquema N° 3.10. Diagrama de Análisis de Procesos – Proceso de
Mantenimiento**



Fuente: Elaboración Propia

Esquema N° 3.10B. Diagrama de Análisis de Procesos – Proceso de
Mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.4. Proceso de Mantenimiento Actual

El proceso de mantenimiento de planta, abarca a una cantidad muy grande y variada de equipos, para la presente investigación, hemos tomado los equipos mas representativos y críticos de todo el proceso. El mantenimiento se realiza planificando las paradas de los equipos con una frecuencia determinada, tomando como base el tiempo en que las fallas más representativas se presentan.

A continuación se presenta la frecuencia en que se realiza el mantenimiento a los equipos de planta:

Cuadro 3.2. Frecuencia de parada de equipos de planta

EQUIPO	FRECUENCIA DE PARADA	DIA
Chancadora primaria	30 días	Miércoles
Chancadora Secundaria y materias primas	15 días	Sábado
Molino vertical de Crudos	15 días	Jueves
Molino de Carbón	Nunca	A requerimiento o falla
Transporte de carbón	30 días	Viernes sólo cuando hay tolvas llenas
Molino de cemento 2	15 días	Martes
Molino vertical de cemento	15 días	Lunes
Molino de cemento 4	30 días	Lunes o jueves cuando no pare Molino de crudos
Molino de cemento 5		
Molino de cemento 6		
Ensacadora	7 días	Domingo
Chancadora de fierro	7 días	Sábado cuando no para Chancadora secundaria

Fuente: Elaboración propia

Para poder explicar cómo se realiza el proceso de mantenimiento a un equipo, tomaremos como ejemplo el trabajo que se realiza sobre el Molino Vertical de Crudos.

A continuación un programa de mantenimiento del Molino de crudos, de la semana 40 del año.

Este programa se divide en actividades mecánicas, eléctricas y electrónicas, claramente identificadas, se coloca el número de personal necesitado y el tiempo requerido para cada actividad.



Cuadro 3.3. Ejemplo de programa de mantenimiento de Molino de Crudos

Nombre del Equipo	Discipl.	Clase	Nombre de tarea	OBSERVACION	PERS ONAL	Duración HH	TOTAL HH	Respon sable	Grupo
MANTENIMIENTO DE MOLINO - MATERIAS PRIMAS 02/10/2014									
MECANICO									
VALVULA ROTATIVA INGRESO A MOLINO UBE	PROCESOS		La rueda de alimentación debe quedar totalmente descargada.		2	1	2.0		
MOLINO VERTICAL DE CRUDOS	PROCESOS		Limpieza de aceite en los soportes de los 4 rodillos del molino (acumulación de aceite)		2	2	4.0		
MOLINO VERTICAL DE CRUDOS	PROCESOS		Revisión de acumuladores de nitrógeno de rodillos		1	1	1.0		
SOPLADOR DE CANALETA	PROCESOS	CORRECTIVO	Limpieza de impelente	ES NECESARIO REALIZAR LA LIMPIEZA DEL IMPELENTE Y FILTRO DE SUCCION DEBIDO A QUE TODO EL MATERIAL SE ENCUENTRA SATURADA.-ACTUALMENTE EL EQUIPO SE ENCUENTRA CON VIBRACION EXCESIVA. ES NECESARIO LA LIMPIEZA PARA EVITAR FALLA EN EL MOTOR	1	1	1.0		
FAJA TRANSPORTADORA DESCARGA PHB 900 T/H	MTO-MEC	CORRECTIVO	Parchar empalme de faja		2	3	6.0		
FAJA TRANSPORTADORA DESCARGA PHB 900 T/H	MTO-MTZ	CORRECTIVO	Cambio de polines de retorno		2	1	2.0		
FAJA TRANSPORTADORA 800 T/H	MTO-MTZ	CORRECTIVO	Reforzar plancha de impacto	REFUERZO DE CORDON DE SOLDADURA A PLANCHA DE IMPACTO, PELIGRO DE CAIDA Y CORTE DE FAJA	2	2	4.0		
FAJA TRANSPORTADORA 1500 T/H	MTO-MEC	CORRECTIVO	Recubrimiento de polea tensora lado motriz		4	8	32.0		
RECLAMADOR LATERAL 400 T/H	MTO-MEC	CORRECTIVO	Cambio platina sacrificio media luna	ES NECESARIO REALIZAR EL CAMBIO DE LA PLATINA DE 1 PULGADA DE SACRIFICIO EN LA MEDIA LUNA TENSORA DE LA CADENA DE ARRASTRE DEBIDO AL DESGASTE PRESEN	3	5	15.0		
RECLAMADOR LATERAL 400 T/H	MTO-MTZ	PREVENTIVO	Cambio de limpiadores de rieles		2	2	4.0		
TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE CALIZA 680M3	MTO-MEC	CORRECTIVO	Parchar agujeros en tolva	PARTE SUPERIOR DE BALANZA DE CALIZA	2	3	6.0		
FAJA TRANSPORTADORA MP DE 450 T/H	MTO-MEC	CORRECTIVO	Cambio de polines de carga y retorno	*POLIN CENTRAL DE CARGA UBICADO EN LA 14VA ESTACION CONTANDO DESDE EL TAMBOR CONDUCCION. SE ENCUENTRA TRABADO Y CON DESGASTE. *POLIN DE RETORNO(ESTACION AUTOALINEANTE)UBICADO EN LA SEGUNDA ESTACION CONTANDO DESDE EL TAMBOR CONDUCCION. CON CHILLIDO EXCESIVO. A LA VEZ REPONERLE UNO DE SUS POLINES VERTICALES DE ALINEAMIENTO.	2	1	2.0		
VALVULA ROTATIVA DE INGRESO AL MOLINO	MTO-MEC	CORRECTIVO	Reparación de válvula		3	8	24.0		
VALVULA ROTATIVA DE INGRESO AL MOLINO	MTO-MEC	CORRECTIVO	Parchar agujeros en ducto de alimentación		2	3	6.0		
ELEVADOR DE CANGILONES RECHAZO 220 TON/H	MTO-MEC	CORRECTIVO	Cambio de baldes		3	6	18.0		
MOLINO VERTICAL DE CRUDOS	MTO-MTZ	CORRECTIVO	Cambio de toberas de agua		2	2	4.0		
MOLINO VERTICAL DE CRUDOS	MTO-MEC	CORRECTIVO	Cambio de placas nº17 y scrappers		6	12	72.0		
MOLINO VERTICAL DE CRUDOS	MTO-MTZ	CORRECTIVO	Verificar altura de cono, faldón y ducto superior de faldón		1	1	1.0		
CLASIFICADOR DINAMICO DE 250 KW	MTO-MEC	CORRECTIVO	Cambio de alabes fijos		4	9	36.0		
FAJA TRANSPORTADORA MP DE 450 T/H	LUB	PREVENTIVO	Cambio de aceite acoplamiento		2	2	4.0		
FAJA TRANSPORTADORA DE RECHAZO 220 TON/H	LUB	PREVENTIVO	Cambio de aceite reductor de accionamiento		2	2	4.0		
ELECTRICA / ELECTRONICA									
DETECTOR DE METALES DE FAJA	L3-ELE/ELT	CORRECTIVO	Limpieza de estructura detector metales y tablero control		1	1	2.0		
DETECTOR DE METALES	L3-ELE/ELT	CORRECTIVO	Limpieza de estructura detector metales y tablero control		1	1	2.0		
VALVULA ROTATIVA INGRESO A MOLINO UBE	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Retorqueo de terminales fuerza motor. Ajuste posición de sensor control marcha		1	2	2.0		
FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Revisión de presión diferencial y secuencia limpieza del filtro		1	1.5	1.5		
CLASIFICADOR DINAMICO DE 250 KW	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Rev.de motor, ajuste terminales fuerza y sensores de motor, limpieza y ajuste en variador en sala eléctrica		2	2.5	4.0		
MOTOR PRINCIPAL 3250 KW	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Revisión de carbonos, registro de medida, ajuste terminales fuerza motor y arrancador	Registrar el desgaste de escobillas : 5602678, renviar reporte de desgaste de escobillas	2	1.5	3.0		
FAJA TRANSPORTADORA BIDIRECCIONAL	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Limpieza componentes eléctricos tablero control, ajuste terminales fuerza/control y motores de trasilación		1	2.5	2.5		
MOTOR 3350 KW	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Revisión de carbonos y revisión de nivel de agua de arrancador. Ajuste bornes tablero de arrancador	Registrar el desgaste de escobillas : 5602678, renviar reporte de desgaste de escobillas	2	1.5	3.0		
MOTOR 3350 KW	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Rev. Ajuste bornes tablero de arrancador, ajuste sensores, pruebas de operatividad.		1	1	1.0		
SALA ELECTRICA 2-MOLINO CRUDOS	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Cambio de lámparas pilotos en cubículos limpieza de sala, racks. Limpieza de ventiladores de tablero	5605141 : PILOT LIGHT "LED" BULB, GREEN	1	2	2.0		
SALA ELECTRICA 1.1-MATERIAS PRIMAS	L3-ELE/ELT	PREVENTIVO	Limpieza de sala, ,cubículos como. Racks. Limpieza de ventiladores de tablero.	5602973 : OVAL ULTRA-WEB NL CARTRIDGE	1	2	2.0		

Fuente: Elaboración propia

3.3. ANALISIS DE CAPITAL HUMANO

Se realizó una encuesta al personal de mantenimiento donde se recopiló información importante sobre la imagen que los colaboradores tienen del área, en esta encuesta participaron personas con diferentes cargos, como son planificadores, ejecutores, mecánicos, eléctricos, electrónicos, ingenieros Trainee, inspectores de mantenimiento preventivo, líderes de ejecución y especialistas mecánicos, eléctricos y electrónicos N3.

El objetivo de esta encuesta es conocer la opinión que tienen los protagonistas de todos los trabajos que se realizan y tener conocimiento de la situación actual de la planta a nivel de mantenimiento.

3.3.1. Recolección de datos

La encuesta consta de 17 preguntas que se mostraran en el ANEXO 1, en este documento se recopiló información de 10 participantes, donde se extrajo información sobre el tipo de mantenimiento actual, el propuesto, el nivel de capacitación del personal, los indicadores de mantenimiento y la confiabilidad del área.

3.3.2. Cronograma

Cuadro 3.2. Cronograma de recopilación de datos para Encuesta

CRONOGRAMA ENCUESTAS - ENTREGA Y RECOJO DE DOC					
PUESTO DE TRABAJO	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie
Lider de ejecucion					
Especialista Mecanico					
Especialista electrico					
Especialista electronico					
Inspectores					
Mecanico					
Electrico					
Ing. Traine					
Planificadores					
Leyenda			Fecha		
Entrega de encuestas		Fecha inicio		13/01/2014	
Recojo de encuestas		Fecha fin		17/01/2014	

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Análisis de resultados

Luego de realizar la encuesta al personal de mantenimiento encontramos los siguientes resultados:

El modelo de encuesta aplicada se muestra en el Anexo 1.

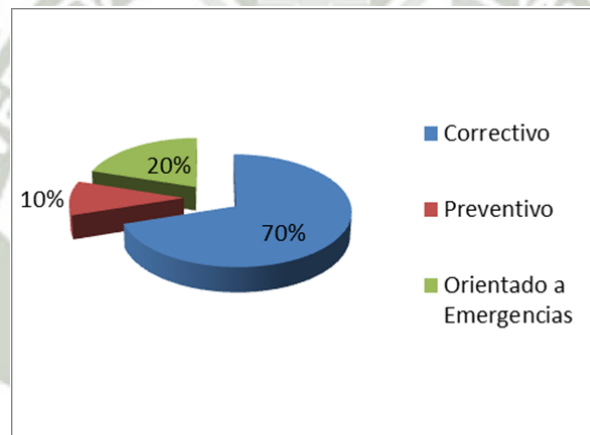
1. ¿Cuál es el mantenimiento que se realiza en la planta?

Cuadro 3.3. Pregunta tipos de mantenimiento

	Cantidad	Porcentaje
Correctivo	7	70%
Preventivo	1	10%
Orientado a Emergencias	2	20%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.1. Resultado pregunta tipos de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De un universo de 10 personas encuestadas, que desempeñan diferentes cargos, administrativos y operativos, 7 personas contestaron que el tipo de mantenimiento que se realiza en la planta es correctivo, que representa el 70% de la muestra, mientras que el 20% piensa que el mantenimiento está orientado a emergencias o hechos fortuitos y el 10% restante piensa que el tipo de mantenimiento es preventivo.

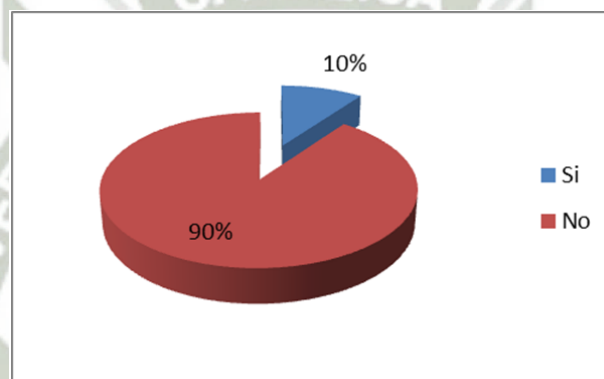
2. ¿Está usted de acuerdo con el tipo de mantenimiento actual?

Cuadro 3.4. Pregunta aprobación del mantenimiento actual

	Cantidad	Porcentaje
Si	1	10%
No	9	90%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.2. Resultado pregunta aprobación del tipo de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta pregunta el 90% del personal entrevistado no está de acuerdo con el mantenimiento actual que se realiza en planta y piensa que debe cambiarse urgentemente, el 10% restante opina que el mantenimiento actual es el adecuado.

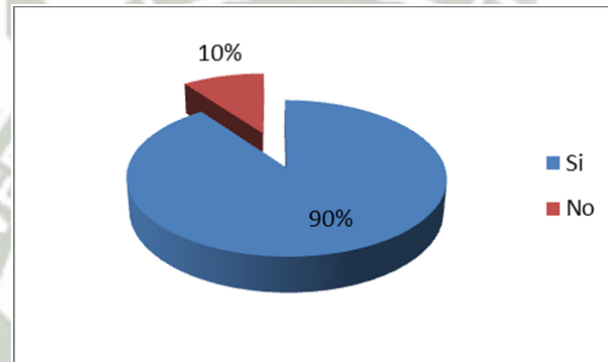
3. ¿Considera que el área tiene graves problemas a nivel de gestión?

Cuadro 3.5. Pregunta Problemas de mantenimiento a nivel de gestión

	Cantidad	Porcentaje
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.3. Resultado pregunta problemas de mantenimiento a nivel de gestión



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta pregunta sobre el tipo de problema que se tiene en mantenimiento, se planteó que una de las principales razones es el nivel de gestión que se realiza, en el cual el 90% de la muestra respondió que el área si tiene graves problemas en este punto, mientras que solo el 10% respondió que los problemas no eran de tipo gestión, si no por otras causas.

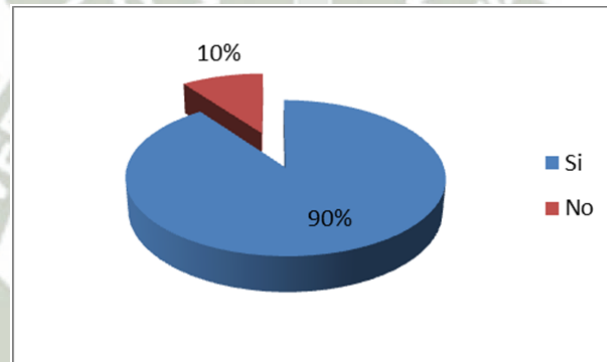
4. ¿Considera que los problemas en mantenimiento son de tipo operativos?

Cuadro 3.6. Pregunta problemas de mantenimiento a nivel operativo

Si	4	40%
No	6	60%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.4. Resultado pregunta problemas de mantenimiento a nivel operativo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Esta pregunta plantea si es que las personas encuestadas piensan que los problemas que se tienen no solo pertenecen a la gestión sino que también los problemas son operativos o de configuración del proceso.

El 60% de la población respondió que los problemas si eran de índole operativo mientras que el 40% opino que los problemas no tenían relación con la operación de los equipos.

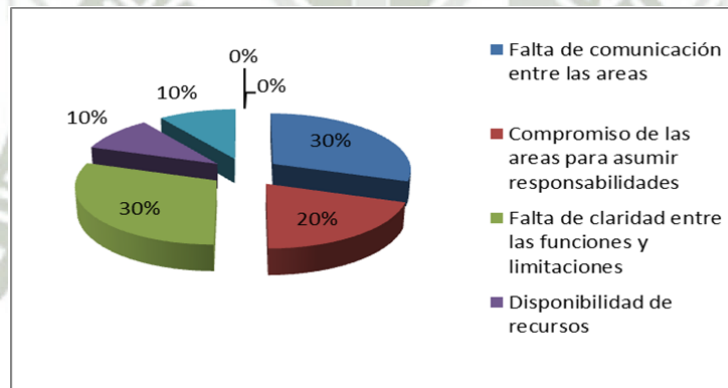
5. ¿Cuáles considera usted que son los principales problemas del área?

Cuadro 3.7. Pregunta principales problemas de área

	Cantidad	Porcentaje
Falta de comunicación entre las áreas	3	30%
Compromiso de las áreas para asumir responsabilidades	2	20%
Falta de claridad entre las funciones y limitaciones	3	30%
Disponibilidad de recursos	1	10%
Disponibilidad de equipos a mantener	1	10%
Capacitación especializada del personal	0	0%
Otros	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.5. Resultado pregunta principales problemas de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta pregunta se plantean cinco opciones que representan los problemas de mantenimiento y las dos opciones que tienen mayor porcentaje de respuesta es la de falta de comunicación con las áreas y la falta de claridad entre las funciones y limitaciones, ambas con el 30% de respuesta de la población, mientras que el 20% respondió que el problema era el compromiso de las áreas para asumir responsabilidades. Por otro lado, las opciones de disponibilidad de equipos a mantener y disponibilidad de recursos tiene el 10% ambos de respuesta de la población. Por último se encuentran las opciones de capacitación especializada del persona y otros, ambos, con 0%.

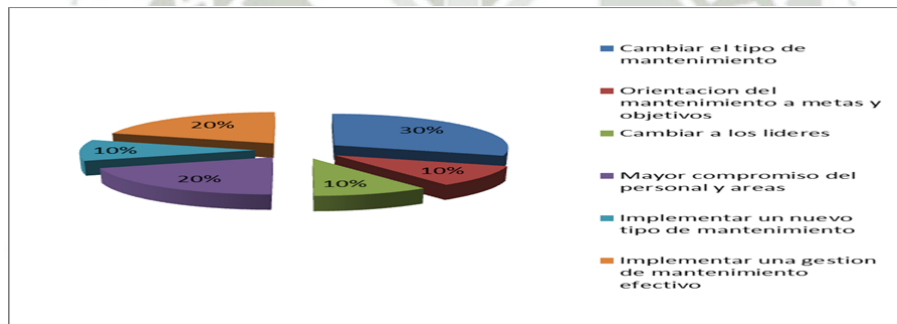
6. ¿Cuál cree usted que sería la mejor forma de optimizar el mantenimiento?

Cuadro 3.8. Pregunta formas de optimización del mantenimiento

	Capacidad	Porcentaje
Cambiar el tipo de mantenimiento	3	30%
Orientación del mantenimiento a metas y objetivos	1	10%
Cambiar a los líderes	1	10%
Mayor compromiso del personal y áreas	2	20%
Implementar un nuevo tipo de mantenimiento	1	10%
Implementar una gestión de mantenimiento efectivo	2	20%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.6. Resultado pregunta formas de optimizar el mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta pregunta se presentan seis opciones para optimizar la gestión de mantenimiento, las opiniones fueron diversas pero el 30% de la población eligió la opción del cambiar el tipo de mantenimiento como principal solución para el área, le siguen las opciones de implementación de una gestión de mantenimiento efectivo y mayor compromiso de las áreas, ambos con el 20%, seguido por las opciones de cambio de líderes, orientación del mantenimiento a metas y objetivos y la implementación de un nuevo tipo de mantenimiento, estas opciones con 10% de preferencia.

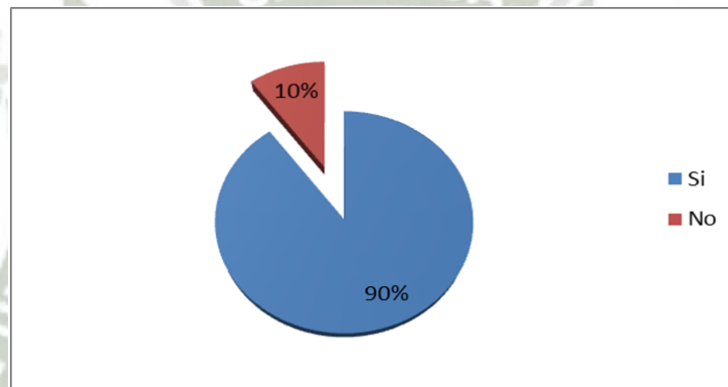
7. ¿Concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo?

Cuadro 3.9. Pregunta concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo

	Cantidad	Porcentaje
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.7. Resultado concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Al preguntar sobre el conocimiento del concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo, obtuvimos un 90% de personas que respondieron que sí, mientras que el 10% restante respondió que no, esto nos indica que el mantenimiento predictivo es una herramienta que se conoce en el área de mantenimiento y que podría ser factible de implementar.

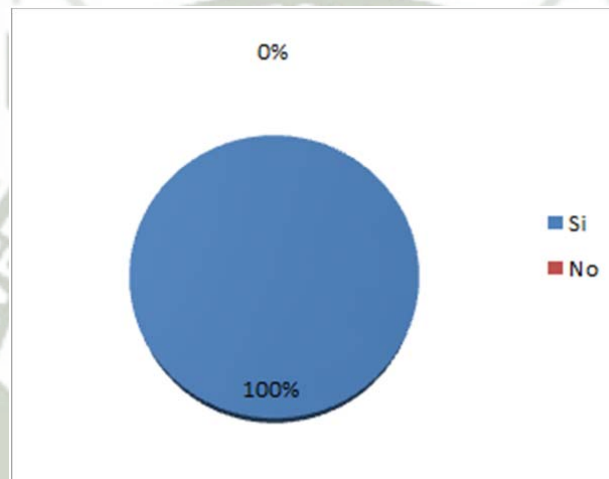
8. ¿Cree usted que sería óptima la implementación del mantenimiento predictivo?

Cuadro 3.10. Pregunta implementación mantenimiento predictivo

	Cantidad	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.8. Resultado implementación de mantenimiento predictivo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Cuando se preguntó sobre la implementación del mantenimiento predictivo, el 100% de nuestros entrevistados respondieron que era óptima, esto nos indica que los mismos trabajadores perciben que se necesita cambiar el tipo de mantenimiento.

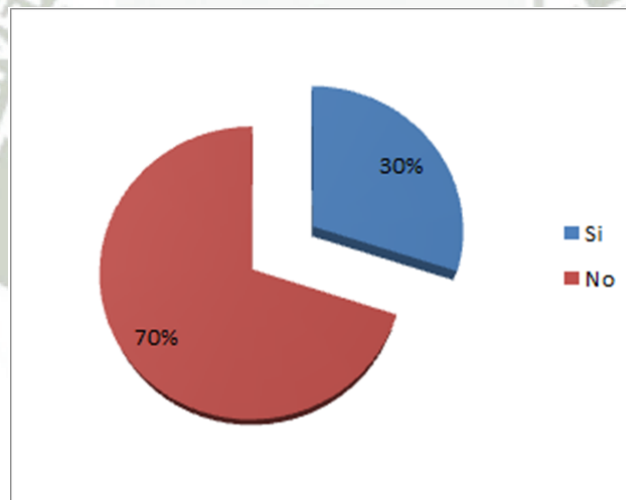
9. ¿Cree usted que el personal está preparado para la implementación del mantenimiento predictivo?

Cuadro 3.11. Pregunta Personal capacitado para la implementación de mantenimiento predictivo

	Cantidad	Porcentaje
Si	3	30%
No	7	70%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.9. Resultado personal capacitado para la implementación de mantenimiento predictivo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Al preguntar al personal si se sentía preparado para la implementación del mantenimiento predictivo, obtuvimos que un 30% de este se siente preparado, mientras que el 70% respondió no sentirse listo para adoptar este tipo de mantenimiento.

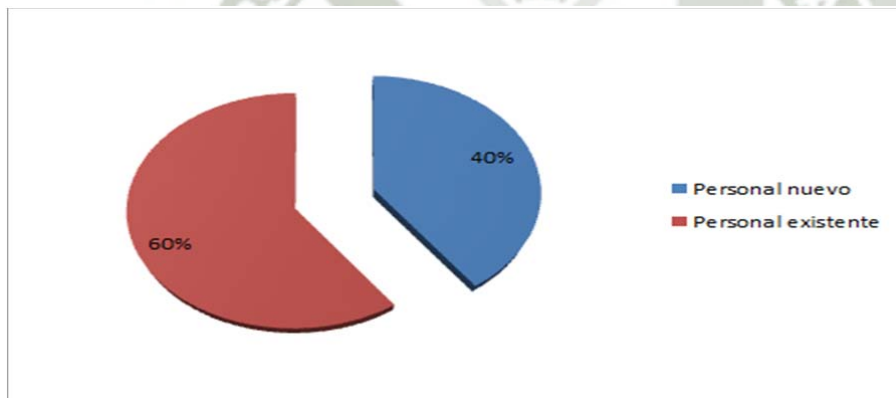
10. ¿Se necesitaría en este caso personal nuevo especializado para este tipo de mantenimiento o se podría capacitar a personal existente para que desarrolle esta labor?

Cuadro 3.12. Pregunta necesidad de personal nuevo o existente para implementación de mantenimiento predictivo

	Cantidad	Porcentaje
Personal nuevo	4	40%
Personal existente	6	60%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.10. Resultado necesidad personal nuevo o personal existente para implementación de mantenimiento predictivo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Se preguntó si era necesario contratar personal nuevo especializado en el mantenimiento predictivo o si se podía capacitar al personal existente para que realiza este tipo de mantenimiento y se obtuvo un 40% de la población que respondió que sería más óptimo contratar personal nuevo, mientras que el 60% opino que sería suficiente capacitar al personal existente para realizar esta labor.

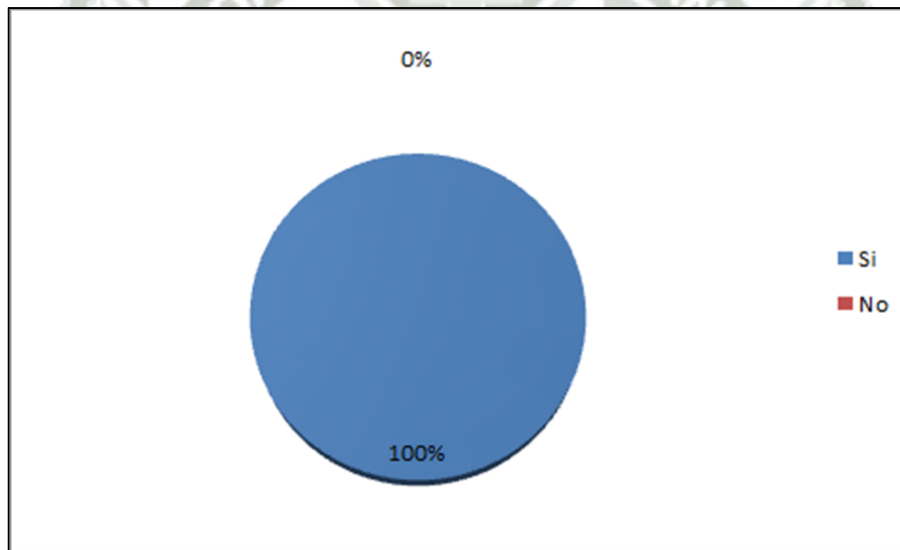
11. ¿Cree usted que podrían evitarse fallas al detectarlas anticipadamente mediante métodos de inspección?

Cuadro 3.13. Pregunta posibilidad de prevención de fallas mediante inspección

	Cantidad	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.11. Resultado posibilidad de prevención de fallas mediante inspección



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En esta pregunta el 100% de la población respondió que las fallas en los equipos podrían evitarse si es que se implementa el mantenimiento predictivo de forma correcta. Esta pregunta nos indica que las personas del área tienen conocimiento de los procedimientos y los resultados que se pueden obtener mediante la implementación del mantenimiento predictivo.

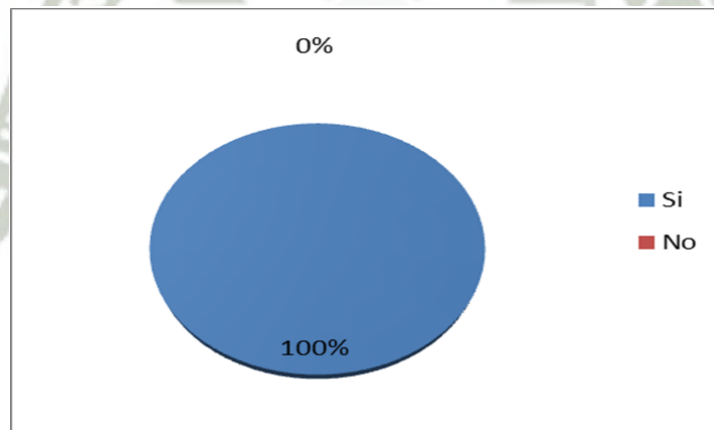
12. ¿Representaría un ahorro considerable si las averías pudieran ser detectadas antes de que sucedan?

Cuadro 3.14. Pregunta Ahorros generados por la detección temprana de averías

	Cantidad	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.12. Resultado ahorros generados por la detección temprana de averías



Fuente: Elaboracion propia

Interpretación

Al preguntar sobre el impacto económico que tienen las fallas y averías frecuentes en la planta, el 100% de las personas entrevistadas respondió que se podría generar un ahorro considerable si es que las fallas pudieran ser detectadas antes de que sucedan, esto nos indica que el personal tiene conocimiento de los ahorros que se generan al realizar inspecciones en búsqueda de fallas que impidan que los equipos tengan paradas no

programadas ya que estas generan mayor costo que una parada que ha sido previamente planificada.

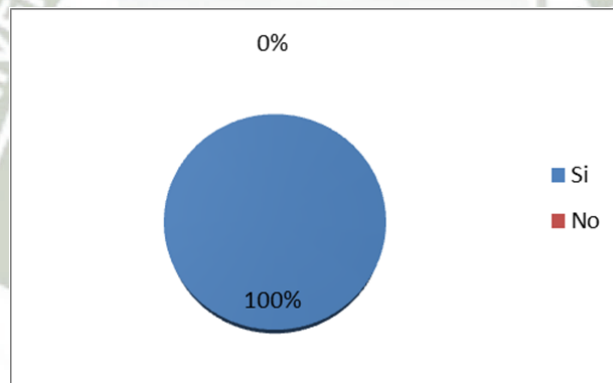
13. ¿El mantenimiento predictivo le otorgaría mayor confiabilidad al área?

Cuadro 3.15. Pregunta mantenimiento predictivo como oportunidad de confiabilidad al área

	Cantidad	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.13. Resultado mantenimiento predictivo como oportunidad de confiabilidad al área



Fuente: Elaboracion propia

Interpretación

Esta pregunta se refiere a la confianza que se le tiene al área de mantenimiento dentro de la planta, es decir si las otras áreas, procesos principalmente confía en que los equipos no tendrán paradas no programadas que afectaran directamente con las metas de producción que se plantean. El 100% de la población respondió que de darse un mantenimiento predictivo, el área tendría mayor confiabilidad en que se entregara el mayor porcentaje de disponibilidad y trabajo de los equipos para asegurar la continuidad del proceso.

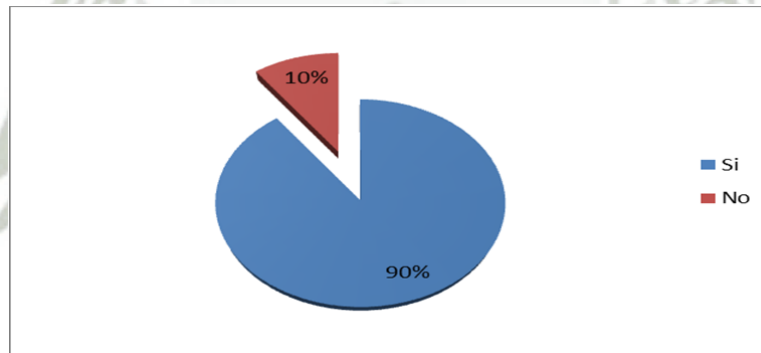
14. ¿Tiene usted conocimiento que los ahorros que se generan en el área por asegurar la disponibilidad de equipos y producción continua repercute directamente en las utilidades y/o bonos de productividad?

Cuadro 3.16. Pregunta los ahorros por propiciar la producción continua repercute en las utilidades y/o bonos de productividad

	Cantidad	Porcentaje
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.14. Resultado ahorros por propiciar la producción continua repercute en las utilidades y/o bonos de productividad



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Esta pregunta se refiere directamente al impacto económico de ganancias de cada trabajador que se ven afectadas por la frecuencia de fallas y los gastos en los que se incurren para su reparación. El 90% de la población respondió que tenía conocimiento de que los ahorros que se generan por evitar fallas y paradas no programadas repercuten positivamente en ganancias que se representan como utilidades o bonos de productividad, mientras que el 10% restante, respondió no conocer los beneficios de estas acciones.

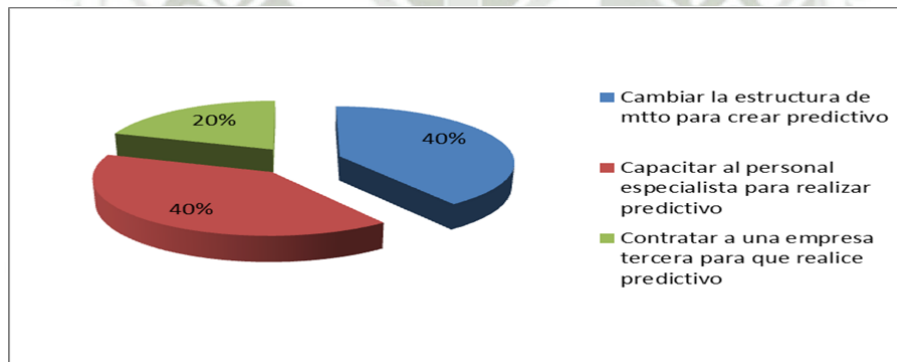
15. ¿Cuál cree usted que sería la principal acción para para poder implementar un mantenimiento predictivo?

Cuadro 3.17. Pregunta principal acción para implementar el mantenimiento predictivo

	Capacidad	Porcentaje
Cambiar la estructura de mantenimiento para crear predictivo	4	40%
Capacitar al personal especialista para realizar predictivo	4	40%
Contratar a una empresa tercera para que realice predictivo	2	20%
Total	10	100%

Fuente: Elaboracion propia

Grafico 3.15. Resultado principal accion para implementar el mantenimiento predictivo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Esta pregunta plantea tres acciones que se pueden realizar para implementar el mantenimiento predictivo. 40% de los entrevistados respondió que para realizar esta acción, sería necesario cambiar la estructura de mantenimiento para poder crear un área con el nombre de mantenimiento predictivo. Un 40% también, respondió que para llevar a cabo la implementación era necesario capacitar al personal para poder realizar mantenimiento predictivo.

El 20% restante cree que para esta acción, es necesario contratar a una empresa tercera para que se encargue de la implementación.

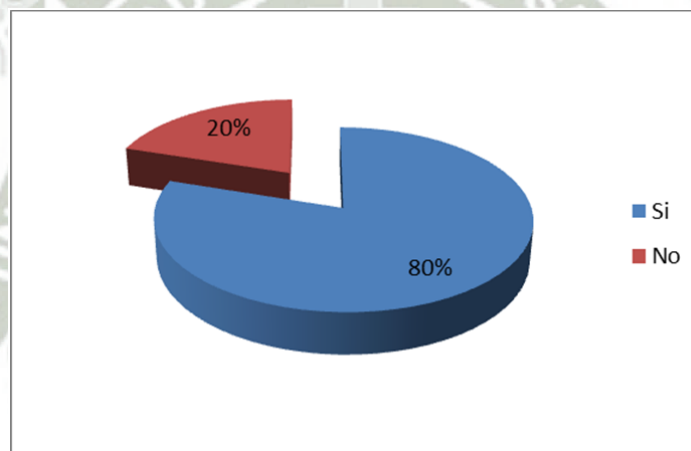
16. ¿Conoce usted cuales son los indicadores de mantenimiento?

Cuadro 3.18. Pregunta conocimiento de los indicadores de mantenimiento

	Cantidad	Porcentaje
Si	8	80%
No	2	20%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.16. Resultado conocimiento de los indicadores de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Al preguntar sobre el conocimiento de los indicadores de mantenimiento que son los que nos muestran los resultados de los trabajos que se realizan en planta y en general entregan una visión de la efectividad del área de mantenimiento, se obtuvo que el 80% tiene conocimiento de estos indicadores, mientras que el 20% restante respondió no conocer la existencia de estos indicadores.

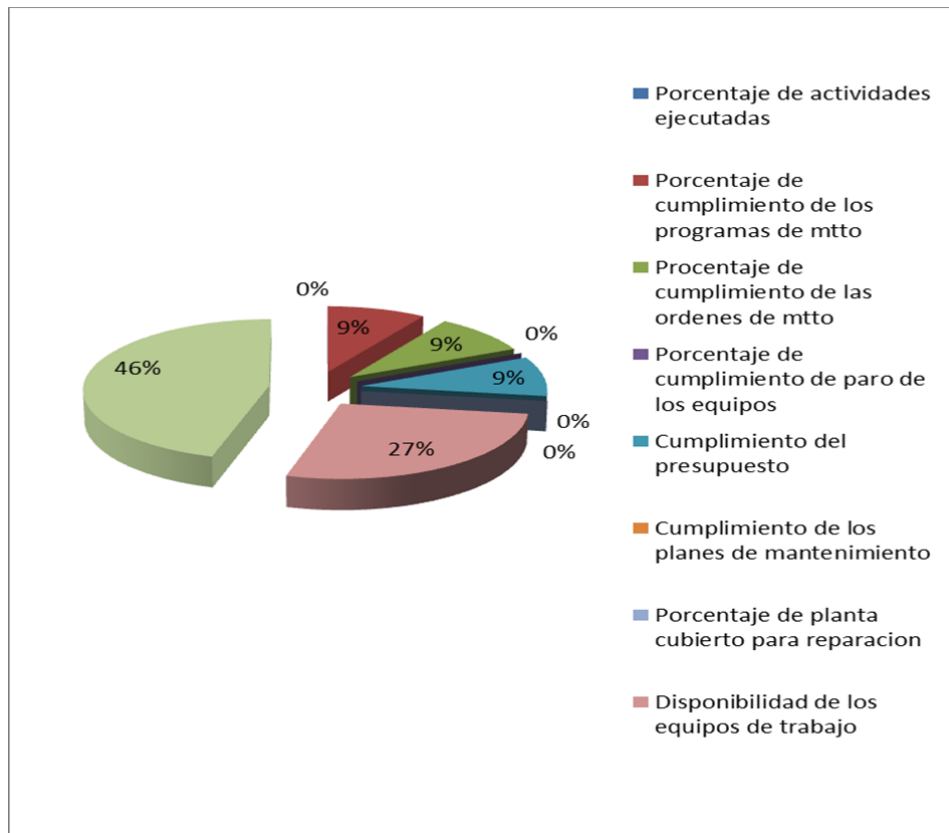
17. ¿Cuáles cree usted que es el indicador de mantenimiento más importante?

Cuadro 3.19. Pregunta indicador de mantenimiento más importante

	Capacidad	Porcentaje
Porcentaje de actividades ejecutadas	0	0%
Porcentaje de cumplimiento de los programas de mtto.	1	9%
Porcentaje de cumplimiento de las órdenes de mtto.....	1	9%
Porcentaje de cumplimiento de paro de los equipos	0	0%
Cumplimiento del presupuesto	1	9%
Cumplimiento de los planes de mantenimiento	0	0%
Porcentaje de planta cubierto para reparación	0	0%
Disponibilidad de los equipos de trabajo	3	27%
Efectividad del mantenimiento	5	45%
Total	11	100%

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.17. Resultado indicador de mantenimiento más importante



Fuente: Elaboracion propia

Interpretación

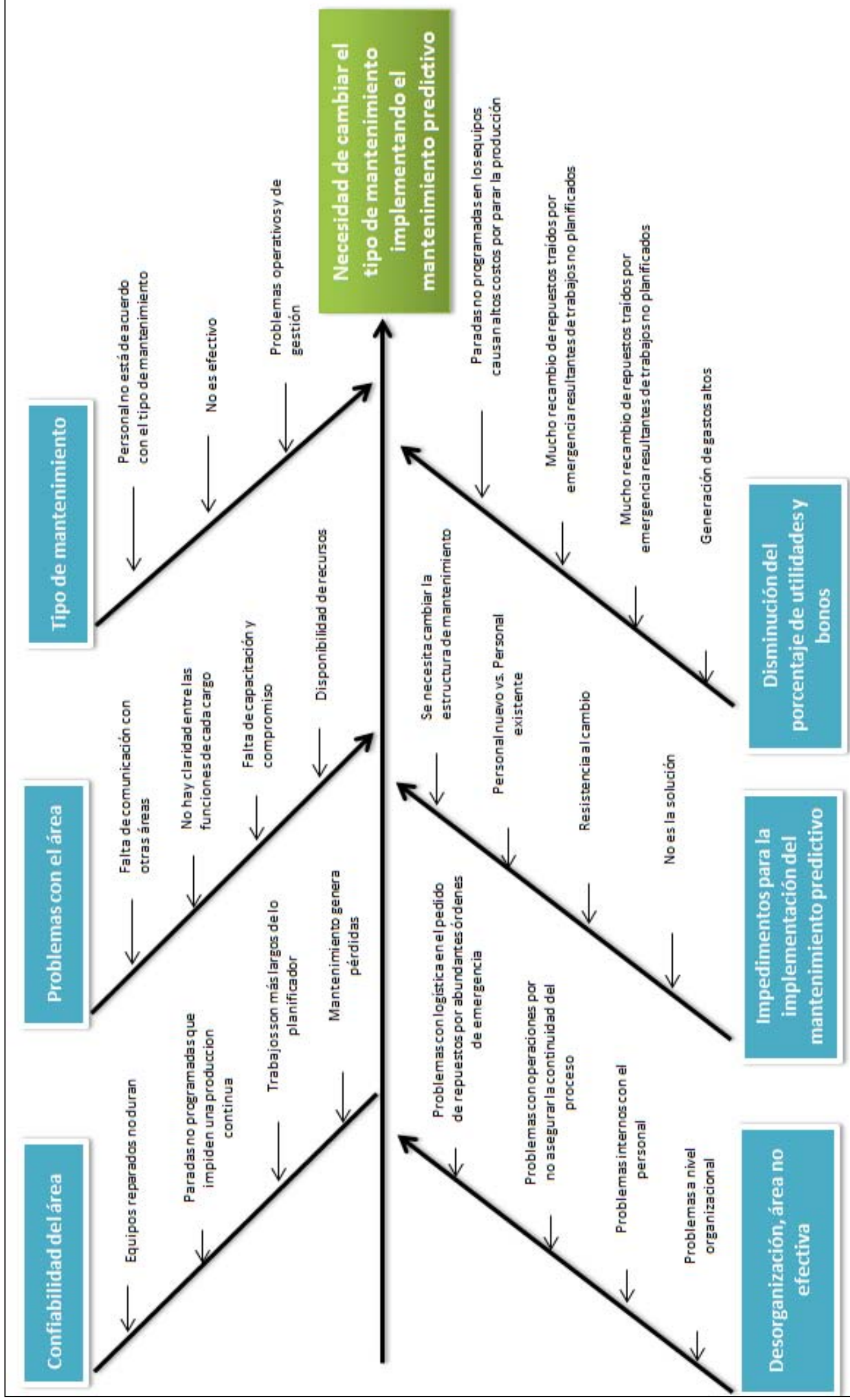
Finalmente se preguntó al personal de mantenimiento cual creía que era el indicador más importante de mantenimiento que indique mejor la efectividad del área; obtuvimos como resultados que el 47% de los entrevistados opina que el indicador más importante es el de efectividad del mantenimiento, seguido de la disponibilidad de equipos de trabajo con el 27%; con el 9% se representan las opciones de porcentaje de cumplimiento de programas de mantenimiento, porcentaje de cumplimiento de las ordenes de mantenimiento y cumplimiento del presupuesto; mientras que con 0% se encuentran las opciones de porcentaje de actividades ejecutadas, cumplimiento de los planes de mantenimiento y el porcentaje de la planta cubierta para reparación.

3.3.4. Diagrama de Ishikawa

Mediante el diagrama de Ishikawa mostraremos las causas del problema.



Esquema 3.11. Diagrama de Ishikawa, representación causa-efecto, necesidad de cambiar el tipo de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

3.4. **ANÁLISIS DE DATA**

Para recopilar información que nos diera una idea concreta de cuál es el estado actual del mantenimiento en la planta, hemos extraído datos del sistema ERP SAP del módulo PM, que es donde se almacena la información de toda la empresa. El tipo de data que se extrajo fueron órdenes de trabajo de mantenimiento que se han ejecutado en los principales equipos de la planta que son representativos en los todos los procesos.

Esta información se ha obtenido desde Enero 2011 hasta diciembre 2013.

La lista a continuación detalla los equipos que se tomaron en cuenta para este estudio y al proceso que pertenece.

En el Anexo 1, se detallan los equipos incluidos en la presente investigación



Cuadro 3.20. Detalle de equipos para análisis de datos – Costos de mantenimiento

Equipo	Descripcion	Proceso
Apilador de caliza PHB	Se encarga de homogenizar el material que es piedra caliza para pasar luego al proceso de molienda, tiene una capacidad de homogenizacion de 800tn/h	Materias Primas
Bomba de Harina	Esta bomba se encarga de transportar el material mediante presion al molino de Crudos para alimentarlo a una carga de 80tn/h	Alimentacion al horno
Chancadora de Clinker	La chancadora de clinker se encarga de moler el clinker que proviene del horno y reducirlo en piezas mas pequeñas para posteriormente pasar al molino de cemento, tiene una capacidad de 200tn/h	Clinkerizacion
Chancadora O&K	La chancadora O&k se encarga de triturar el material que proviene de canteras con un diametro de hasta 4" para luego nviar el material al molino de crudos, tiene una capacidad de trituracion de 500tn/h	Materias primas
Chancadora Primaria	La chancadora primaria se encarga de triturar el material luego de explotado en las canteras, el tamaño del material que entra por esta chancadora cónica es de hasta 1 metro, la capacidad de trituracion es de 700tn/h	Materias Primas
Elevador de Cangilones de Clinker	El elevador de cangilones de clinker se encarga de transportar el clinker proveniente del domo hacia el molino de cemento, tiene una capacidad de 200tn/h	Molienda de Cemento
Faja transportadora de Caliza	Esta faja de alimentacion es la mas larga de la planta, transporta caliza de la pila de materias primas para posteriormente pasar a la chancadora O&k, tiene una capacidad de transporte de 900tn/h	Molienda de crudos
Ensacadora Rotativa Haver	Esta maquina se encarga de inyectar el cemento dentro de las bolsas de 42.5kg mediante pistones que llenan el material a velocidad constante, el expendio de esta maquina es de 3600 bolsas por hora	Despacho de cemento
Horno	El horno se encarga de quemar el material que ingresa desde el molino de crudos, es decir la harina a una temperatura de 1200°C para luego ser enfriado rapidamente hasta llegar a los 100°C, este proceso de altas temperaturas, forma el clinker que es la material prima que posteriormente al ser mezclado con yeso y puzolana mediante un proceso de molienda, nos entrega el producto final que es el cemento, este horno tiene una capacidad de produccion de 330th/n	Clinkerizacion
Molino Vertical de Cemento	El molino vertical de cemento se encarga de moler mediante rodillos de presion hidraulica, el material que ingresa que se compone de clinker, yeso y puzolanada en diferentes dosificaciones para la produccion de los tipos de cemento con diferentes propiedades. Tiene una capacidad de molienda de 180tn/h	Molienda de cemento
Molino de Carbon	El molino de carbon es un molino vertical de pequeña magnitud, cuenta con rodillos que muelen el material al igual que el molino de crudos y el molino de cemento; este molino es muy importante pues se encarga de alimentar permanente al horno y es critico ademas ya que deben regularse los niveles de CO, CO2 y oxigeno para evitar posibles igniciones, tiene una capacidad de 30tn/h	Clinkerizacion
Molino vertical de crudos	El molino vertical de crudos es un molino vertical que muele el material mediante presion que se le administra a 4 rodillos sobre una mesa que determina la fineza y homogenizacion del material, a este molino ingresa caliza, oxido de fierro, arcilla y pizarra, cuya dosificacion nos entrega un pre producto que posteriormente ingresara al horno para el proceso de clinkerizacion, este equipo tiene una capacidad de molienda de 380tn/h	Molienda de crudos
Transportador de placas	El transportador o elevador de placas es un equipo que recoge el clinker una vez que ha sido enfriado al salir del horno para llevarlo por medio de fajas al domo de clinker que es donde se almacena para luego ser ingresado al molino de cemento, tiene una capacidad de transporte de 400tn/h	Clinkerizacion
Ventilador ID fan	Este ventilador tiene tres funciones principales, una de ellas es el arrastre de flujo de gases donde se debe mantener el flujo de Oxigeno en las cámaras del intercambiador de calor, la segunda función es mantener la temperatura y llevarla hacia el intercambiador y asegurar que las partículas de harina del molino de crudos se encuentren en suspensión mediante la presión negativa que inyecta este ventilador. Tiene una potencia de 2400Kw	Molienda de crudos

Fuente: Elaboración propia

Los equipos de planta con información detallada y registro fotográfico, se muestran en el anexo 1.

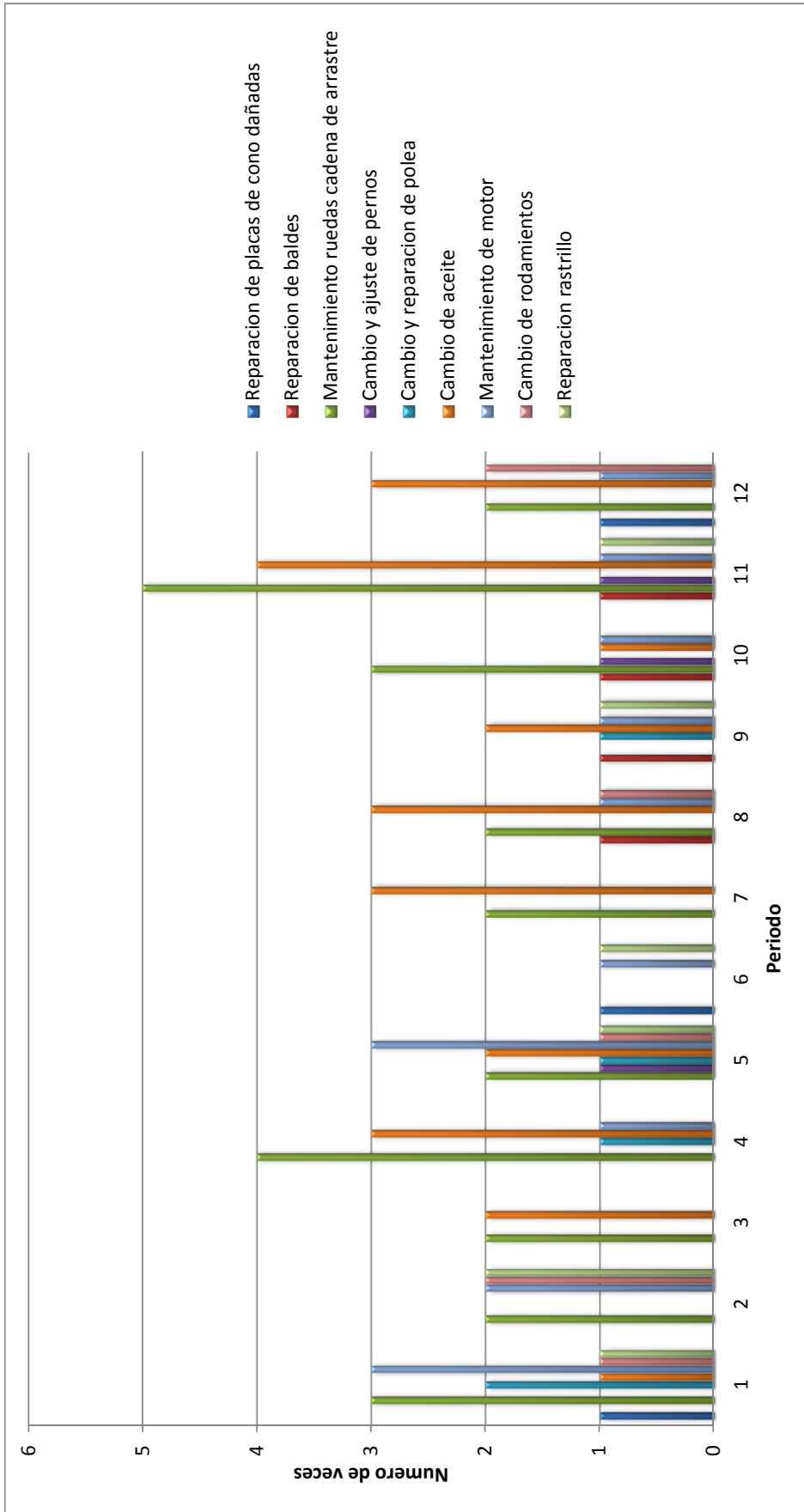
3.4.1. Apilador de Caliza – PHB

Cuadro 3.21. Número de reparaciones del apilador de caliza, periodo 2011-2013

APILADOR DE CALIZA												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Reparación de placas de cono dañadas	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Reparación de baldes	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Mantenimiento ruedas cadena de arrastre	3	2	2	4	2	0	2	2	0	3	5	2
Cambio y ajuste de pernos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Cambio y reparación de polea	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cambio de aceite	1	0	2	3	2	0	3	3	2	1	4	3
Mantenimiento de motor	3	2	0	1	3	1	0	1	1	1	1	1
Cambio de rodamientos	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
Reparación rastrillo	1	2	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.18. Número de reparaciones, evaluación trimestral del apilador de caliza, periodo 2011 – 2013



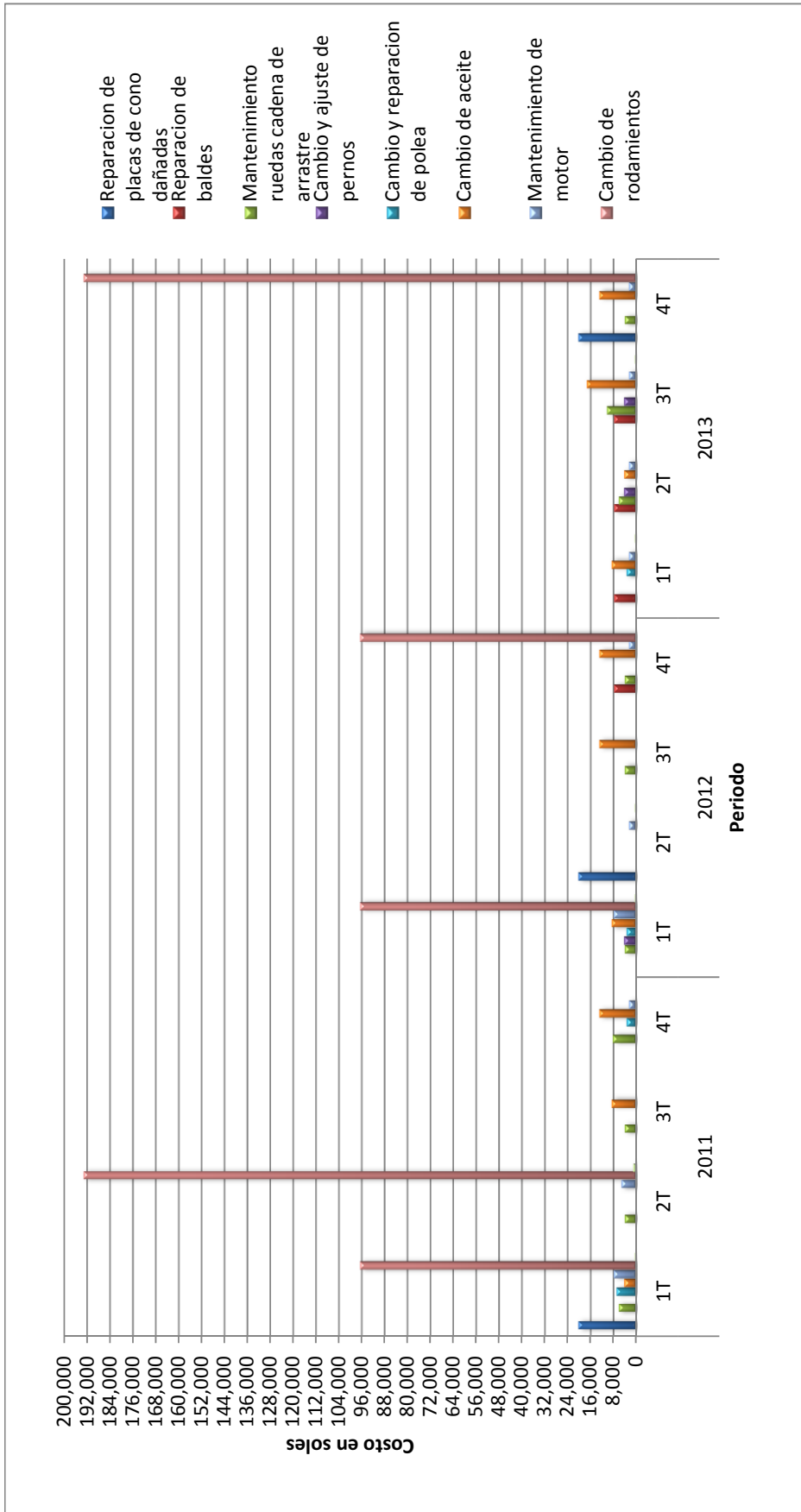
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.22. Costo por reparaciones del apilador de caliza

COSTO POR MANTENIMIENTO	APILADOR DE CALIZA											
	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Reparación de placas de cono dañadas	20,381	0	0	0	0	20,381	0	0	0	0	0	20,381
Reparación de baldes	0	0	0	0	0	0	0	7,875	7,875	7,875	7,875	0
Mantenimiento ruedas cadena de arrastre	6,224	4,149	4,149	8,299	4,149	0	4,149	4,149	0	6,224	10,374	4,149
Cambio y ajuste de pernos	0	0	0	0	4,406	0	0	0	0	4,406	4,406	0
Cambio y reparación de polea	7,022	0	0	3,511	3,511	0	0	0	3,511	0	0	0
Cambio de aceite	4,351	0	8,703	13,054	8,703	0	13,054	13,054	8,703	4,351	17,406	13,054
Mantenimiento de motor	7,991	5,327	0	2,664	7,991	2,664	0	2,664	2,664	2,664	2,664	2,664
Cambio de rodamientos	96,669	193,338	0	0	96,669	0	0	96,669	0	0	0	193,338
Reparación rastrillo	577	1,154	0	0	577	577	0	0	577	0	577	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.19. Costo de reparaciones, evaluación trimestral del apilador de caliza, periodo 2011 – 2013



Fuente: Elaboración propia

El apilador de Caliza, PHB como es llamado en la planta, se encarga de apilar como el nombre lo dice, el material proveniente de canteras en una pila cónica, con el objetivo de homogenizar el tamaño de material que se tiene.

Vemos que según el cuadro de Numero de reparaciones, estas son frecuentes y en algunos casos se tienen hasta 5 reparaciones en un solo trimestre, como es en el Mantenimiento de las ruedas de arrastre; sin embargo en el cuadro de costos vemos que estos mantienen una tendencia, excepto en el cambio de rodamientos donde los costos son bastante altos y se repiten hasta 5 veces en 3 años.

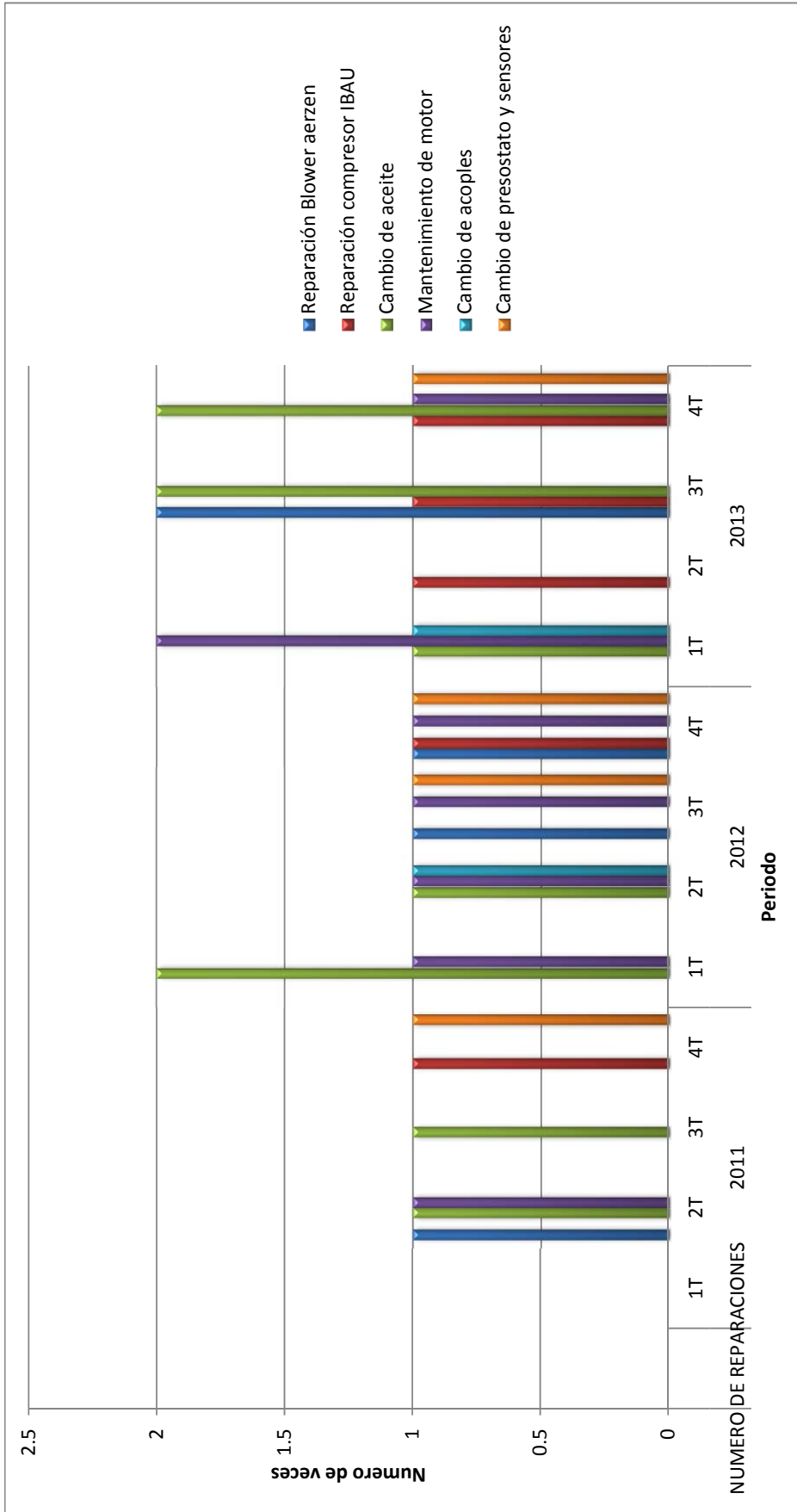
3.4.2. Bomba de Harina

Cuadro 3.23. Número de reparaciones de la bomba alimentadora de harina, periodo 2011-2013

BOMBA DE HARINA												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Reparación Blower	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0
Reparación compresor	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Cambio de aceite	0	1	1	0	2	1	0	0	1	0	2	2
Mantenimiento de motor	0	1	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1
Cambio de acoples	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Cambio de presostato y motores	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.20. Número de reparaciones, evaluación trimestral Bomba alimentadora de harina, periodo 2011 – 2013



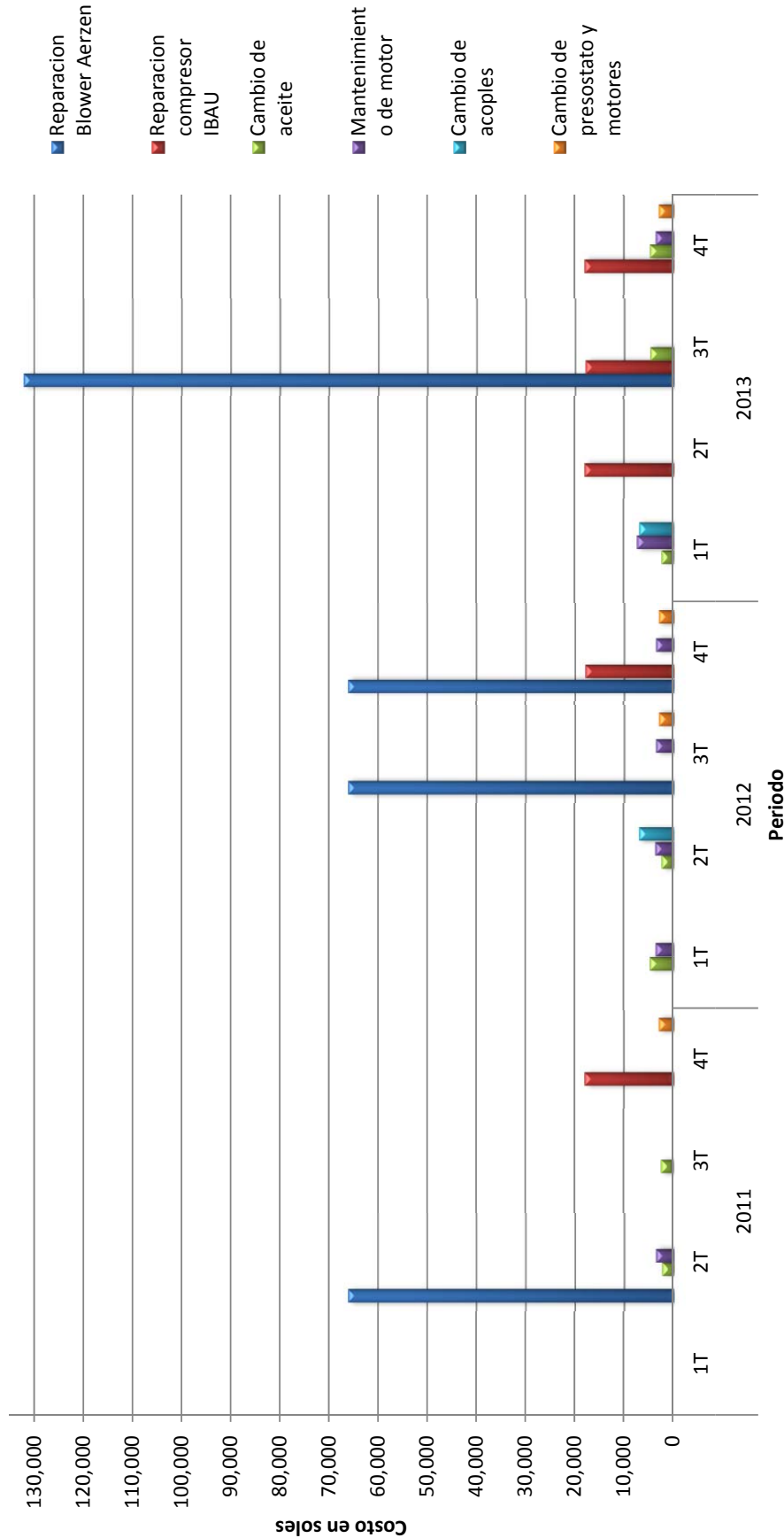
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.24. Costo de reparaciones de la bomba alimentadora de harina, periodo 2011-2013

BOMBA DE HARINA – COSTO EN SOLES												
COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Reparación Blower	66,101	0	0	0	0	66,101	66,101	0	0	132,201	0	
Reparación compresor	0	0	17,981	0	0	0	17,981	0	17,981	17,981	17,981	
Cambio de aceite	2,413	2,413	0	4,825	2,413	0	0	2,413	0	4,825	4,825	
Mantenimiento de motor	3,648	0	0	3,648	3,648	3,648	3,648	7,295	0	0	3,648	
Cambio de acoples	0	0	0	0	6,838	0	0	6,838	0	0	0	
Cambio de presostato y motor	0	0	3,067	0	0	3,067	3,067	0	0	0	3,067	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.21. Costo de reparaciones, evaluación trimestral Bomba alimentadora de harina, periodo 2011 - 2013



Fuente: Elaboración propia

La bomba IBAU es un equipo que se encarga de alimentar al Molino Vertical de Crudos, las tareas más frecuentes que se realizan son los cambios de aceite, realizándose varias veces en un año; sin embargo, la tarea que representa mayor costo anual es la reparación del Blower Aerzen, llegando a costar hasta S/. 132,000.00 por cada vez que ocurre la falla.

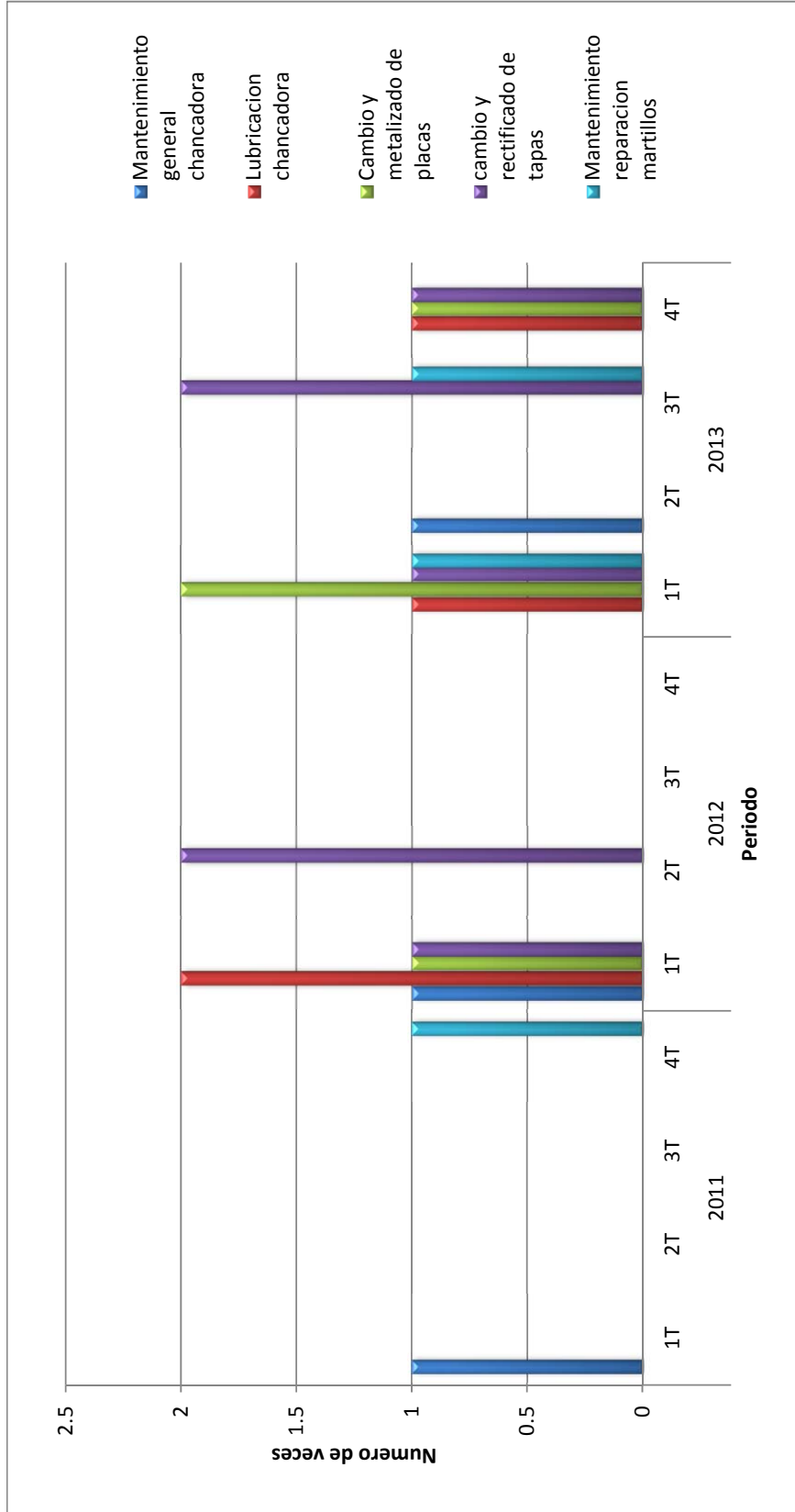
3.4.3. Chancadora de Clinker

Cuadro 3.25. Número de reparaciones de la chancadora de Clinker, periodo 2011-2013

CHANCADORA DE CLINKER												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento general chancadora	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Lubricación chancadora	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1
Cambio y metalizado de placas	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1
cambio y rectificado de tapas	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	2	1
Mantenimiento reparación martillos	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.22. Número de reparaciones de la chancadora de Clinker, periodo 2011-2013



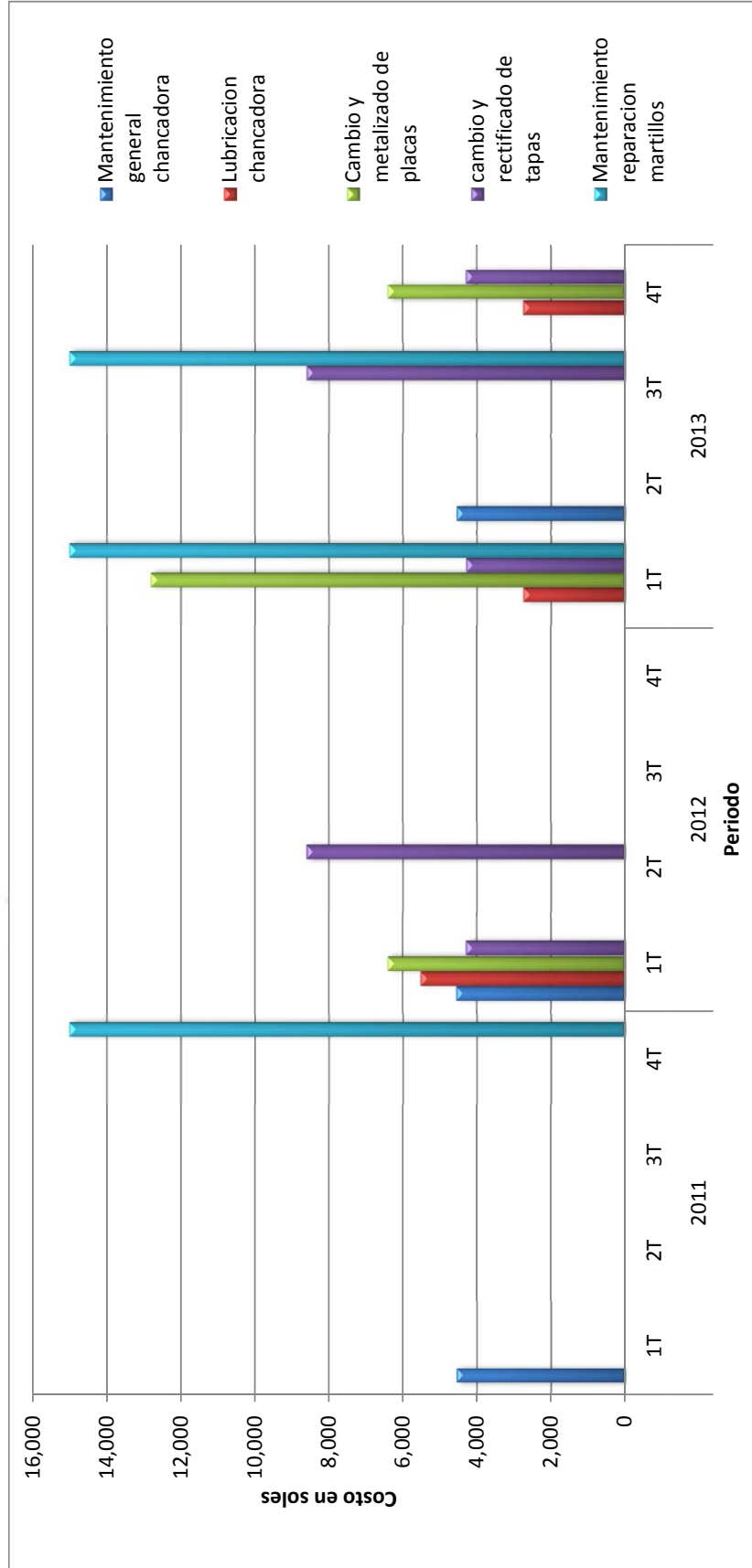
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.26. Costo de reparaciones de chancadora de Clinker periodo 2011-2013

CHANCADORA DE CLINKER – COSTO EN SOLES												
COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento general chancadora	4,563	0	0	0	4,563	0	0	0	0	4,563	0	0
Lubricación chancadora	0	0	0	0	5,525	0	0	0	2,762	0	0	2,762
Cambio y metalizado de placas	0	0	0	0	6,411	0	0	0	12,822	0	0	6,411
cambio y rectificado de tapas	0	0	0	0	4,307	8,614	0	0	4,307	0	8,614	4,307
Mantenimiento reparación martillos	0	0	0	15,023	0	0	0	0	15,023	0	15,023	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.23. Costo de reparaciones de la chancadora de Clinker, periodo 2011-2013



Fuente: Elaboración propia

La chancadora de Clinker es un equipo que se encarga de reducir el tamaño del Clinker que sale como producto del proceso de Clinkerización en el Horno.

Es un equipo que no representa mayores problemas, y por esta razón es que las tareas frecuentes de mantenimiento que se realizan no generan picos de costos; la tarea que representa mayor costo es el mantenimiento y reparación de martillos que genera cerca de S/.15000.00 por cada vez que se realiza la tarea.

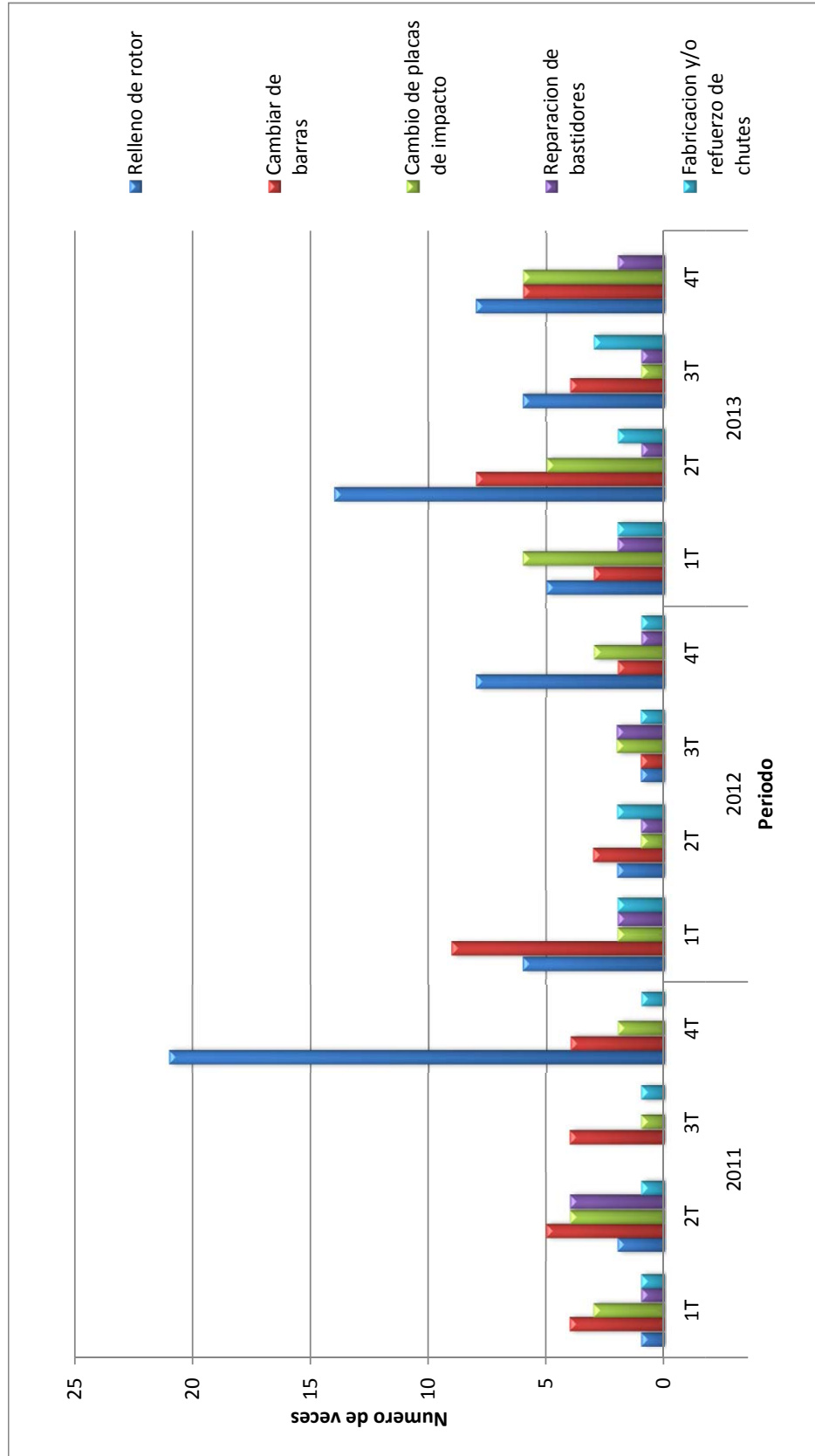
3.4.4. Chancadora Secundaria

Cuadro 3.27. Número de reparaciones de la chancadora secundaria, periodo 2011-2013

CHANCADORA SECUNDARIA												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Relleno de rotor	1	2	0	21	6	2	1	8	5	14	6	8
Cambiar de barras	4	5	4	4	9	3	1	2	3	8	4	6
Cambio de placas de impacto	3	4	1	2	2	1	2	3	6	5	1	6
Reparación de bastidores	1	4	0	0	2	1	2	1	2	1	1	2
Fabricación y/o refuerzo de chutes	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.24. Número de reparaciones de la chancadora O&K, periodo 2011 – 2013



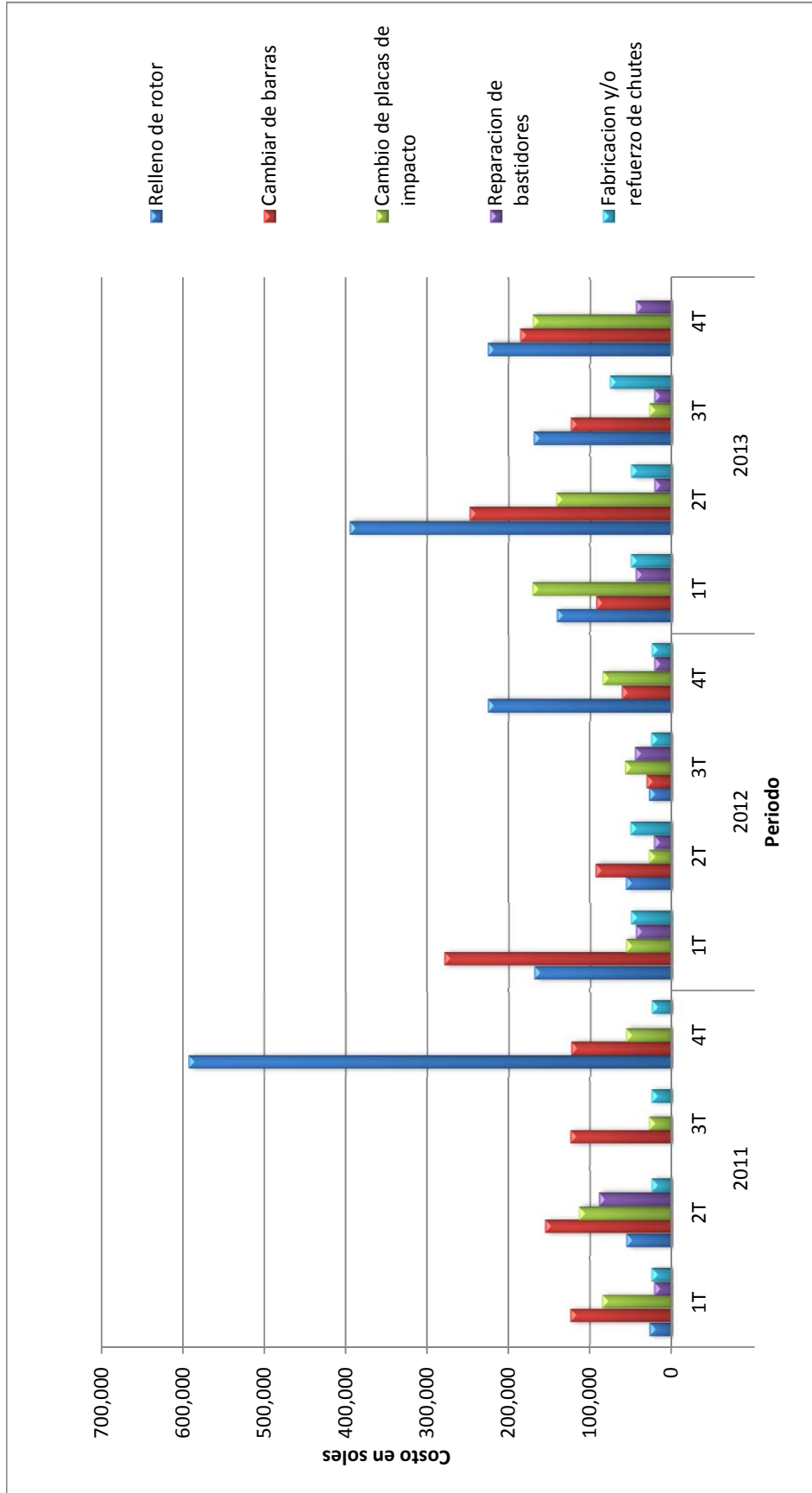
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.28. Costo de reparaciones de la chancadora secundaria, periodo 2011-2013

COSTO DE REPARACIONES	CHANCADORA SECUNDARIA - COSTO EN SOLES											
	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Relleno de rotor	28,242	56,483	0	593,075	169,450	56,483	28,242	225,934	141,208	395,384	169,450	225,934
Cambiar de barras	124,281	155,352	124,281	124,281	279,633	93,211	31,070	62,141	93,211	248,563	124,281	186,422
Cambio de placas de impacto	85,442	113,923	28,481	56,962	56,962	28,481	56,962	85,442	170,885	142,404	28,481	170,885
Reparación de bastidores	22,461	89,844	0	0	44,922	22,461	44,922	22,461	44,922	22,461	22,461	44,922
Fabricación refuerzo chutes	25,504	25,504	25,504	25,504	51,008	51,008	25,504	25,504	51,008	51,008	76,512	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.25. Costo de reparaciones de la chancadora O&K, periodo 2011-2013



Fuente: Elaboración propia

La chancadora O&K es un equipo que se encarga de triturar el material que proviene de canteras, muele piedras de caliza de 5" de diámetro aproximadamente para reducirlas a piedras de 1". Vemos que las operaciones de relleno de rotor, son bastante frecuentes, llegando a picos de 21 rellenos como pico más alto en un solo trimestre y esto representado en costos, representa más de medio millón de soles en reparaciones en un lapso de 3 meses en el año 2011.

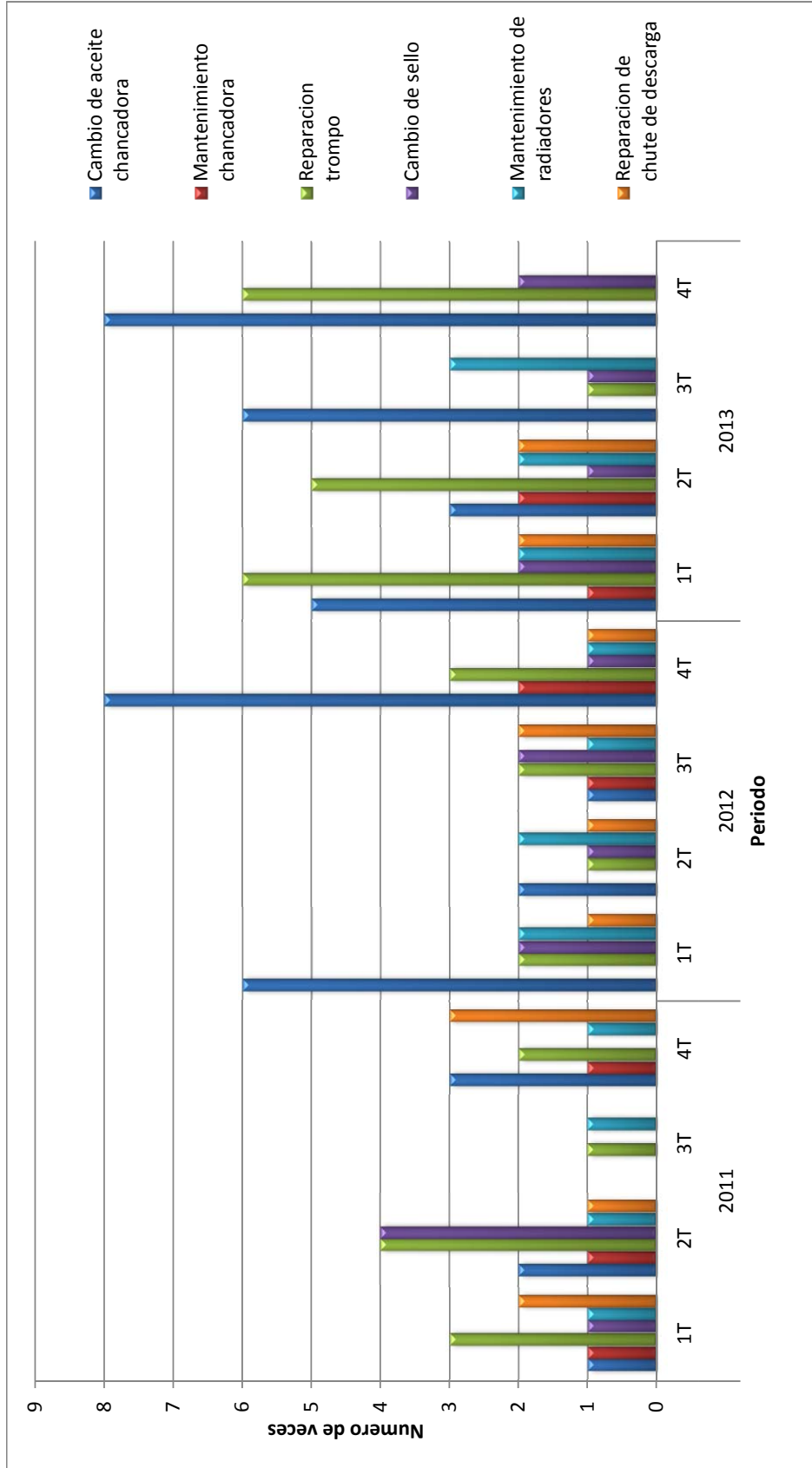
3.4.5. Chancadora Primaria

Cuadro 3.29. Número de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011 – 2013

CHANCADORA PRIMARIA												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de aceite chancadora	1	2	0	3	6	2	1	8	5	3	6	8
Mantenimiento chancadora	1	1	0	1	0	0	1	2	1	2	0	0
Reparación trompo	3	4	1	2	2	1	2	3	6	5	1	6
Cambio de sello	1	4	0	0	2	1	2	1	2	1	1	2
Mantenimiento de radiadores	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3	0
Reparación de chute de descarga	2	1	0	3	1	1	2	1	2	2	0	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.26. Número de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011-2013



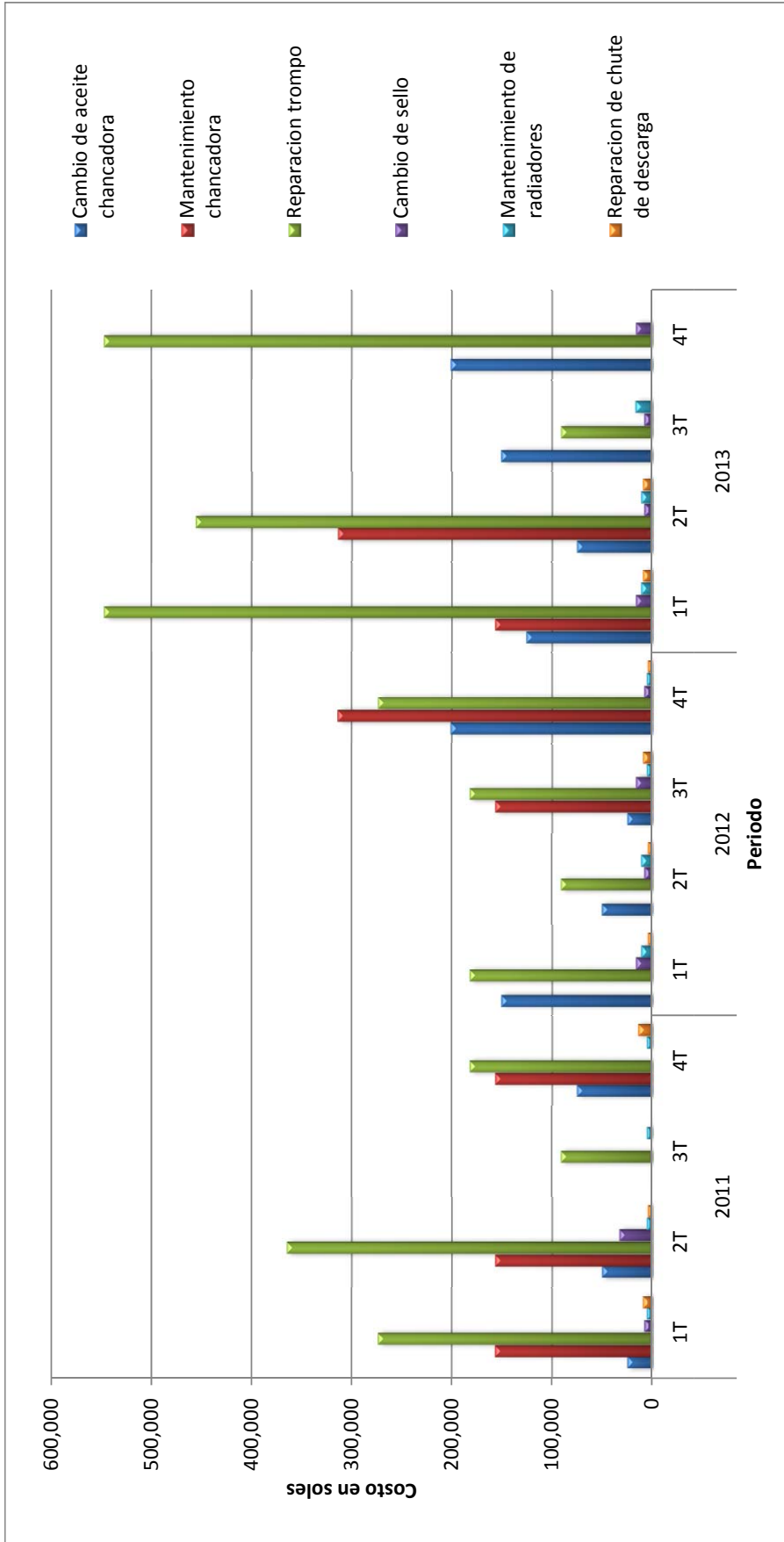
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.30. Costo de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011-2013

COSTO DE REPARACIONES	CHANCADORA PRIMARIA											
	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de aceite chancadora	25,184	50,369	0	75,553	151,106	50,369	25,184	201,475	125,922	75,553	151,106	201,475
Mantenimiento chancadora	157,154	157,154	0	157,154	0	0	157,154	314,309	157,154	314,309	0	0
Reparación trompo	273,850	365,133	91,283	182,567	182,567	91,283	182,567	273,850	547,700	456,416	91,283	547,700
Cambio de sello	8,296	33,183	0	0	16,592	8,296	16,592	8,296	16,592	8,296	8,296	16,592
Mantenimiento de radiadores	5,699	5,699	5,699	5,699	11,398	11,398	5,699	5,699	11,398	11,398	17,098	0
Reparación chute descarga	9,589	4,794	0	14,383	4,794	4,794	9,589	4,794	9,589	9,589	0	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.27. Costo de reparaciones de la chancadora primaria, periodo 2011-2013



Fuente: Elaboración propia

La chancadora primaria, se encuentra ubicada en Canteras, en un equipo que tritura la piedra caliza luego de haber sido explotada directamente y procesa material de hasta un metro de diámetro. Es una chancadora de trompo, y por esa razón, esta actividad es la que se presenta como la más crítica de todas las tareas de mantenimiento que se le realizan a este equipo. Sin embargo, la actividad más frecuente es el cambio de aceite ya que al ser una máquina que se está expuesta todo el tiempo a niveles muy altos de tierra y polución, sumado a la antigüedad que tiene, los filtros no funcionan muy bien y ocasiona que el aceite se ensucie constantemente.

El cambio de aceite no representa un costo elevado, sin embargo como ya menciono antes, las reparaciones del trompo generan costos elevados de hasta S/.550000.00 en un solo trimestre; estas reparaciones se hacen frecuentemente ya que la antigüedad de la maquina reduce el funcionamiento óptimo de esta y por consiguiente la calidad del proceso.

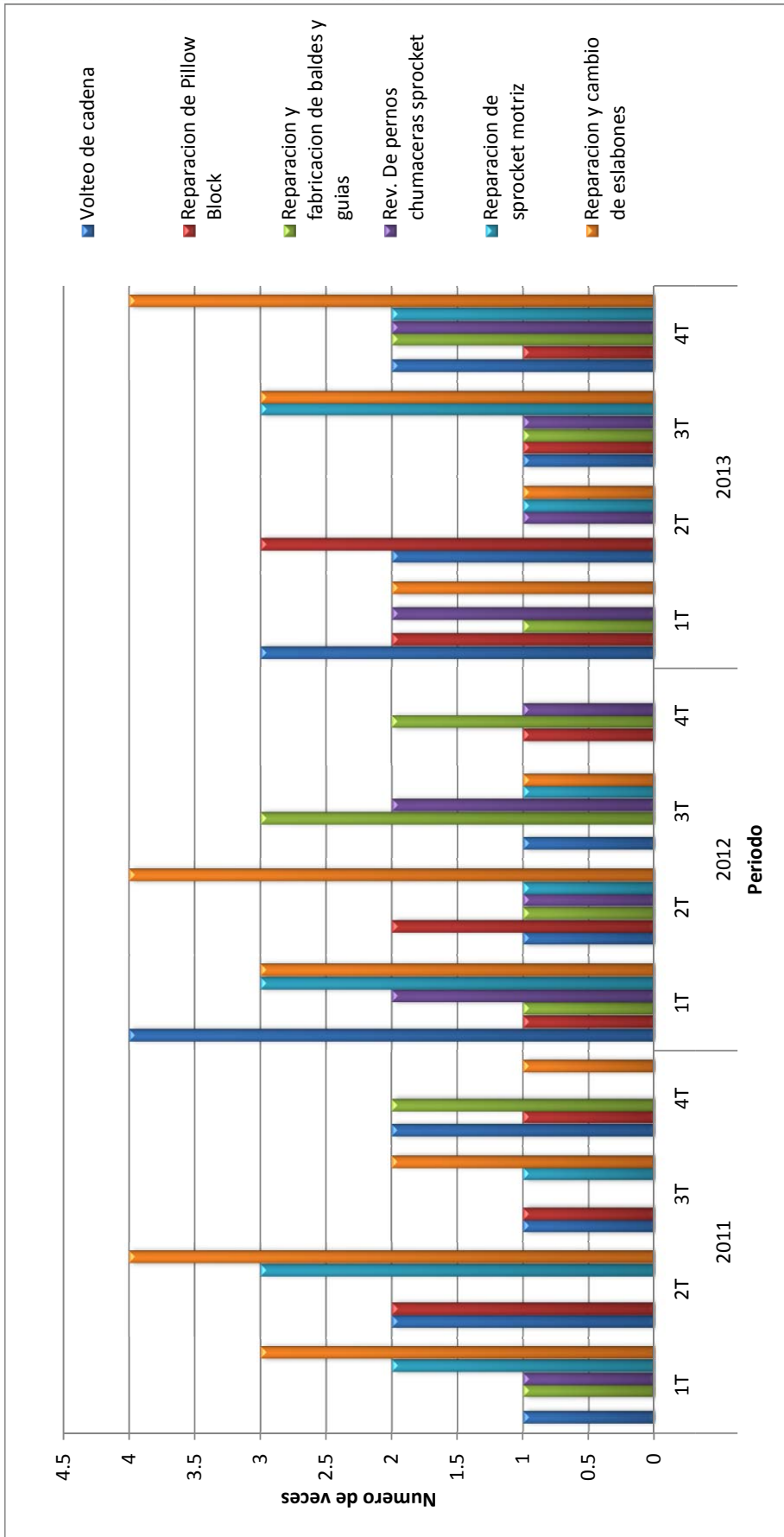
3.4.6. Elevador de canchilones de Clinker

Cuadro 3.31. Número de reparaciones del elevador de canchilones de Clinker, periodo 2011-2013

ELEVADOR DE CANGILONES DE CLINKER												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Volteo de cadena	1	2	1	2	4	1	1	0	3	2	1	2
Reparación de Pillow Block	0	2	1	1	1	2	0	1	2	3	1	1
Reparación y fabricación de baldes y guías	1	0	0	2	1	1	3	2	1	0	1	2
Rev. De pernos chumaceras sprocket	1	0	0	0	2	1	2	1	2	1	1	2
Reparación de sprocket motriz	2	3	1	0	3	1	1	0	0	1	3	2
Reparación y cambio de eslabones	3	4	2	1	3	4	1	0	2	1	3	4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.28. Número de reparaciones del elevador de cangilones de Clinker



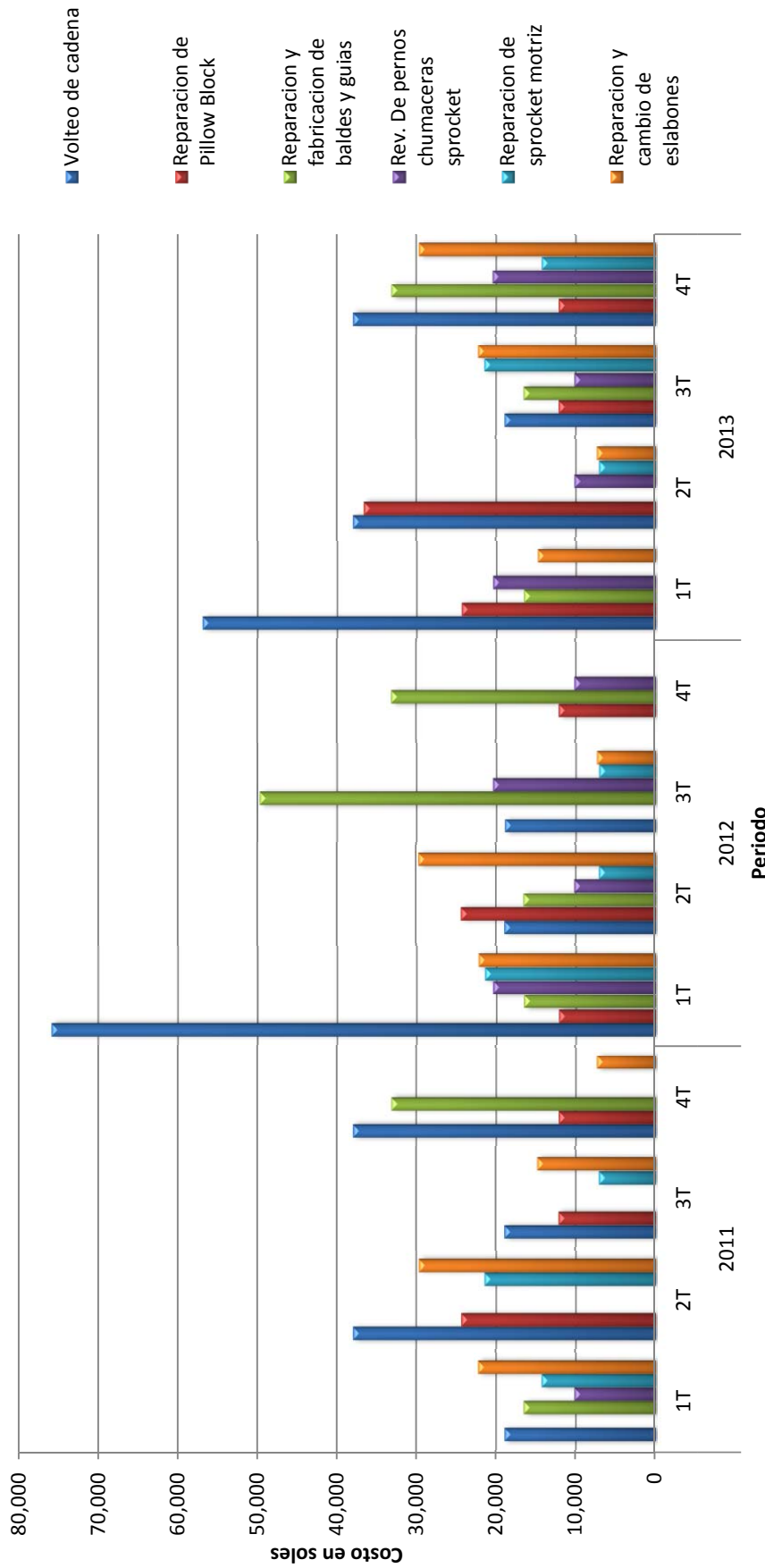
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.32. Costo de reparaciones del elevador de cangilones de Clinker, periodo 2011-2013

COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Volteo de cadena	18,977	37,955	18,977	37,955	75,909	18,977	18,977	0	56,932	37,955	18,977	37,955
Reparación de Pillow Block	0	24,402	12,201	12,201	12,201	24,402	0	12,201	24,402	36,603	12,201	12,201
Reparación y fabricación de baldes y guías	16,580	0	0	33,161	16,580	16,580	49,741	33,161	16,580	0	16,580	33,161
Rev. De pernos chumaceras sprocket	10,236	0	0	0	20,472	10,236	20,472	10,236	20,472	10,236	10,236	20,472
Reparación de sprocket motriz	14,328	21,492	7,164	0	21,492	7,164	7,164	0	0	7,164	21,492	14,328
Reparación cambio eslabones	22,287	29,716	14,858	7,429	22,287	29,716	7,429	0	14,858	7,429	22,287	29,716

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.29. Costo de reparaciones del elevador de cangilones de Clinker



Fuente: Elaboración propia

El elevador de cangilones de Clinker es un transportador vertical de faja que se encarga de recepcionar el Clinker que sale del lugar de almacenamiento y lo lleva hacia el molino vertical de cemento para posteriormente mezclarse con la puzolana y el yeso para obtener el producto final que es el cemento.

Las actividades de mantenimiento son variadas y no se tiene registro de alguna falla recurrente, sin embargo si debemos mencionar una actividad que es importante y tiene una frecuencia que requiere atención es la reparación al chute de descarga que representa el mayor costo en el mantenimiento de este equipo.

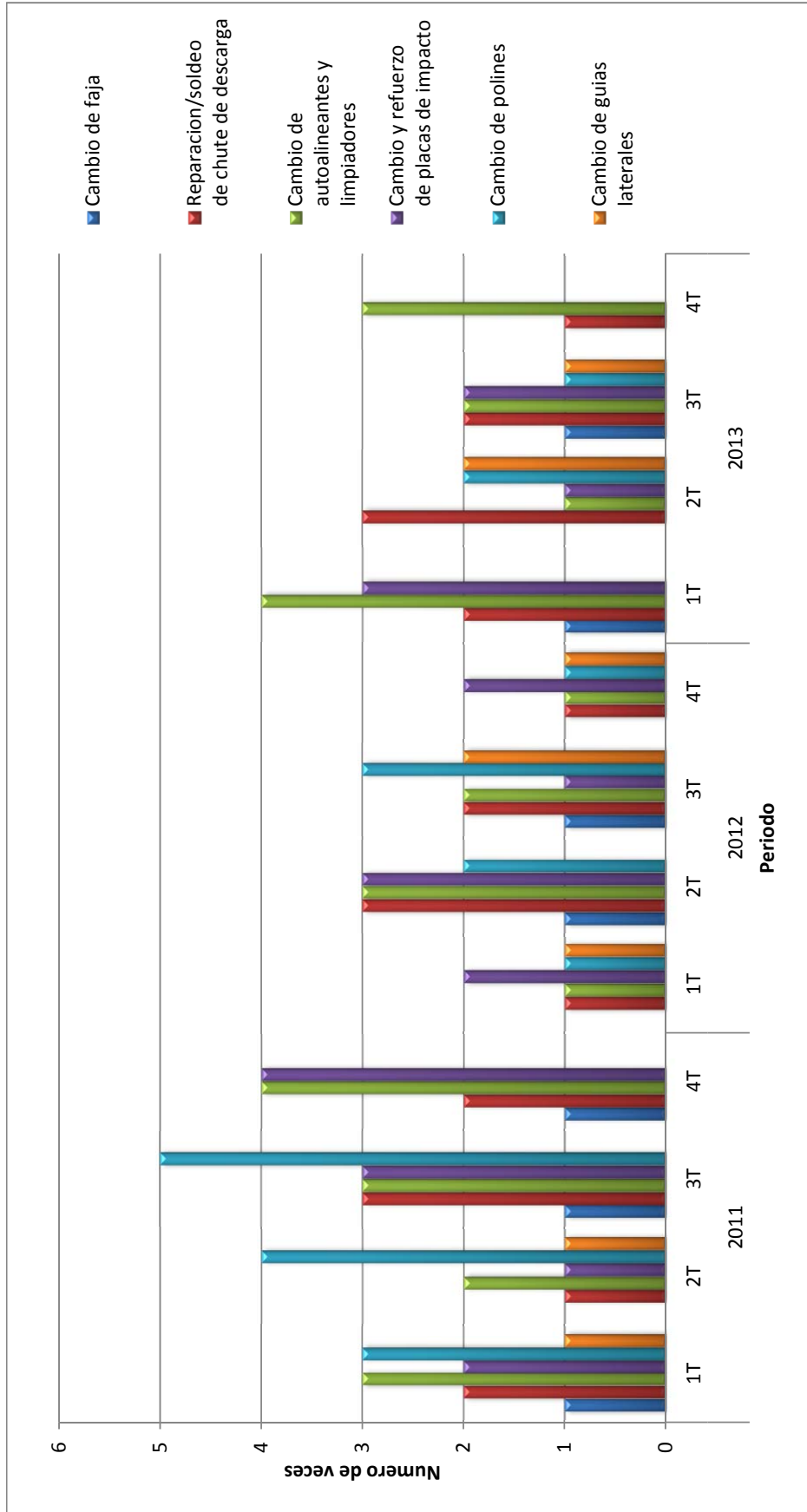
3.4.7. Faja transportadora de Caliza

Cuadro 3.33. Numero de reparaciones de la faja transportadora de Caliza

NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de faja	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
Reparación/soldeo de chute de descarga	2	1	3	2	1	3	2	1	2	3	2	1
Cambio de autoalineantes y limpiadores	3	2	3	4	1	3	2	1	4	1	2	3
Cambio y refuerzo de placas de impacto	2	1	3	4	2	3	1	2	3	1	2	0
Cambio de polines	3	4	5	0	1	2	3	1	0	2	1	0
Cambio de guías laterales	1	1	0	0	1	0	2	1	0	2	1	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.30. Número de reparaciones faja transportadora de caliza



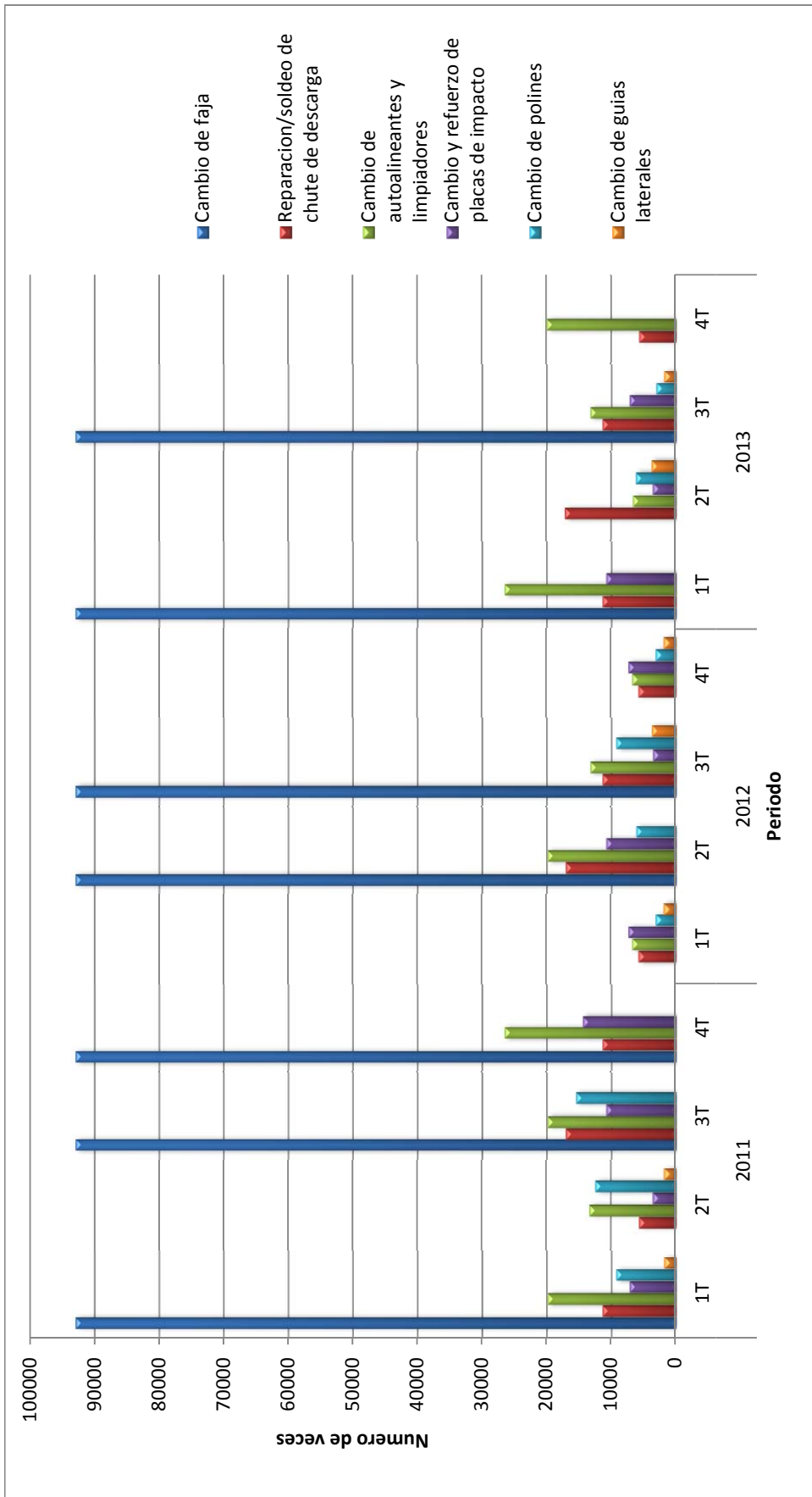
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.34. Costo de reparaciones de la faja transportadora de Caliza

COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de faja	92996	0	92996	92996	0	92996	92996	0	92996	0	92996	0
Reparación/soldeo de chute de descarga	11412	5706	17118	11412	5706	17118	11412	5706	11412	17118	11412	5706
Cambio de autoalineantes y limpiadores	19933	13289	19933	26577	6644	19933	13289	6644	26577	6644	13289	19933
Cambio y refuerzo de placas de impacto	7227	3614	10841	14454	7227	10841	3614	7227	10841	3614	7227	0
Cambio de polines	9311	12415	15519	0	3104	6208	9311	3104	0	6208	3104	0
Cambio de guías laterales	1898	1898	0	0	1898	0	3795	1898	0	3795	1898	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.31. Costo de reparaciones faja transportadora de caliza



Fuente: Elaboración propia

Esta faja es la más larga de la planta y se encarga de transportar la caliza de la pila de materias primas hacia la chancadora secundaria, los costos más representativos se dan por el cambio de faja que por llevar material de dimensiones bastante grandes, esta se rompe continuamente o se generan irregularidades que impiden que el transporte sea óptimo. Los costos de esta actividad bordean los S/.100,00.00 y se realizan hasta 3 veces en un año.

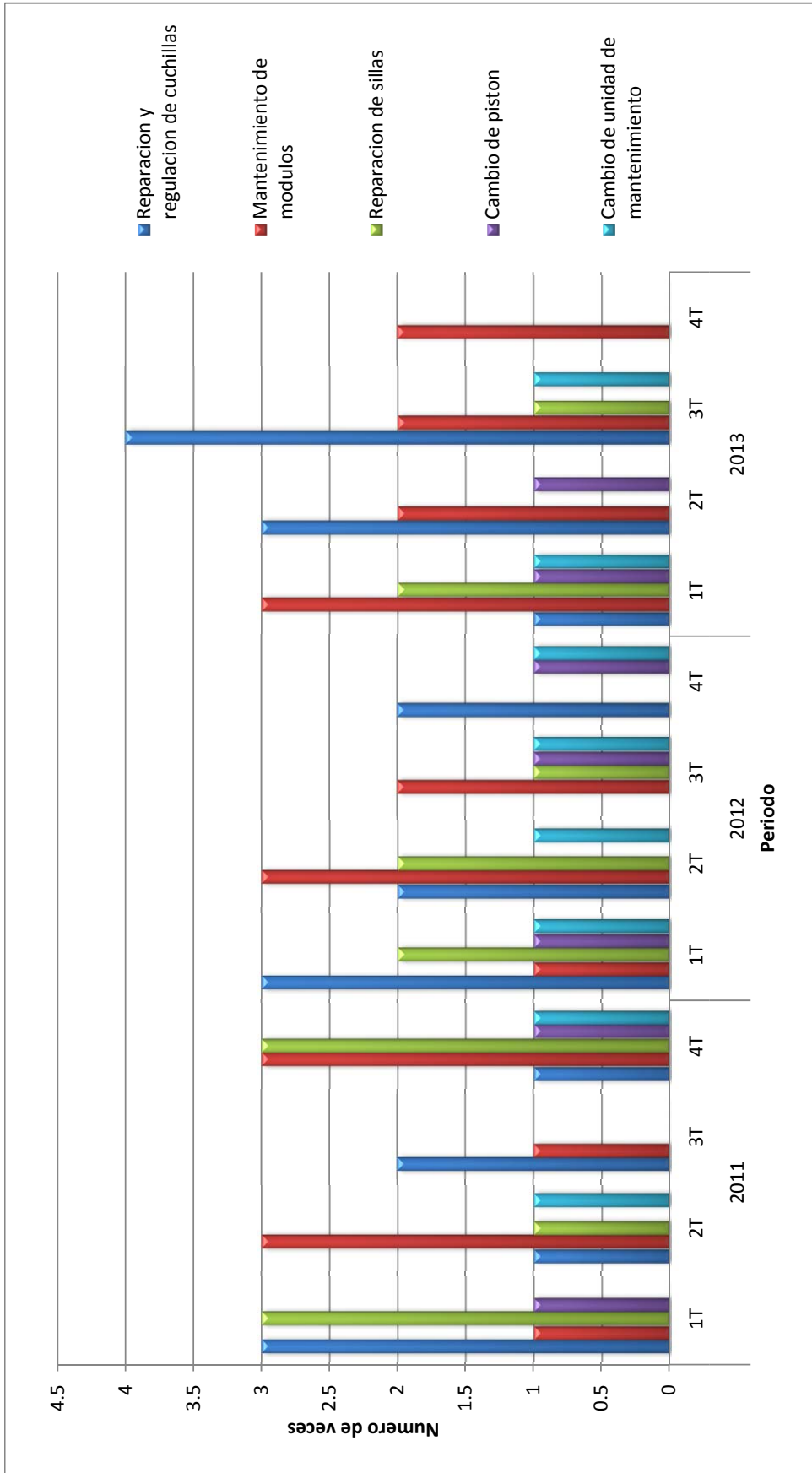
3.4.8. Ensacadora Rotativa

Cuadro 3.35. Numero de reparaciones Ensacadora Rotativa

NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Reparación y regulación de cuchillas	3	1	2	1	3	2	0	2	1	3	4	0
Mantenimiento de módulos	1	3	1	3	1	3	2	0	3	2	2	2
Reparación de sillas	3	1	0	3	2	2	1	0	2	0	1	0
Cambio de pistón	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Cambio de unidad de mantenimiento	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.32. Numero de reparaciones Ensacadora Rotativa



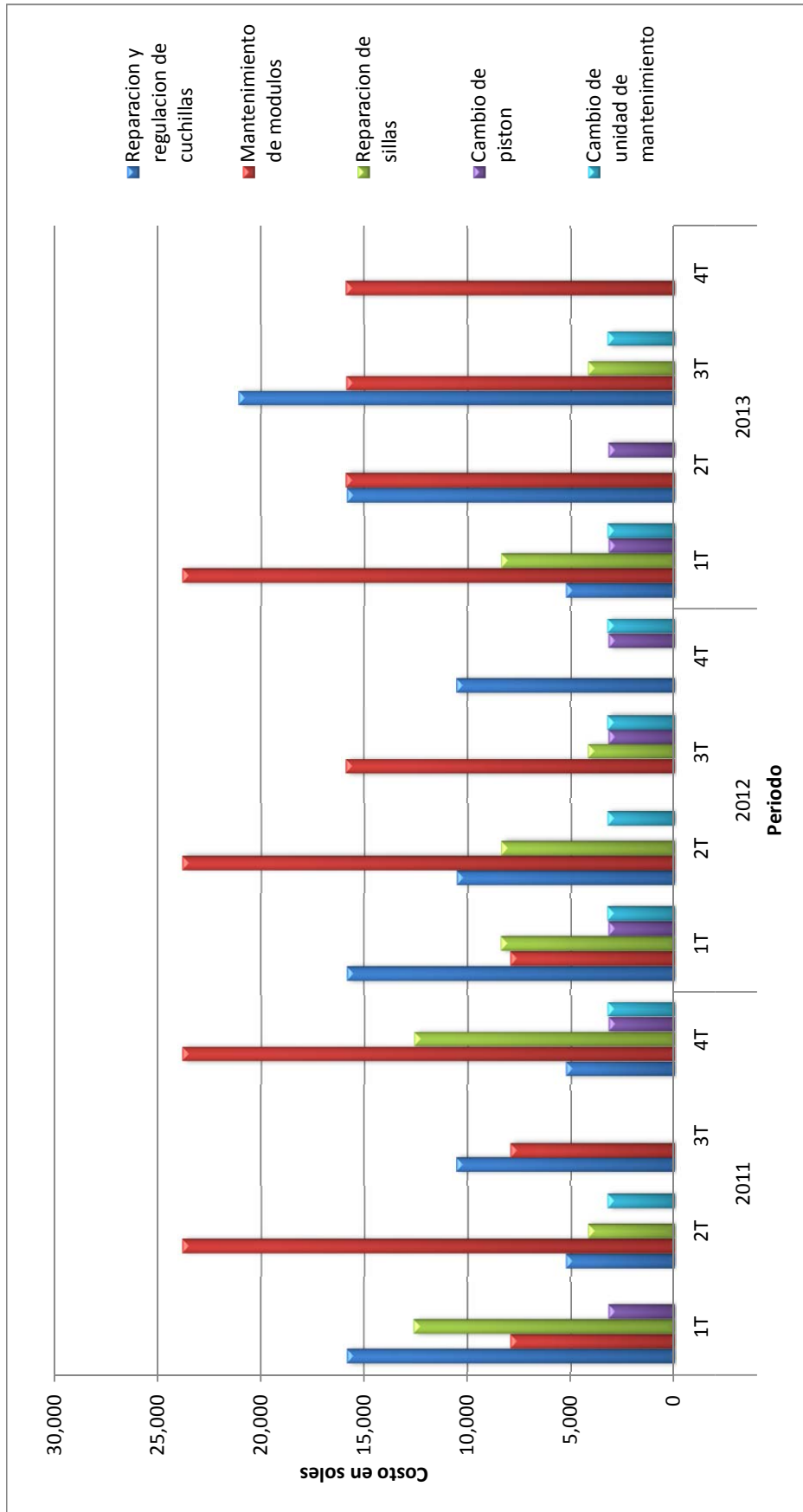
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.36. Costo de reparaciones Ensacadora Rotativa

COSTO DE REPARACIONES	HAVER 3											
	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Reparación y regulación cuchillas	15,839	5,280	10,559	5,280	15,839	10,559	0	10,559	5,280	15,839	21,118	0
Mantenimiento de módulos	7,949	23,847	7,949	23,847	7,949	23,847	15,898	0	23,847	15,898	15,898	15,898
Reparación de sillas	12,618	4,206	0	12,618	8,412	8,412	4,206	0	8,412	0	4,206	0
Cambio de pistón	3,212	0	0	3,212	3,212	0	3,212	3,212	3,212	3,212	0	0
Cambio de unidad de mantenimiento	0	3,262	0	3,262	3,262	3,262	3,262	3,262	3,262	0	3,262	0

Fuente Elaboración propia

Grafico 3.33. Costo de reparaciones Ensacadora Rotativa



Fuente: Elaboración propia

Ensayadora es la última área del proceso, pues en este equipo se embolsa el cemento por medio de unos pistones en donde el material es inyectado dentro de las bolsas.

La actividad más resaltante en este equipo es el mantenimiento de los módulos o pistones que como se mencionó son los encargados de inyectar el cemento en las bolsas. Esta actividad representa también los mayores costos en esta parte del proceso, no solo por la frecuencia, sino por la cantidad de dinero invertido en cada reparación.

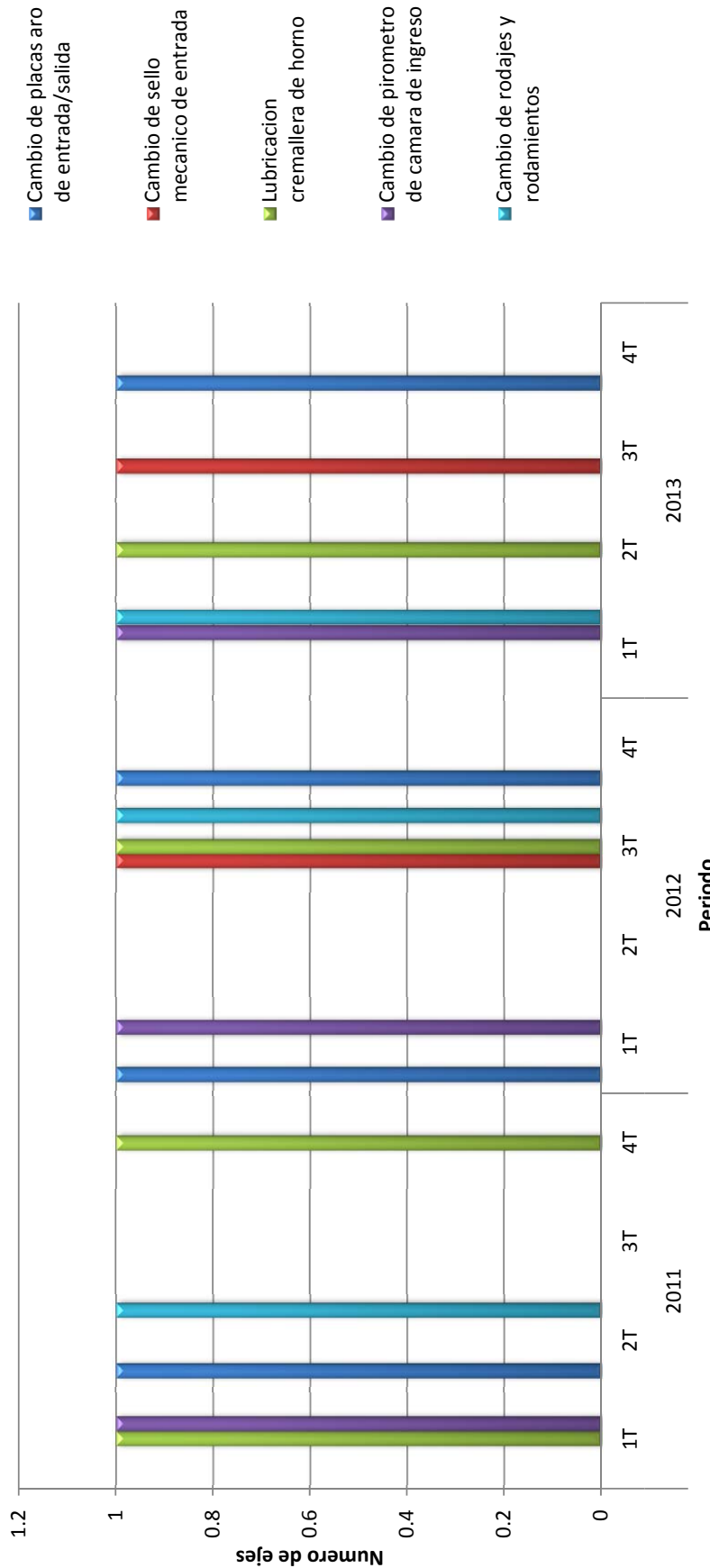
3.4.9. Horno

Cuadro 3.37. Número de reparaciones Horno

HORNO												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de placas aro de entrada/salida	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Cambio de sello mecánico de entrada	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Lubricación cremallera de horno	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Cambio de pirómetro de cámara de ingreso	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Cambio de rodajes y rodamientos	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.34. Número de reparaciones del Horno



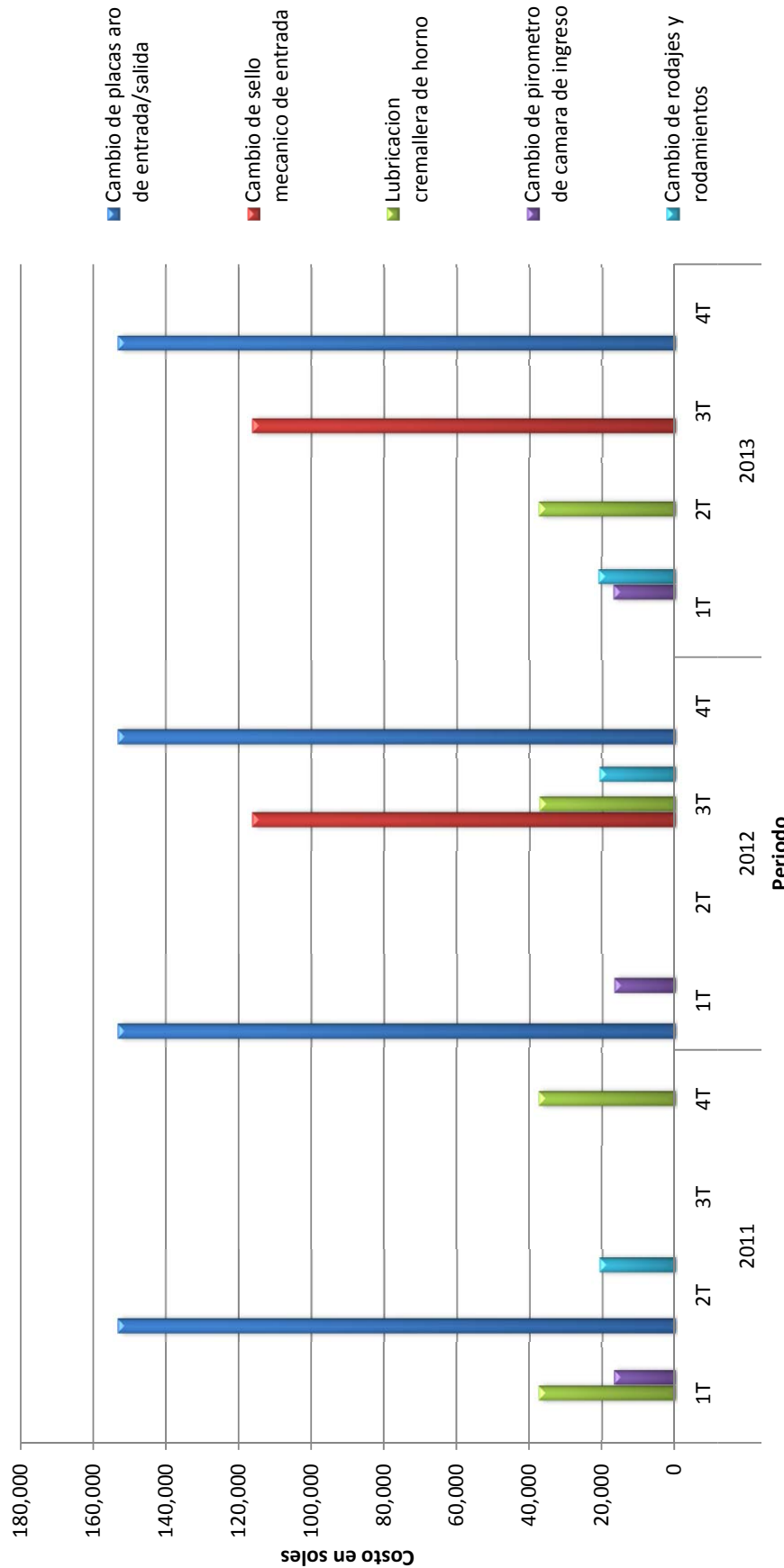
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.38. Costo de reparaciones de Horno

COSTO DE REPARACIONES	HORNO - COSTO EN SOLES											
	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de placas aro de entrada/salida	0	153,330	0	0	153,330	0	0	153,330	0	0	0	153,330
Cambio de sello mecánico de entrada	0	0	0	0	0	0	116,406	0	0	0	116,406	0
Lubricación cremallera de horno	37,446	0	0	37,446	0	0	37,446	0	0	37,446	0	0
Cambio pirómetro de cámara de ingreso	16,896	0	0	0	16,896	0	0	0	16,896	0	0	0
Cambio de rodajes y rodamientos	0	20,959	0	0	0	0	20,959	0	20,959	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.35. Costo de reparaciones de Horno



Fuente: Elaboración propia

El horno es uno de los equipos más importantes de la planta, ya que si este equipo deja de funcionar, una sola hora en paro representa gastos por cerca de S/.46,000.00, sin embargo, es uno de los equipos más estables que se tiene en planta, y los mantenimientos que se le realiza son anuales y según programación.

Los costos de reparación de este equipo son bastante altos, llegando a picos de S/.160,000.00 en una sola reparación.

Este equipo por los costos implicados y la producción continua que debe tener es considerado crítico.

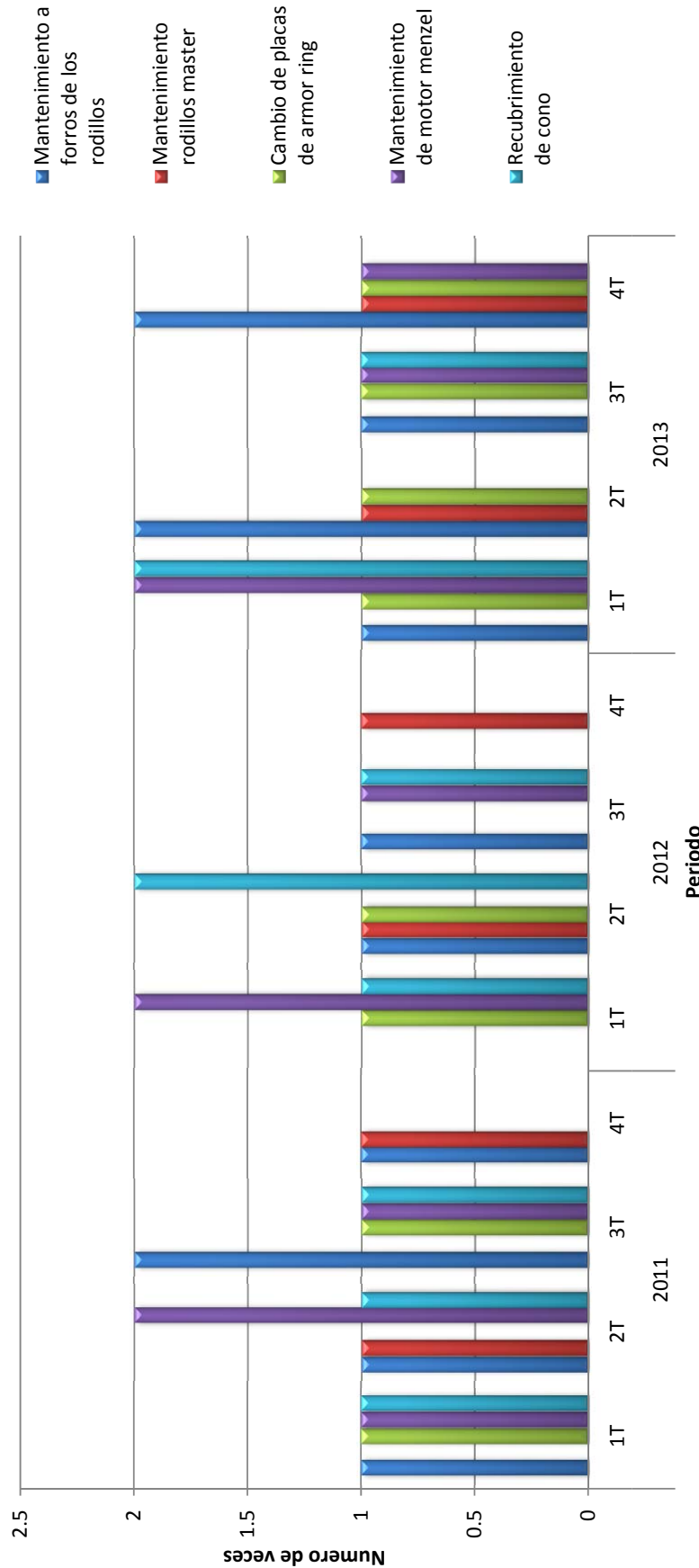
3.4.10. Molino Vertical de Cemento

Cuadro 3.39. Número de reparaciones Molino Vertical de cemento

MOLINO VERTICAL DE CEMENTO												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento a forros de los rodillos	1	1	2	1	0	1	1	0	1	2	1	2
Mantenimiento rodillos master	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Cambio de placas de armor ring	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Mantenimiento de motor	1	2	1	0	2	0	1	0	2	0	1	1
Recubrimiento de cono	1	1	1	0	1	2	1	0	2	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.36. Número de reparaciones Molino vertical de cemento



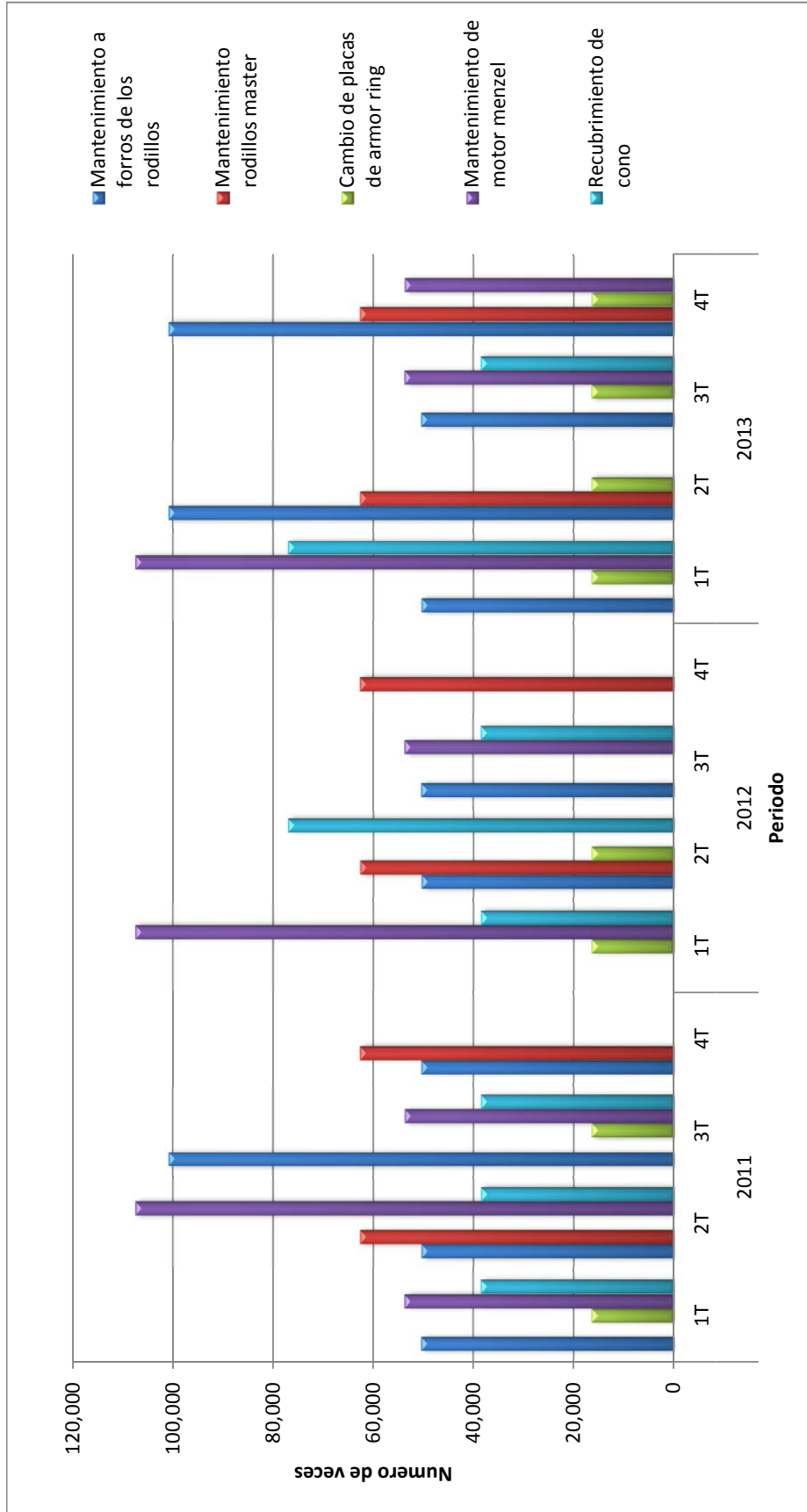
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.40. Costo de reparaciones Molino Vertical de Cemento

COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento forros de rodillos	50,443	50,443	100,885	50,443	0	50,443	50,443	0	50,443	100,885	50,443	100,885
Mantenimiento rodillos master	0	62,701	0	62,701	0	62,701	0	62,701	0	62,701	0	62,701
Cambio de placas de armor ring	16,477	0	16,477	0	16,477	16,477	0	0	16,477	16,477	16,477	16,477
Mantenimiento de motor	53,772	107,543	53,772	0	107,543	0	53,772	0	107,543	0	53,772	53,772
Recubrimiento de cono	38,549	38,549	38,549	0	38,549	77,098	38,549	0	77,098	0	38,549	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.37. Costo de reparaciones de Molino Vertical de Cemento



Fuente: Elaboración propia

Al igual que el Horno, el molino vertical de cemento es uno de los equipos más importantes de la planta ya que este molino se encarga de más del 60% de la molienda de Clinker para la producción de cemento en la planta.

Las actividades más representativas en este equipo son el mantenimiento a los forros de los rodillos y el mantenimiento al motor principal; estas actividades además representan también por mayores costos por reparación, llegando a picos de hasta S/.100,000.00.

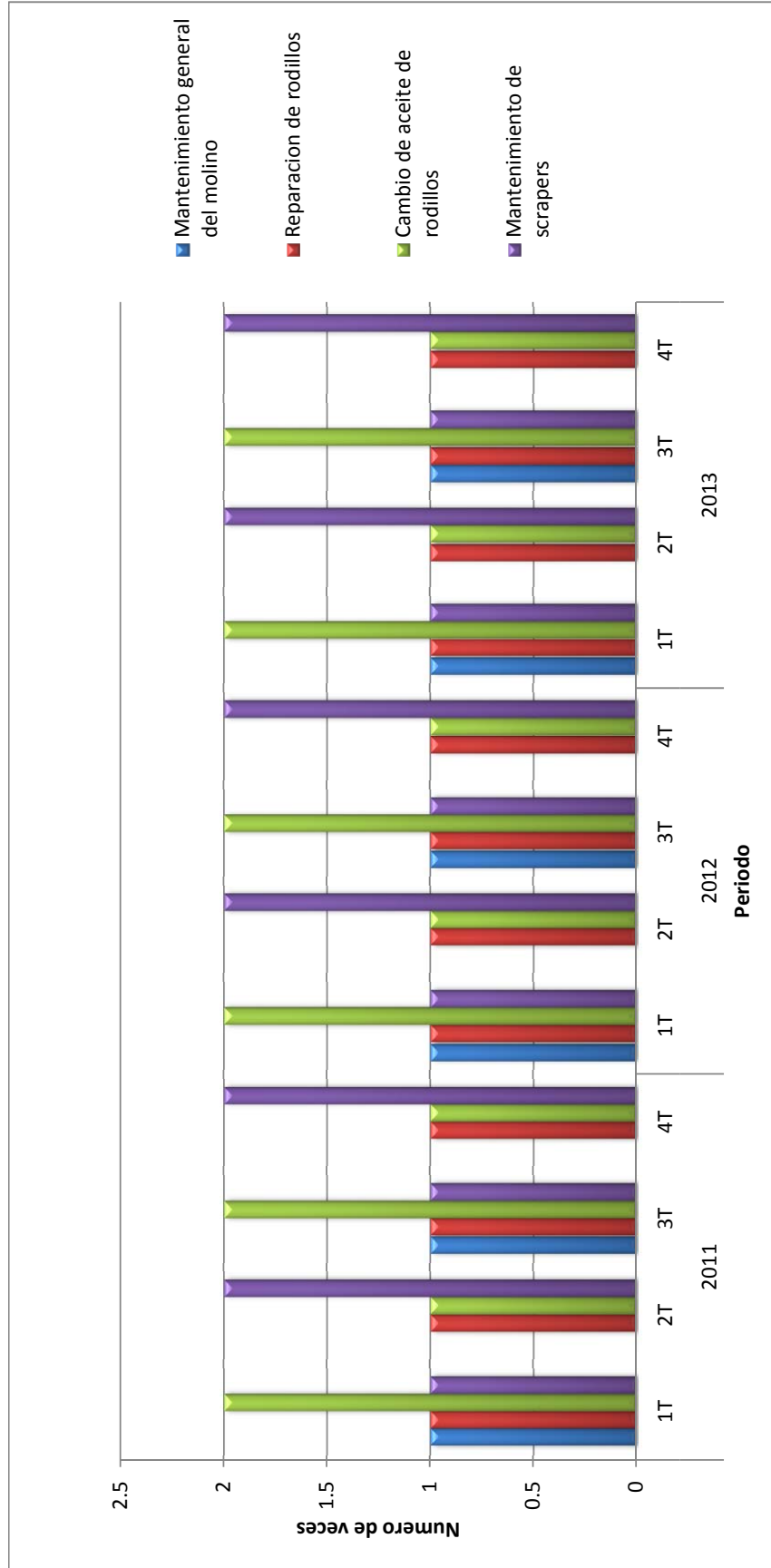
3.4.11. Molino de Carbón

Cuadro 3.41. Número de reparaciones Molino de Carbón

MOLINO DE CARBON												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento general del molino	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Reparación de rodillos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cambio de aceite de rodillos	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Mantenimiento de scrapers	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.38. Número de reparaciones Molino de Carbón



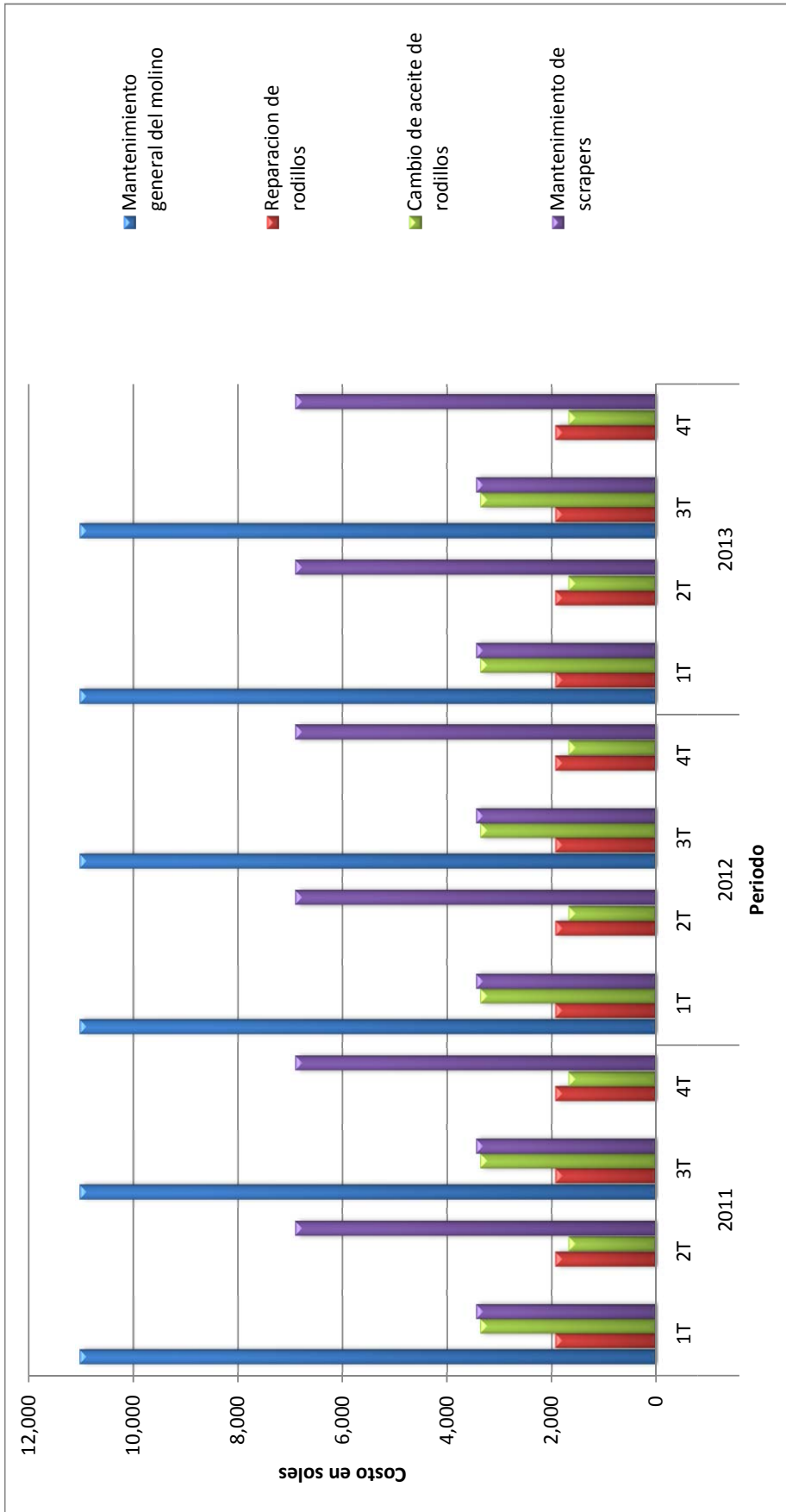
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.42. Costo de reparaciones Molino de Carbón

COSTO DE REPARACIONES	MOLINO DE CARBON - COSTO EN SOLES											
	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento general del molino	11,034	0	11,034	0	11,034	0	11,034	0	11,034	0	11,034	0
Reparación de rodillos	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941	1,941
Cambio de aceite de rodillos	3,376	1,688	3,376	1,688	3,376	1,688	3,376	1,688	3,376	1,688	3,376	1,688
Mantenimiento de scrapers	3,456	6,911	3,456	6,911	3,456	6,911	3,456	6,911	3,456	6,911	3,456	6,911

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.39. Costo de reparaciones del Molino de Carbón



Fuente: Elaboración propia

El Molino de carbón se encarga de preparar el combustible que alimentara al horno para un correcto funcionamiento. Las tolvas donde se depositan este material tienen una capacidad pequeña, no mayor a 60tn, es por esta razón que el molino debe mantenerse siempre en funcionamiento ya que es crítico para el funcionamiento del horno.

El molino de carbón además debe mantenerse siempre en óptimas condiciones para poder asegurar la mejor utilización del combustible y otorgarle el mayor poder calorífico para que la combustión sea más completa, reduciendo el nivel del CO que es negativo para el Horno.

La actividad más resaltante es el mantenimiento general al molino que representa costos de hasta S/.12,000.00 aproximadamente, el costo no es alto considerando la criticidad del equipo.

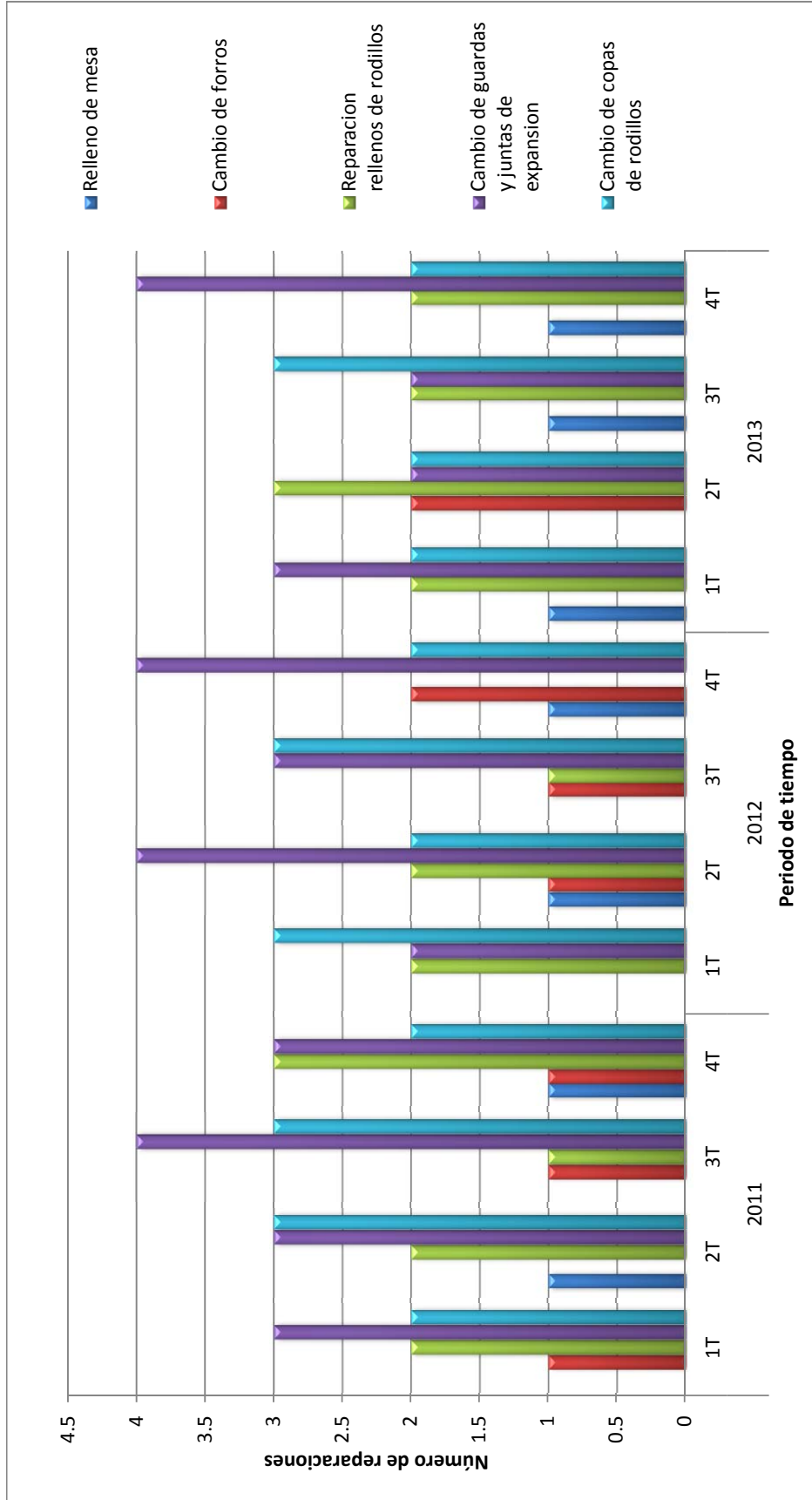
3.4.12. Molino vertical de crudos

Cuadro 3.43. Número de reparaciones molino vertical de crudos

MOLINO VERTICAL DE CRUDOS												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Relleno de mesa	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
Cambio de forros	1	0	1	1	0	1	1	2	0	2	0	0
Reparación rellenos de rodillos	2	2	1	3	2	2	1	0	2	3	2	2
Cambio de guardas y juntas de expansión	3	3	4	3	2	4	3	4	3	2	2	4
Cambio de copas de rodillos	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.40. Número de reparaciones Molino vertical de crudos



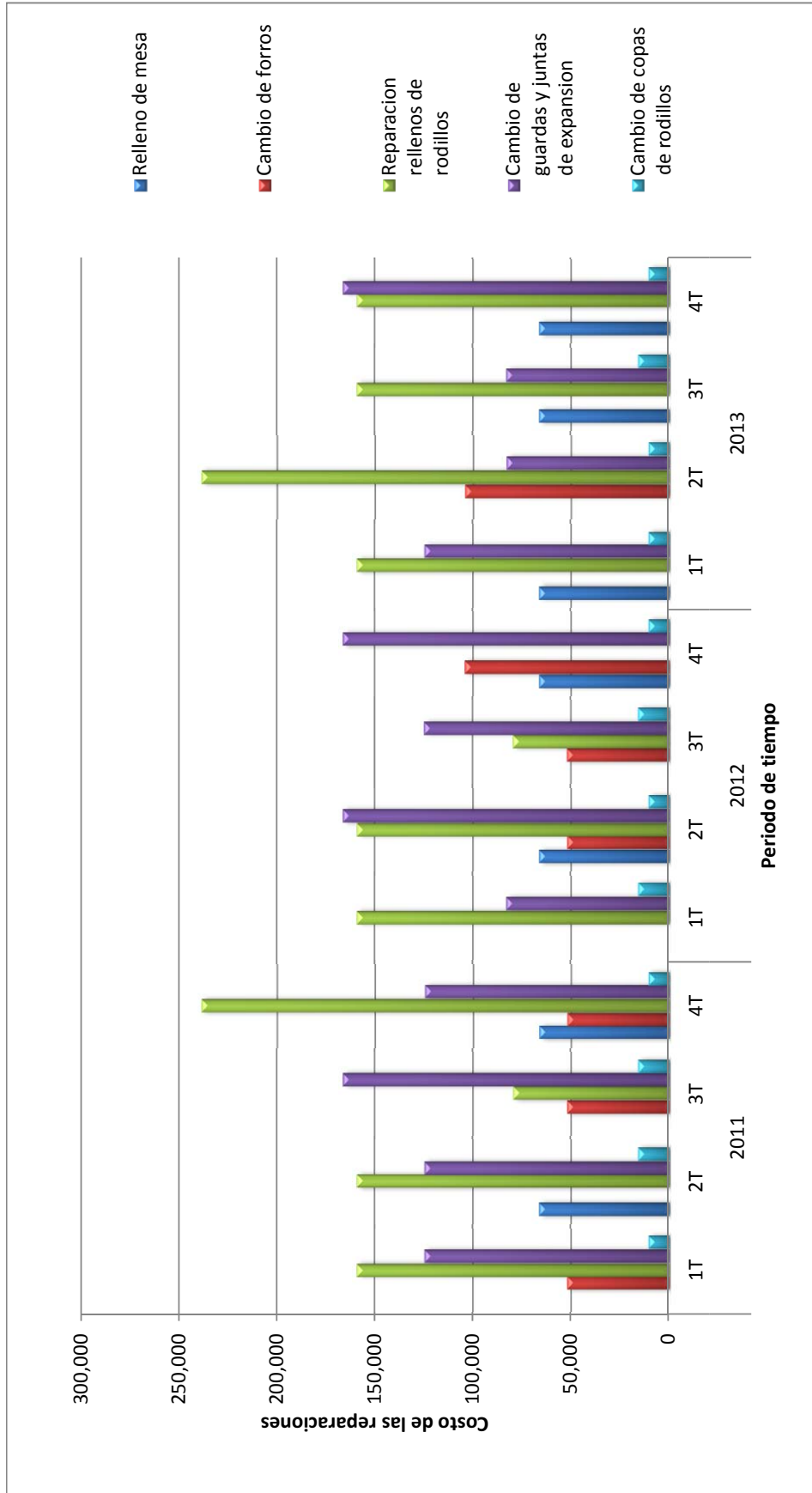
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.44. Costo de reparaciones molino vertical de crudos

COSTO DE REPARACIONES	MOLINO VERTICAL DE CRUDOS - COSTO EN SOLES														
	2011						2012						2013		
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T			
Relleno de mesa	0	66,469	0	66,469	0	66,469	0	66,469	0	66,469	0	66,469			
Cambio de forros	52,152	0	52,152	52,152	0	52,152	104,304	0	104,304	0	0	0			
Reparación rellenos rodillos	159,180	159,180	79,590	238,770	159,180	159,180	79,590	0	159,180	238,770	159,180	159,180			
Cambio guardas juntas expansión	124,784	124,784	166,378	124,784	83,189	166,378	124,784	166,378	124,784	83,189	83,189	166,378			
Cambio de copas de rodillos	10,696	16,044	16,044	10,696	16,044	10,696	16,044	10,696	10,696	16,044	16,044	10,696			

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.41. Número de reparaciones Molino vertical de crudos



Fuente: Elaboración propia

El molino vertical de crudos es un equipo que alcanza el 100% de la capacidad nominal de molienda, este equipo se encarga de moler la materia prima que es la caliza con pizarra y arcilla para posteriormente almacenar este producto en un silo de homogenización que luego alimenta al horno. Es por esta razón que este equipo es considerado crítico y debe mantenerse en óptimas condiciones de funcionamiento.

Las actividades más importantes en los molinos verticales es la reparación y relleno de rodillos y este molino no es la excepción, ya que este tipo de mantenimiento es frecuente durante el año y es también la actividad más costosa, le sigue en segundo lugar el cambio de guardas y juntas de expansión que no son muy costosas pero si frecuentes en el año.

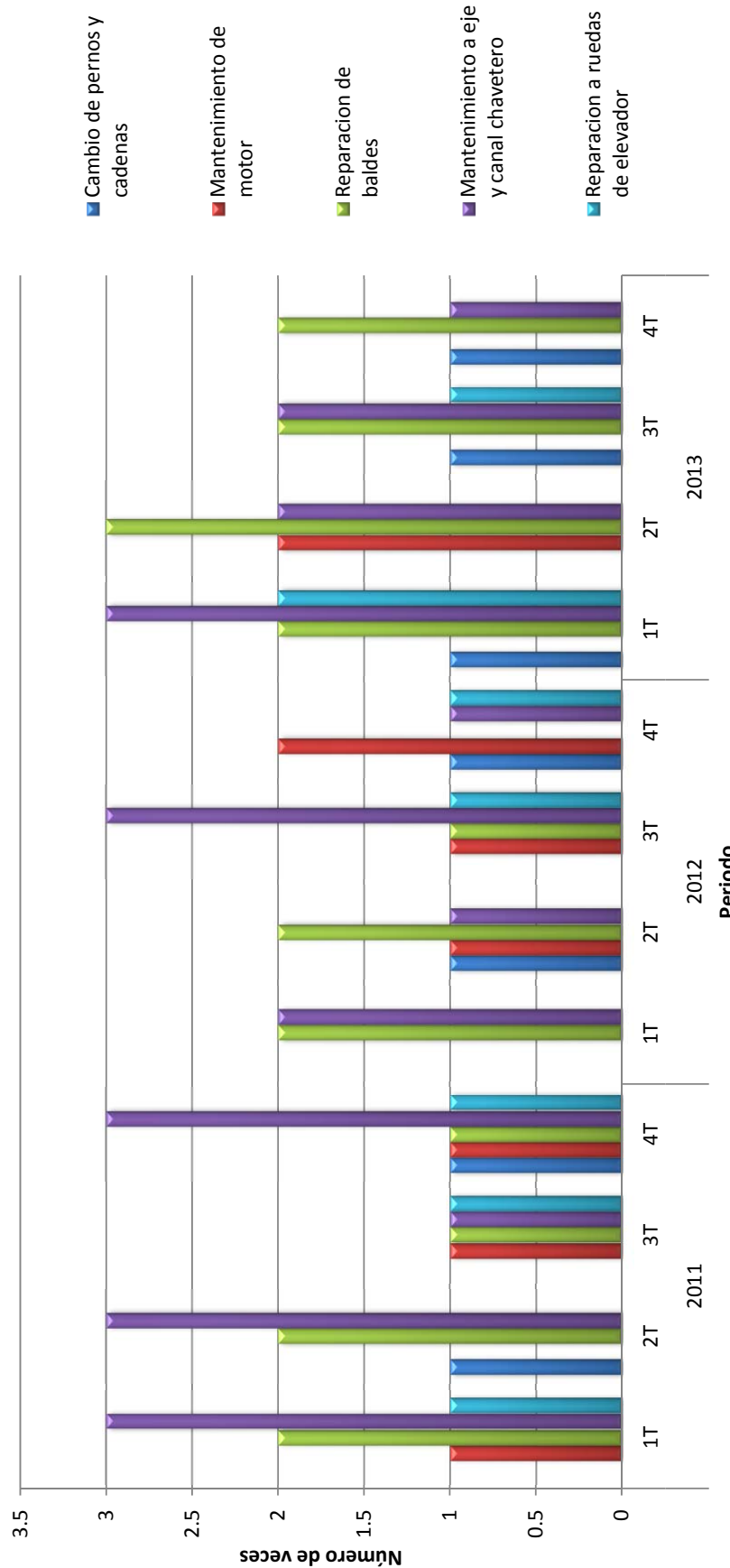
3.4.13. Transportador de placas

Cuadro 3.45. Numero de reparación transportador de placas

TRANSPORTADOR DE PLACAS												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de pernos y cadenas	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
Mantenimiento de motor	1	0	1	1	0	1	1	2	0	2	0	0
Reparación de baldes	2	2	1	1	2	2	1	0	2	3	2	2
Mantenimiento a eje y canal chavetero	3	3	1	3	2	1	3	1	3	2	2	1
Reparación a ruedas de elevador	1	0	1	1	0	0	1	1	2	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.42. Numero de reparaciones transportador de placas



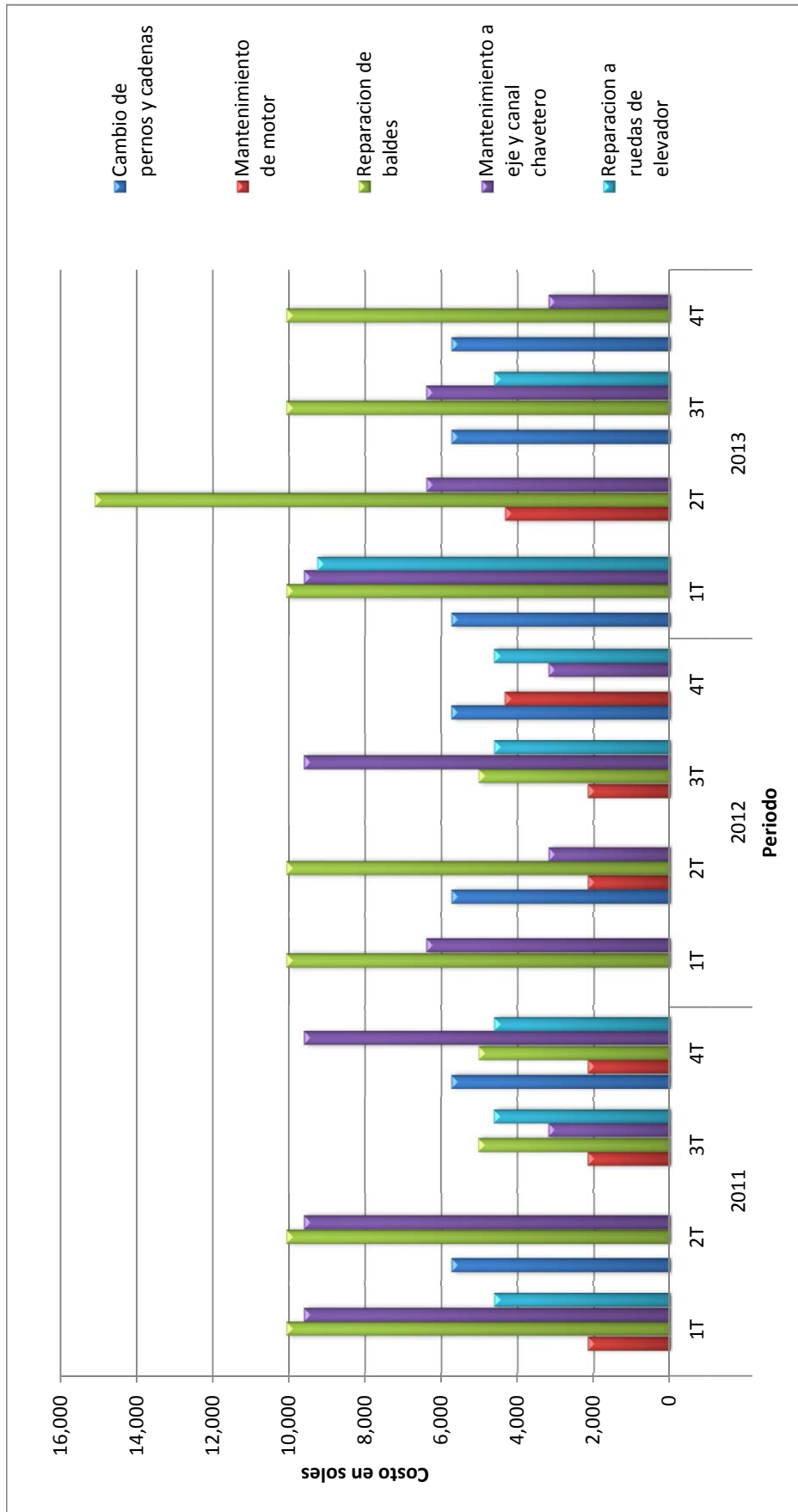
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.46. Costo de reparaciones del transportador de placas

COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Cambio de pernos y cadenas	0	5,751	0	5,751	0	5,751	0	5,751	5,751	0	5,751	5,751
Mantenimiento de motor	2,175	0	2,175	2,175	0	2,175	2,175	4,349	0	4,349	0	0
Reparación de baldes	10,075	10,075	5,037	5,037	10,075	10,075	5,037	0	10,075	15,112	10,075	10,075
Mantenimiento a eje y canal chavetero	9,617	9,617	3,206	9,617	6,411	3,206	9,617	3,206	9,617	6,411	6,411	3,206
Reparación a ruedas de elevador	4,633	0	4,633	4,633	0	0	4,633	4,633	9,265	0	4,633	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.43. Costo de reparación transportador de placas



Fuente: Elaboración propia

El transportador de placas es un equipo que recibe el material que sale del enfriador y la lleva por medio de unas fajas metálicas hacia el domo de almacenamiento de Clinker, donde posteriormente ingresara al Molino de Cemento para continuar con el proceso.

El material aquí se encuentra a entre 90°C y 100°C, la actividad más frecuente y costosa es la reparación de baldes que son los contenedores metálicos que reciben el Clinker. Otra actividad critica en este equipo es el mantenimiento al eje y al canal chavetero ya que se este equipo es transportado sobre unos rieles y ruedas que le transmiten movimiento ascendente para descargar el Clinker en el domo.

Como tercera actividad frecuente y costosa tenemos el mantenimiento de las ruedas que se dañan por el peso del material que se le da.

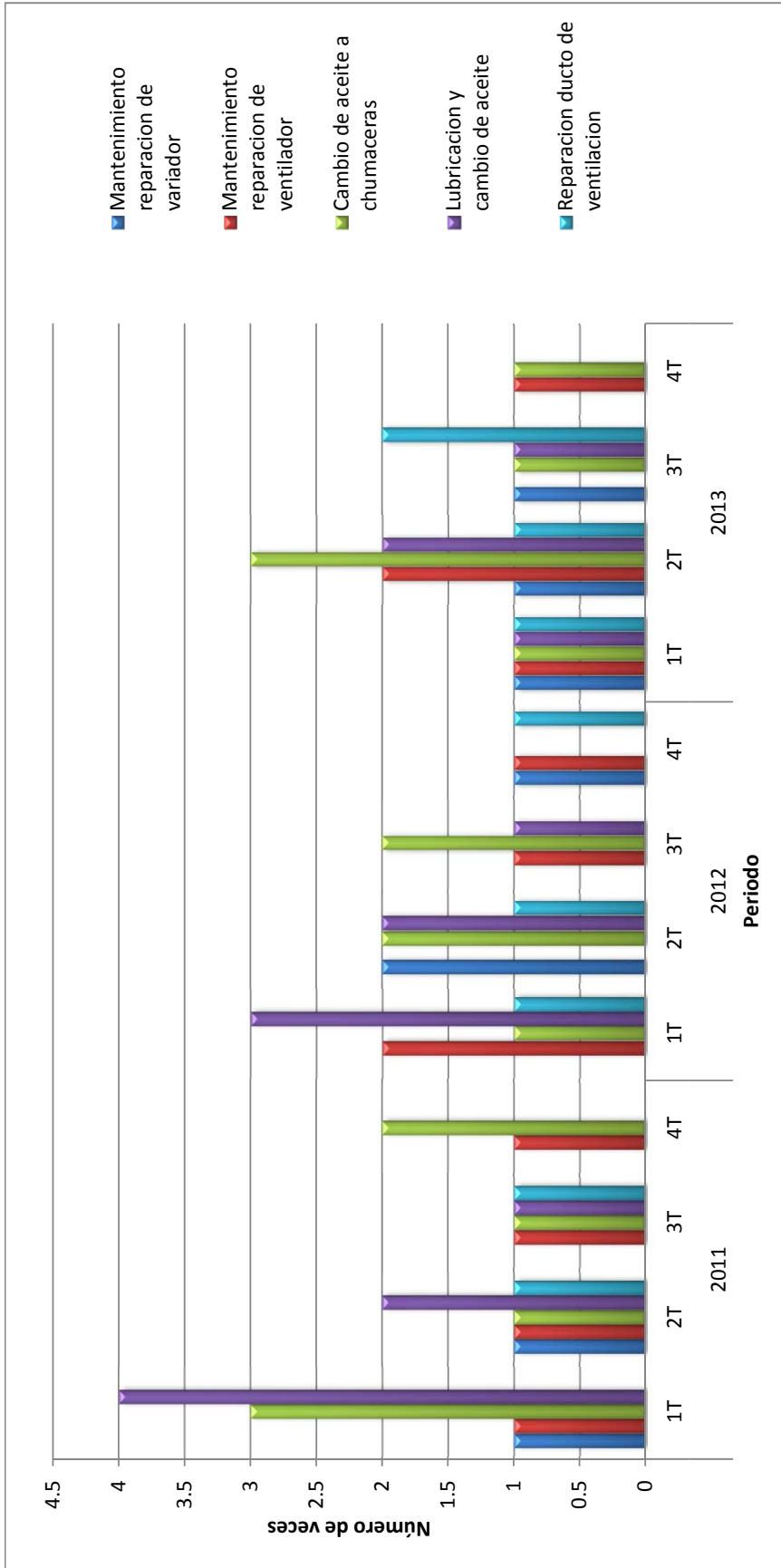
3.4.14. Ventilador ID fan

Cuadro 3.47. Numero de reparaciones ventilador

VENTILADOR PRINCIPAL												
NUMERO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento reparación de variador	1	1	0	0	0	2	0	1	1	1	1	0
Mantenimiento reparación de ventilador	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	0	1
Cambio de aceite a chumaceras	3	1	1	2	1	2	2	0	1	3	1	1
Lubricación y cambio de aceite	4	2	1	0	3	2	1	0	1	2	1	0
Reparación ducto de ventilación	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	2	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.44. Numero de reparaciones ventilador



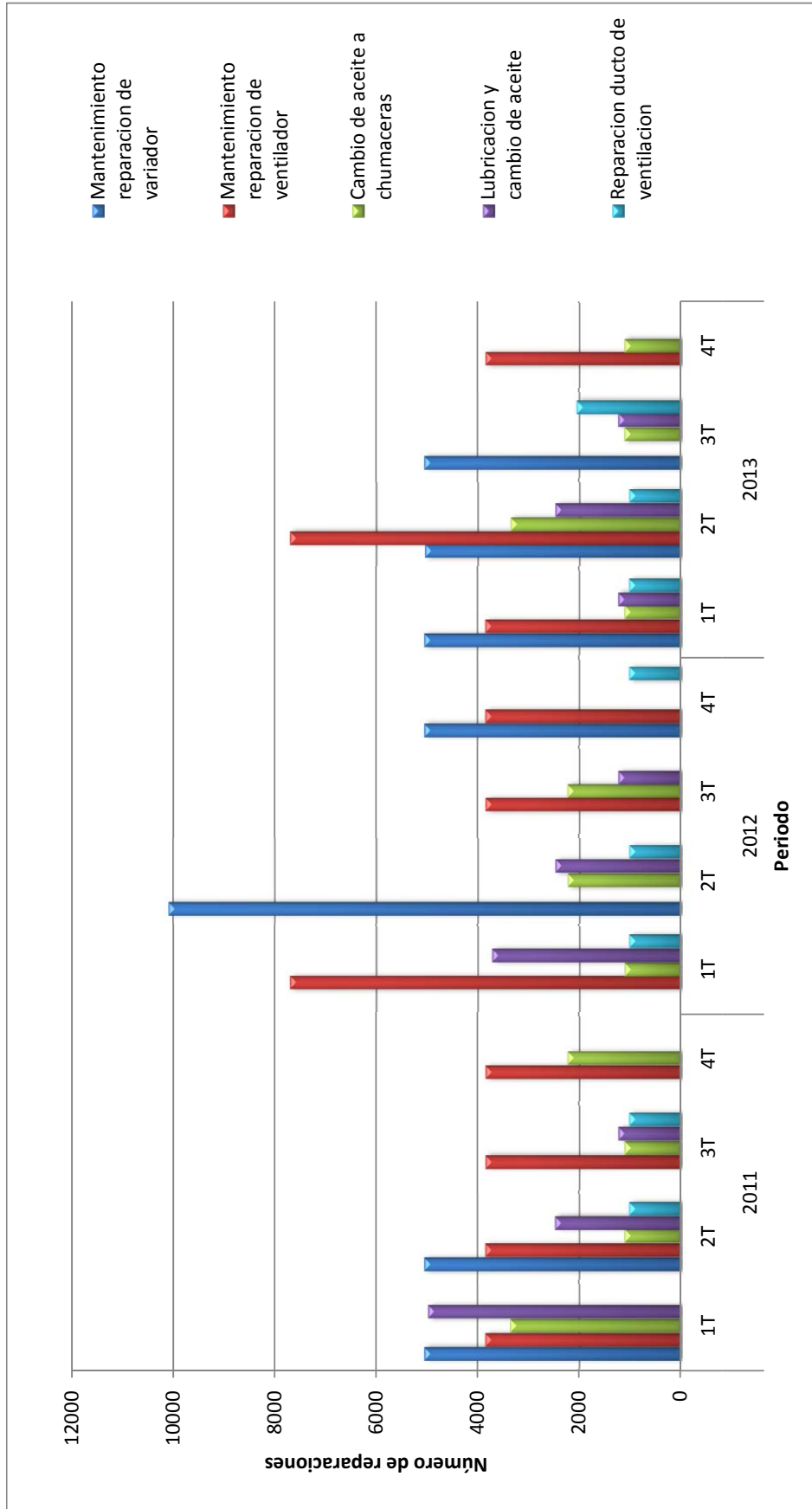
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.48. Costo de reparaciones ventilador

VENTILADOR PRINCIPAL - COSTO EN SOLES												
COSTO DE REPARACIONES	2011				2012				2013			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Mantenimiento reparación de variador	5047	5047	0	0	0	10095	0	5047	5047	5047	5047	0
Mantenimiento reparación de ventilador	3854	3854	3854	3854	7708	0	3854	3854	3854	7708	0	3854
Cambio de aceite a chumaceras	3362	1121	1121	2241	1121	2241	2241	0	1121	3362	1121	1121
Lubricación y cambio de aceite	4972	2486	1243	0	3729	2486	1243	0	1243	2486	1243	0
Reparación ducto de ventilación	0	1029	1029	0	1029	1029	0	1029	1029	1029	2059	0

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.45. Costo de reparaciones ventilador



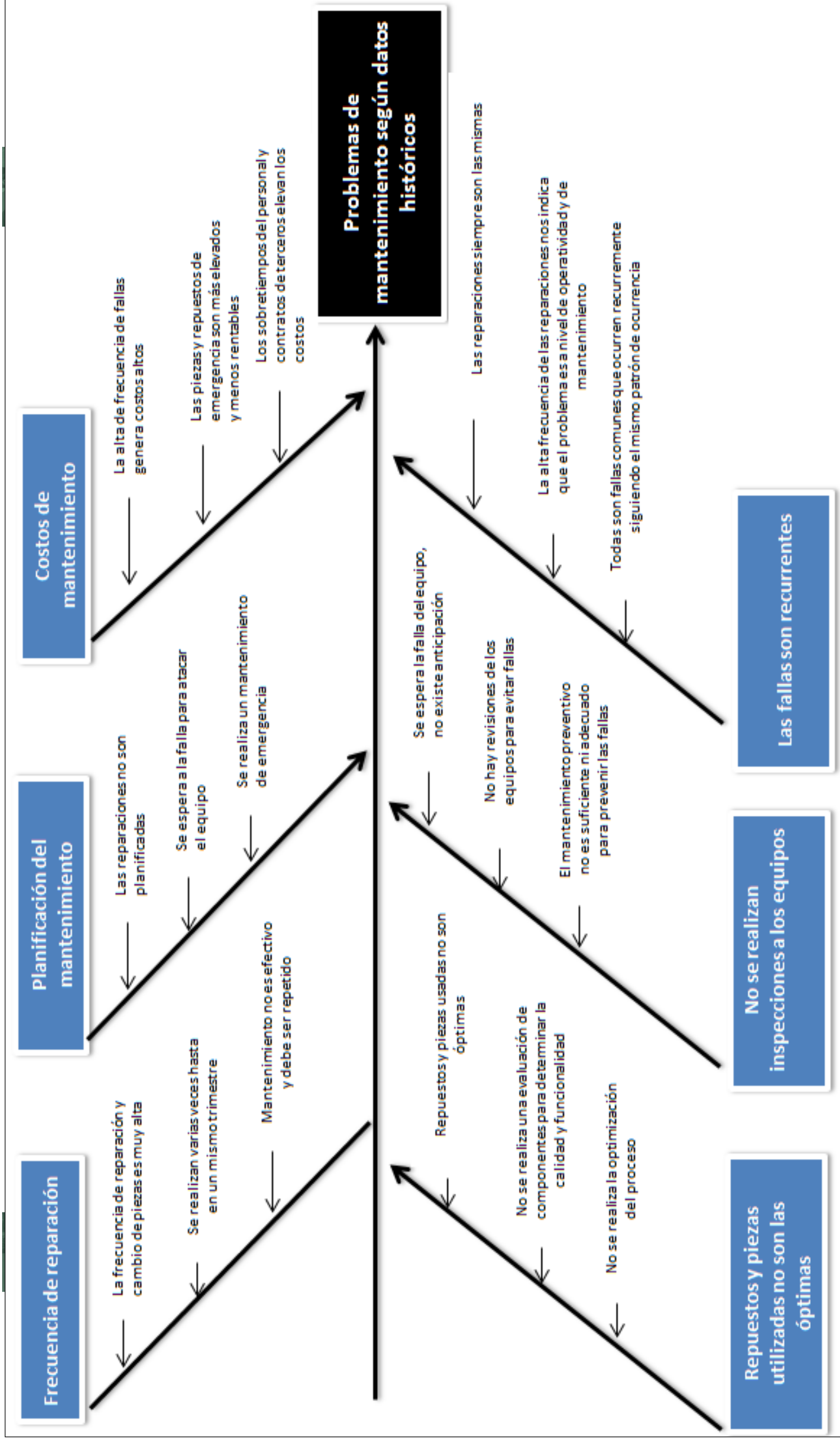
Fuente: Elaboración propia

El ventilador tiene tres funciones principales, una de ellas es el arrastre de flujo de gases donde se debe mantener el flujo de Oxígeno en las cámaras del intercambiador de calor, la segunda función es mantener la temperatura y llevarla hacia el intercambiador y asegurar que las partículas de harina se encuentren en suspensión mediante la presión negativa que inyecta este ventilador. Para cumplir con todas estas funciones el ventilador es considerado como crítico, y por esta razón las actividades más costosas son el mantenimiento del ventilador en general y del variador de velocidad, que se realizan con una frecuencia de al menos dos veces al año, de fallar este equipo, muchos procesos quedarían detenidos debido a que por el tamaño y función, otorga y controla la temperatura y presión de muchos equipos.

3.4.15. Resultados del Análisis de Data

A continuación se presentan los resultados del análisis de data

Esquema 3.12. Diagrama de Ishikawa, representación causa-efecto, problemas del mantenimiento según datos históricos



Fuente: Elaboración propia

3.5. ANALISIS DE FACTORES MEDIANTE GRAFICO DE PARETO

A continuacoin presentamos el analisis de factores mendiante el grafico de pareto; los datos que se presentan se obtienen de los graficos de Ishikawa de los analisis previos, los que se sintetizan y valorizan como se muestra en los siguientes cuadros, con la finalidad de determinar los principales problemas que generan la mayor parte de problemas en el Area de Mantenimiento, en los que se enfocará la propuesta para dar solución a los mismos.



Cuadro 3.49A.: Análisis de Factores Mediante Grafico de Pareto.

Fa Ct.	Análisis	Recomendación	Criterio			T	T. A
			I	P	N		
Confiabilidad del área	Los equipos que se reparan no tienen una duración larga, las fallas son remanentes lo que hace que se tengan que repetir las actividades en tiempos cortos entre reparaciones.	Las reparaciones deben realizarse de manera que sean duraderas y sean consideradas de calidad, para esto se debe utilizar mano de obra de primera y repuestos originales, evitando las herramientas y piezas hechas.	3			3	3
	Las paradas no programadas debido a los equipos que se averían constantemente impiden una producción continua que asegure la disponibilidad de nuestros productos y la cobertura de la demanda.	Se deben evitar al máximo las paradas no programadas, para poder asegurar la producción continua, esto se realiza mediante la adecuada planificación de los trabajos que solo podría ser dado por otras formas de aplicar el mantenimiento.					
	Los trabajos de reparación siempre son más extensos de lo planificado, ya que al momento de atacar un equipo se van encontrando fallas que no habían sido detectadas a simple vista.	Los trabajos deben ser planificados con exactitud y holguras que nos permitan cumplir con los plazos establecidos, se deberían realizar también inspecciones que nos determinen todas las fallas para atacar al equipo en su totalidad y no solo las fallas visibles.					
	El mantenimiento que no es confiable solo genera pérdidas	El mantenimiento que se realice debe tener calidad en tiempo y trabajo para que le otorgue confiabilidad a las demás áreas y a la empresa					
Problemas del área	La falta de comunicación con otras áreas dificulta la uniformidad de los trabajos, ocasionando desacuerdos entre el área de operaciones y mantenimiento.	Se deben formalizar los canales de comunicación entre áreas, a nivel de reuniones y acuerdos mutuos, luego de realizar estudios donde se indique y se informe de forma clara cuál será la forma de trabajo para buscar un objetivo común.			1	1	4
	No existe claridad entre las funciones de cada cargo, esto ocasiona dificultades ya que los colaboradores no conocen el alcance de sus puestos, cuáles son sus obligaciones y limitaciones, así como la jerarquía que se sigue, entonces al momento de suscitarse un problema, no se sabe el grado de responsabilidad de los colaboradores.	Se debe revisar la organización del área de mantenimiento, establecer claramente las jerarquías y elaborar el manual de funciones de cada puesto para que cada trabajador conozca los alcances y las limitaciones de su trabajo, además se debe especificar también los grados de responsabilidad cuando se suscitan problemas y un plan de emergencias para evitar daños mayores a los equipos.					
	Falta de capacitación y compromiso que hay en los colaboradores del área, las capacitaciones son muy escasas y están enfocadas a temas de liderazgo, mientras que las capacitaciones técnicas son dejadas de lado, por otro lado, los colaboradores se han formado con una mentalidad individualista buscando su propio beneficio, representado en la falta de compromiso con el área y la organización.	Las capacitaciones deben ser balanceadas y se debe elaborar un plan donde las capacitaciones de aptitudes estén balanceadas con los conocimientos técnicos, para que los trabajadores tengan más seguridad al momento de ejecutar; el compromiso de los trabajadores es una virtud que debe implantarse y que se consigue cuando el trabajador se siente necesario y valorado dentro de la empresa.					
	La disponibilidad de recursos en la mayoría es limitada, si no se trata de un tema de repuestos y herramientas, es un tema de personal propio o contratista, la falta de planificación ocasiona que las reparaciones no sean efectivas al ocurrir deficiencias en temas logísticos y de gestión humana.	Los recursos nunca deben faltar, sean repuestos, o personal, una adecuada planificación permitiría el 100% de disponibilidad de herramientas para realizar los trabajos a todo nivel. Es necesaria una reestructuración del mantenimiento					
Problemas operativos	El personal no está de acuerdo con el tipo de mantenimiento que se realiza en planta ya que no existe una forma de detectar fallas, anomalías y averías antes de tiempo, lo que ocasiona que el mantenimiento sea solo correctivo y provoque paradas no programadas.	Se debe evaluar la posibilidad de cambiar el tipo de mantenimiento ya que se ha demostrado que no es efectivo, esto formaría parte de la reestructuración del área de mantenimiento.		2		2	6
	El mantenimiento actual no es efectivo ya que se realizan trabajos siempre de emergencia, a último momento, sin planificación ni programación de repuestos, personal y procedimientos que permitan realizar un mantenimiento efectivo y de calidad.	Cambiar el tipo de mantenimiento que se realiza puede ser una buena opción ya que el mantenimiento correctivo es muy costoso, no es confiable y tiene una duración corta, ocasiona paradas no programadas y daña los equipos.					
	Los problemas son operativos ya que existen muchos equipos que son forzados y exceden su capacidad o rendimiento nominal, esto para elevar la producción, sin tomar en cuenta que de esta manera se realiza mayor desgaste; y al no existir una forma de determinar fallas a tiempo los equipos incurrir en fallas que incluso representan el daño irreparable del equipo. Los problemas de gestión se dan como ya se mencionó por un tema de desorganización y falta de planificación.	Se deben realizar estudios de costo-beneficio para determinar la rentabilidad de exceder la capacidad nominal de los equipos versus la duración de este en un periodo de tiempo, se debe implantar una forma de determinar las fallas antes de que sucedan. Los problemas a nivel de gestión se deben solucionar como se mencionó antes, por medio de una reestructuración del mantenimiento y nueva organización con el fin de dejar en claro cuáles son los procesos y los objetivos del área.					
Desorganización, área no efectiva	Los problemas con logística radican en los pedidos de repuestos ya que al no existir un mantenimiento que se adelante a las fallas, al parar un equipo se generan pedidos de emergencia que son muy costosos comparados con las ordenes de repuestos normales, sin contar que las gestiones de emergencia generan problemas entre las áreas de mantenimiento, logística, finanzas, etc.	Se necesita un nuevo mantenimiento que nos pueda determinar los repuestos que se necesitaran para realizar una reparación, con la anticipación adecuada para poder planificarlos y no tener pedidos de emergencia, esto reducirá los costos y las situaciones fortuitas, además mejorará las relaciones entre áreas.		2		2	8
	Los problemas con operaciones son graves ya que al generar continuas paradas de equipos estamos deteniendo la continuidad del proceso, no atendemos la demanda y se debe considerar que los arranques luego de paradas no programadas generan mayores requerimientos de energía y recursos.	Se necesita un sistema que no permita asegurarle al área de operaciones que los equipos no van a fallar y por consiguiente no pararan la producción para poder cumplir con las metas de ventas, esto se realizaría mediante un tipo de mantenimiento que nos permita adelantarnos a las fallas y atacarlas con una parada planificada y con la adecuada gestión de recursos cuya duración sea mínima y óptima.					
	Existen problemas internos con el personal de mantenimiento ya que existen deficiencias en la comunicación y en la delegación de funciones.	Los problemas internos con el personal se solucionan mediante reuniones donde se escuchen sus reclamos e inquietudes, además si se delimitan las responsabilidades y deberes, no existirían problemas al momento de realizar un trabajo porque cada trabajador sabría hasta donde llega su rango de trabajo.					
	Problemas a nivel organizacional ya que como se mencionó no existe un manual de funciones y las responsabilidades no están determinadas, no existe compromiso con la empresa y se aprecia el descontento de las personas con sus salarios y condiciones de trabajo.	Se requiere con urgencia la elaboración del manual de funciones y difundir con claridad el organigrama del área para evitar problemas de jerarquías y rango de alcance de funciones y labores.					
Estructura de mantenimiento	Según las encuestas realizadas al personal de mantenimiento que se presentaron anteriormente, vemos que la mayoría del personal está de acuerdo en que es necesario cambiar el tipo de mantenimiento ya que el sistema que se maneja actualmente no es efectivo, es costoso y mantiene al personal en un desorden constante. El mantenimiento orientado a emergencias no es rentable, ni para la empresa, ni para el área, ni para el trabajador	Se hace cada vez más necesario evaluar la propuesta de cambiar el tipo de mantenimiento que se realiza actualmente, como sabemos existe el mantenimiento preventivo, predictivo y el proactivo o mantenimiento total, se requiere la iniciativa de realizar un proyecto donde estas propuestas se evalúen y se generen alternativas de cambio que mejoren la gestión y reacción del área.	3			3	1
	Existe el problema de contratar personal nuevo o de captar el personal existente para que realice la labor de trabajar sobre un nuevo tipo de mantenimiento.	Se necesita un análisis costo-beneficio donde se evalúe la posibilidad, costo, ventajas y desventajas de contratar toda una planilla de contratar personal nuevo para realizar este tipo de mantenimiento o de poder capacitar al personal existente para que realice las funciones del nuevo tipo de mantenimiento que se desea implantar.					
	La resistencia al cambio es siempre uno de los problemas más complicados que se deben lidiar a la hora de realizar una mejora en algún aspecto laboral o personal.	Para poder liderar con la resistencia al cambio se requiere que el personal identifique la necesidad y entienda que el mantenimiento que se lleva actualmente no es el más óptimo y además hacerles conocer las ventajas de contar con un mantenimiento que les genere confiabilidad y ahorros que más adelante se plasmará en mayores beneficios para los trabajadores					
	Existen muchas personas que piensan que cambiar el tipo de mantenimiento no es la solución y alegan que es mejor cambiar a los líderes o jefes	Para que el personal este de acuerdo, es necesario que se les exponga el problema en toda su magnitud y las posibles soluciones y demostrarles porque cambiar el tipo de mantenimiento es la mejor opción que se tiene para poder mejorar la gestión, los trabajos y confiabilidad del área.					
Disminución del costo de mantenimiento	Las paradas no programadas generan costos bastantes altos porque en primer lugar se está dejando de producir y por ende se está dejando de vender lo que ocasiona una pérdida en las ganancias que se ve reflejada en la entrega de los bonos o utilidades.	Se necesita mayor planificación y un tipo de mantenimiento que nos permita detectar fallas con anticipación para mitigar las paradas no programadas.					
	El continuo recambio de repuestos que son manejados con calidad de emergencia que son resultado de trabajos no planificados, de igual manera elevan los costos y generan pérdidas	Si contamos con trabajos planificados, los recursos que se emplearan en este, serán también planificados y por consiguientes serán tratados como recursos comunes, evitando las emergencias y reduciendo los costos.		1		1	1
	Se generan gastos muy altos ya que al tener reparaciones constantes y mantenimientos de emergencia, utilizamos mayores recursos que no solo se trata de repuestos, sino también de horas hombre, uso del alquiler de maquinaria y grúas, etc.	La solución es recurrente, se trata de un nuevo tipo de mantenimiento que no cuente con emergencias ni hechos fortuitos y se trata también de la organización y planificación					2

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.49B.: Análisis de Factores Mediante Grafico de Pareto.

Fact.	Análisis	Recomendación	Criterio			T	T.
			I	P	N		
Frecuencia de reparación	La frecuencia de reparación y cambio de piezas es muy alta, lo que se traduce en que la reparación no es de calidad o que las piezas que se utilizan no son las óptimas o adecuadas.	Es necesario realizar evaluaciones de la calidad y funcionalidad de los repuestos utilizados para comprobar si son los óptimos o si se podrían utilizar piezas con otras características y marcas.		2		2	2
	Las reparaciones se realizan varias veces en un mismo trimestre, esto nos indica que las fallas son recurrentes, que los repuestos no son los óptimos y que las reparaciones no son de calidad.	Las reparaciones que se realizan deben ser de calidad ya que esto le genera confiabilidad al área.					
	El mantenimiento que se realiza no es efectivo y debe ser repetido o la parada debe reprogramarse en los días siguientes para mejorar la reparación o para ultimar detalles.	El tipo de mantenimiento que se realiza debe ser cambiado para elevar la efectividad y los tiempos planificados en cada parada deben contar con holguras y repuestos bien programados.					
Planificación de mantenimiento	Las reparaciones se realizan varias veces en un mismo trimestre, esto nos indica que las fallas son recurrentes, que los repuestos no son los óptimos y que las reparaciones no son de calidad.	Se deben identificar las causas y origen de las fallas, determinar porque son tan frecuentes y repetitivas, se sugiere elaborar diagramas de causa - efecto.		2		2	4
	El tipo de mantenimiento que se realiza actualmente está orientado a que se presente la falla para poder recién atender la reparación.	La búsqueda de un nuevo tipo de mantenimiento es crucial para poder mejorar y asegurar la producción continua, reducir los costos y otorgarle confiabilidad al área y a los trabajos que realiza mantenimiento.					
	El tipo de mantenimiento actual se enfoca a atender las emergencias y fallas que no pueden detectarse.	El mantenimiento que debe adoptarse en la planta debe ser de manera que se anticipe a las averías y se puedan atacar antes de que la falla represente una parada no programada.					
Costos de mantenimiento	La alta frecuencia de fallas genera costos altos ya que se necesitan sobre tiempos y recursos extras para poder atacar las paradas no programadas que se dan por fallas inesperadas de equipos.	Al evitar las paradas programadas ya no se necesitan recursos extras.	3			3	7
	Las piezas y repuestos de emergencia tienen costos más elevados y menos rentables ya que el transporte de emergencia de repuestos sea avión o movilidades exclusivas para una cantidad mínima de repuestos que no son consolidados por la vía normal representan costos más elevados que un pedido normal.	Los repuestos y pedidos en general de repuestos deben ser enviados con solicitud de compra normal, esto solo se genera si existe una planificación que permita que los repuestos sean enviados con tiempo y por la vía de transporte normal.					
	Los sobre tiempos del personal de mantenimiento elevan también el costo de mantenimiento ya que como sabemos por cada hora extra de trabajo se paga 1.5 veces el costo de la hora normal de trabajo.	Si cada trabajo es debidamente planificado, esto gracias a una detección de fallas mediante mantenimiento predictivo, los trabajadores podrían realizar la reparaciones en tiempo normal, sin necesidad de recurrir a horas extras.					
Repuestos y piezas utilizadas no son las óptimas	Los repuestos y las piezas utilizadas en los mantenimientos parecen no ser las indicadas o las originales recomendadas por la marca, esto genera un mayor desgaste del equipo en general y una duración más corta en general del desempeño de la máquina.	Como se mencionó, es necesario realizar una evaluación de las piezas y repuestos utilizados, con el fin de conocer si son óptimos o en caso contrario utilizar piezas de otras marcas o contactar con el fabricante para optimizar la funcionalidad de los repuestos.			1	1	8
	No se realiza una evaluación de componentes para determinar la calidad y funcionalidad de los repuestos.	Los repuestos deben ser sometidos a evaluaciones que nos determinen su resistencia y eficiencia antes de montarlos o tener un registro histórico de fallas por repuesto para evitar su uso.					
	No existen estudios ni elaboración de propuestas para poder realizar optimizaciones del proceso.	Un correcto proceso de mantenimiento debe realizar estudios conjuntamente con el área de operaciones para determinar alternativas de optimización de los procesos actuales y convertirlos en más eficientes.					
Inspecciones a los equipos	Se espera siempre la falla del equipo, no existe ninguna anticipación o método que nos pueda determinar las fallas antes de que sucedan para que nos dé tiempo de planificar recursos y traer los repuestos con antelación suficiente y no hacer uso de los envíos por emergencia.	El mantenimiento predictivo otorga herramientas que son las más infalibles para detectar las fallas y averías antes de que sucedan, más adelante se explicaran mejor estas opciones.	3			3	1 1
	No existe ningún tipo de inspección o revisión a los equipos o a las máquinas para poder detectar fallas.	Por medio de inspecciones que se les hacen periódicamente a los equipos según criticidad se detectan fallas con antelación, esto forma parte del mantenimiento predictivo.					
	El mantenimiento preventivo que existe no es efectivo ya que solo está orientado a labores de lubricación y cambios de aceite. Se necesita un mantenimiento más efectivo.	Los cambios de aceite y lubricación no son suficientes para mitigar las fallas, si bien evitan averías como daño en los rodamientos, se necesitan otros métodos para poder determinar fallas en los demás componentes del equipo.					
Fallas recurrentes	Al hacer el análisis de datos, se deja ver que las reparaciones en un equipo siempre son las mismas, lo que nos indica que las fallas son repetitivas y tienen los mismos orígenes.	Si las fallas tienen un mismo patrón de ocurrencia o siempre son las mismas quiere decir que la maquina cuenta con una deficiencia que de poder ser detectada se generaría una ventaja para la planificación de las reparaciones.		2		2	1 3
	La alta frecuencia de las reparaciones nos indica que el problema es a nivel operativo y de mantenibilidad.	Para eliminar o reducir las reparaciones en un equipo se debe evaluar el tipo de mantenimiento y la calidad de las reparaciones además de determinar la causa de las fallas, para eliminar desde raíz los motivos contradictorios para los equipos.					
	Todas las fallas comunes siguen el mismo patrón de ocurrencia	Si las fallas son comunes bajo el mismo patrón quiere decir que tienen la misma causa-raíz, al determinarla y buscar soluciones rentables, se acaba el problema.					

Fuente: Elaboración propia

Criterios: I: Importante (3)

P: Poco Importante (2)

N: Nada Importante (1)

Cuadro 3.50.: Factores Mediante Grafico de Pareto.

Actividad	Factor	Criterio			Total	Grado de importancia	Porcentaje	Acumulado
		I	P	N				
MANTENIMIENTO	Confiabilidad del área	3			3	0.12	12%	12%
	Problemas del área			1	1	0.04	4%	16%
	Problemas operativos		2		2	0.08	8%	24%
	Desorganización, área no efectiva		2		2	0.08	8%	32%
	Estructura de mantenimiento	3			3	0.12	12%	44%
	Disminución del porcentaje de utilidades y bonos			1	1	0.04	4%	48%
	Frecuencia de reparación		2		2	0.08	8%	56%
	Planificación		2		2	0.08	8%	64%
	Costos de mantenimiento		3		3	0.12	12%	76%
	Repuestos y piezas no optimas			1	1	0.04	4%	80%
	Inspección a los equipos		3		3	0.12	12%	92%
	Fallas recurrentes		2		2	0.08	8%	100%
TOTAL DE LA ACTIVIDAD				25	1	100%		

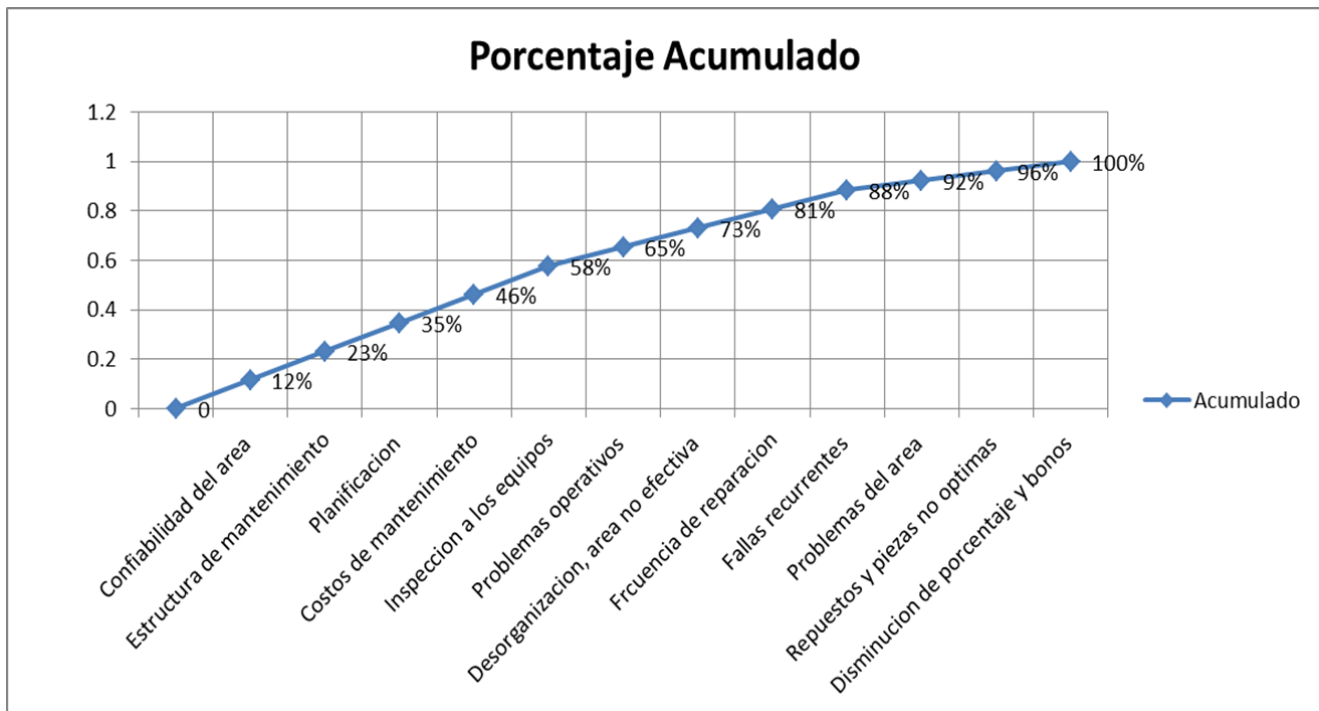
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.51.: Factores en Porcentaje Acumulado.

Actividad	Factor	Criterio			Total	Grado de importancia	Porcentaje	Acumulado
		I	P	N				
MANTENIMIENTO	Confiabilidad del área	3			3	0.115384615	12%	12%
	Estructura de mantenimiento	3			3	0.115384615	12%	23%
	Planificación	3			3	0.115384615	12%	35%
	Costos de mantenimiento	3			3	0.115384615	12%	46%
	Inspección a los equipos	3			3	0.115384615	12%	58%
	Problemas operativos		2		2	0.076923077	8%	65%
	Desorganización, área no efectiva		2		2	0.076923077	8%	73%
	Frecuencia de reparación		2		2	0.076923077	8%	81%
	Fallas recurrentes		2		2	0.076923077	8%	88%
	Problemas del área			1	1	0.038461538	4%	92%
	Repuestos y piezas no optimas			1	1	0.038461538	4%	96%
	Disminución de porcentaje y bonos			1	1	0.038461538	4%	100%
	Total de la actividad				26	1	100%	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3.46.: Factores Mediante Grafico de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

Más del 50% de los problemas de en el área mantenimiento para una gestión efectiva se debe a problemas de confiabilidad en el área, a la estructura del área que se encuentra mal enfocada y que tiene deficiencias de cobertura de procedimientos y donde no existe un proceso que pueda detectar averías.

Se observa que uno de los problemas latentes son la planificación del área que es deficiente que por ende eleva los costos de mantenimiento, esto debido a que no existen las inspecciones a los equipos que puedan guiar a la planificación para programar mantenimientos antes de que las fallas ocasionen paradas de producción.

El resto de problemas se resumen en problemas operativos, los cuales se dan porque no se operan los equipos con los rangos y parámetros que garantizan su efectividad, esto sumado a que el área de mantenimiento es desorganizada, que existen fallas recurrentes, entre otros problemas, podemos ver claramente que es necesario que se realice un cambio en el tipo de mantenimiento y en la gestión que se realiza actualmente.



4. CAPITULO IV PROPUESTA

4.1. **PROPOSITO**

La presente propuesta tiene el propósito de presentar una alternativa al mantenimiento actual, demostrando que mediante la implementación de otro tipo de mantenimiento se alcanzaran mejoras a corto, mediano y largo plazo y repercutirá directamente con los costos, efectividad y confiabilidad del área.

Pretende también mostrar formas de Optimización del mantenimiento mediante técnicas modernas de inspección que permitirán generar ahorros en cada una de las etapas de trabajo.

4.2. **OBJETIVOS**

- Diseñar y evaluar cuantificando los indicadores propuestos para el proceso de abastecimientos en la empresa.
- Describir la metodología de trabajo para la implementación del modelo de gestión.
- Describir las actividades de implementación del método propuesto.
- Demostrar las mejoras en el proceso de mantenimiento.

4.3. **INDICADORES**

Los factores a analizar fueron extraídos del Capítulo III.

Cuadro 4.1.: Indicadores

Factor	Indicador	Descripción	Cuantificación	Formula
Confiabilidad del área	Duración de los equipos reparados	Nos indica la confiabilidad de la reparación de un equipo mediante la continuidad de operación y de funcionamiento de un proceso. Se considera que los equipos deberían tener una disponibilidad mínima del 90% mensual	Confiabilidad Actual / Confiabilidad Esperada	CA/CE
	Paradas por mantenimiento	Es la relación que existe entre las paradas programadas y las paradas que existen por avería de equipo, según parámetros de operación, un equipo debería tener como máximo 2 paradas por mes.	Paradas programadas/Paradas reales	PP/PR
	Disponibilidad de equipos	Es la relación que existe entre el tiempo total de funcionamiento de un equipo entre los tiempos de parada que se presentan por avería	Tiempo de funcionamiento promedio de un equipo real/tiempo de parada de un equipo proyectado	TPR/TFP
Inspección a los equipos	N° de inspecciones	Es la relación que existe entre el número de inspección que se debería realizar a los equipos entre el número de inspecciones que se realiza actualmente.	Inspecciones reales/inspecciones ideales	IR/II
	Cantidad de equipos atendidos	Nos indica la cantidad de equipos de un proceso son atendidos y se les realiza una inspección para detectar averías de manera semanal entre la cantidad total, esta relación debería ser no menor a un 80%	Cantidad de equipos inspeccionados/ Cantidad total de equipos	QEI/QTE
Planificación	Eficiencia de planificación	Es la relación que existe entre la cantidad de programas que debería lanzar planificación para su mantenimiento entre la cantidad de programas que lanza actualmente.	Cantidad de programas reales/cantidad de programas ideales	QPR/QPI
	Cumplimiento de programas	Nos indica la relación entre los programas elaborados para ejecución entre los programas que son ejecutados realmente.	Programas ejecutados/Programas elaborados	PEJ/PEL
Costo de mantenimiento	Costo de mantenimiento anual	El presupuesto de mantenimiento anual no debe exceder los US\$ 10,000.00, este indicador representa la relación entre la cantidad presupuestada entre la cantidad utilizada realmente.	Costo de mantenimiento anual/ presupuesto de mantenimiento	CMA/PMA
	Costo de mantenimiento de emergencia	Es la relación entre el costo de mantenimiento común promedio entre el costo de un mantenimiento de emergencia	costo de mantenimiento normal/costo de mantenimiento de emergencia	CMN/CME
	Costo parada de producción por avería	Es la relación entre las pérdidas promedio de un proceso en una parada no programada entre el costo de ganancia del mismo proceso	Pérdidas promedio de un proceso/ganancia promedio del proceso	PDP/GDP

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1. Indicadores Actuales

Cuadro 4.2.: Cuantificación de Indicadores Actuales

INDICADORES	Confiability actual		Confiability esperada		Paradas programadas*	Paradas reales	tiempo de funcionamiento promedio de un equipo	tiempo de funcionamiento promedio de un equipo	tiempo de funcionamiento promedio de un equipo	Inspecciones actuales	Inspecciones ideales	Cantidad de equipos inspeccionados	Cantidad total de equipos	Cantidad de programas real	Cantidad de programas ideal	Programas ejecutados	Programas elaborados	Costo de anual de mantenimiento	PMA	Costo de mantenimiento emergencia	Costo de mantenimiento normal	Perdidas promedio de un proceso	Ganancia promedio de un proceso	Valor
	CA	CE	CE	CE	PP	PR	TPR	TFP	TPR	IR	II	QEI	QTE	QPR	QPI	PEJ	PEL	CMA	PMA	CME	CMN	PDP	GDP	
CA/CE	45%	95%																						0.474
PP/PR					33/ 5sem	50/ 5sem																		0.66
TPR/TPF							270/h s/paro	426/h s/paro																0.634
IR/II									0	65/ 5sem														0
QEI/QTE												0	2400	6 /mes	10 /mes									0
QPR/QPI																5 /mes	6 /mes							0.6
PEJ/PEL																								0.833
CMA/PMA																		16236629	1000000					1.624
CME/CMN																				183.87	86.1			0.468
PDP/GDP																						133740	141176	0.947

Fuente: Elaboración Propia

Dado la gravedad de los indicadores actuales se ha visto conveniente mejorar entre un 70 y 100% los indicadores, para tratar de acercarnos al ideal.

4.3.3. Optimización de Indicadores

Cuadro 4.4.: Diferencia de Indicadores

Indicadores	Indicadores	Valor Actual	Valor Propuesto	Resta	Optimización %
Duración de los equipos reparados	CA/CE	0.474	0.895	0.421	88.81%
Paradas por mantenimiento	PP/PR	0.66	0.9	0.240	36.36%
Disponibilidad de equipos	TPR/TPF	0.634	0.850	0.216	34.07%
N° de inspecciones	IR/II	0	0.923	0.923	92.30%
Cantidad de equipos atendidos	QEI/QTE	0	0.923	0.923	92.30%
Eficiencia de planificación	QPR/QPI	0.6	1	0.400	66.67%
Cumplimiento de programas	PEJ/PEL	0.833	1	0.167	20.05%
Costo de mantenimiento anual	CMA/PMA	1.624	1.2	-0.424	26.11%
Costo de mantenimientos de emergencia	CME/CMN	0.468	1.161	0.693	148.08%
Costo parada de producción por avería	PDP/GDP	0.947	0.414	-0.533	56.28%
PROMEDIO					66.10%

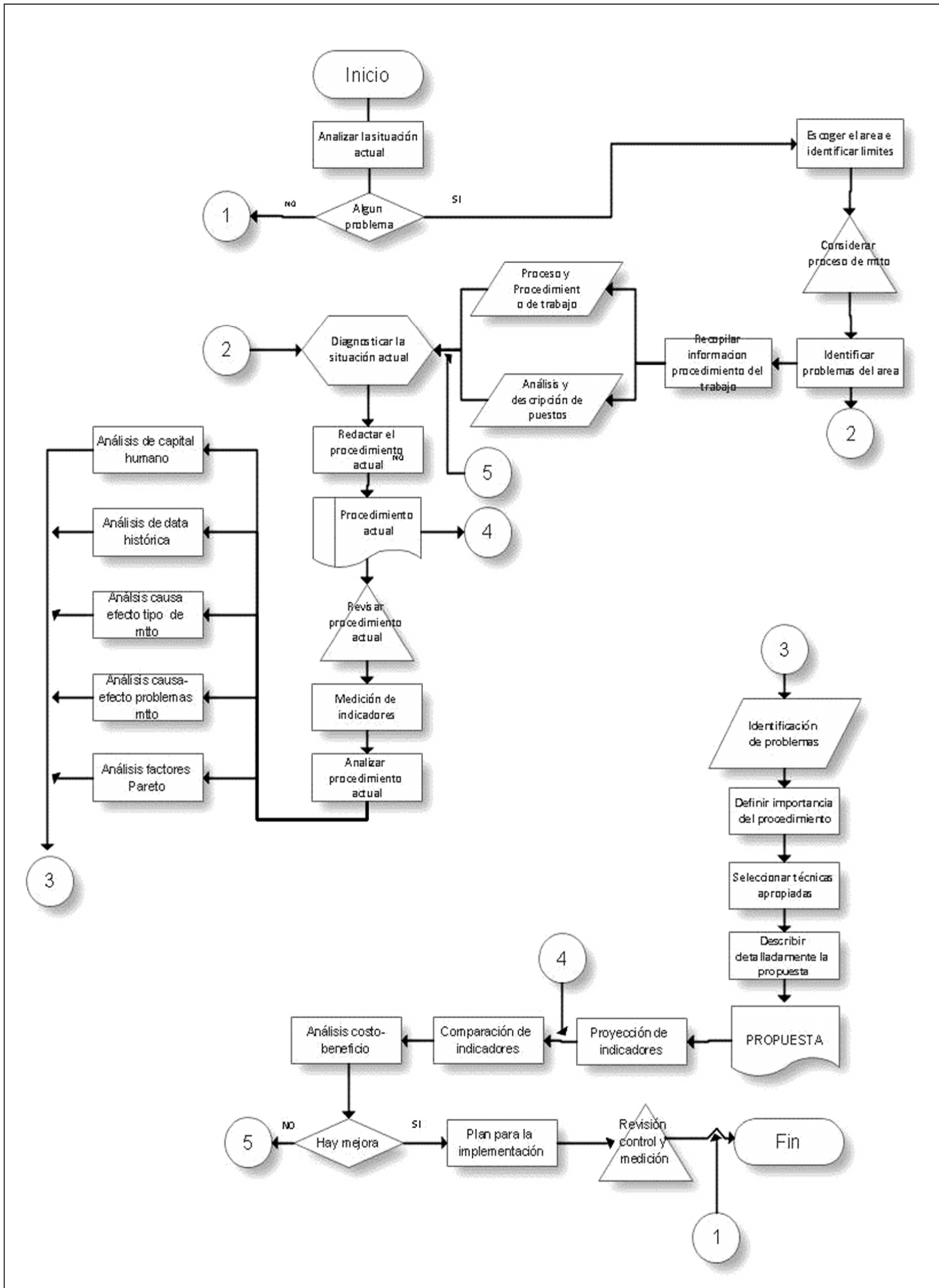
Fuente: Elaboración Propia

4.4. METODOLOGIA

La metodología que se presenta en la propuesta consta de una serie de pasos que nos darán como resultado un análisis detallado que nos indicara las ventajas y beneficios de implementar un nuevo sistema de mantenimiento.

A continuación, mostramos cada uno de los pasos mencionados en el diagrama de la metodología.

Esquema 4.1. Metodología de la Propuesta



Fuente: Elaboración propia

4.4.1. **Análisis de la situación actual**

En esta parte de la investigación se realiza un estudio de la situación actual de la empresa y del área específicamente, se muestra el proceso de mantenimiento, las partes involucradas y los subprocesos que se realizan en cada trabajo.

Se detallan los puestos de trabajo que participan en el proceso de mantenimiento con los alcances y limitaciones de cada puesto.

4.4.2. **Identificación del problema**

Se realiza la identificación del problema y la idea de mejora con los posibles beneficios. Se explica cuáles son las deficiencias del sistema actual y la importancia de migrar a un sistema más efectivo. Es importante determinar cuál es el área que presenta el problema

4.4.3. **Selección del área e identificación límites**

Este paso nos permite identificar cual es el área, proceso o subproceso afectado que deberá ser estudiado y analizado para determinar los problemas potenciales que presenta en tiempo y espacio. Una vez determinada el área problema se identifican los alcances y los límites del objeto a tratar, esto con el objetivo de saber dónde comienza el problema y hasta donde se trabajara para encontrar la solución.

4.4.4. **Consideración del proceso de mantenimiento**

En esta parte debemos revisar el proceso actual de mantenimiento, sea por medio de flujos de proceso, diagrama de bloques y toda la información que nos indique como se realiza el trabajo actualmente desde que surge la necesidad hasta que es atendida, en este caso hemos presentado en el capítulo II, tenemos el diagrama de flujo del proceso productivo

de la empresa (esquema 3.1), el diagrama de procesos de la empresa, (esquema 3.2), la descripción de las áreas funcionales, el Flow Sheet del proceso, entre otros.

4.4.5. Identificación de los problemas del área

Se han identificado los principales problemas de mantenimiento que repercuten en directamente en el proceso de producción así como también disminuyen la efectividad del área. Se realizó una encuesta dirigida a colaboradores de diferentes puestos que nos otorgaron repuestas acerca de la gestión y ejecución del mantenimiento.

Luego de este análisis pudimos determinar diferentes problemas que serán desarrollados más adelante en la parte de análisis causa efecto del área.

4.4.6. Recopilación de información del proceso de mantenimiento

Se ha recopilado información de todo el proceso de mantenimiento que se encuentra detallado en el Capítulo II, donde se muestran los diagramas de proceso en bloque y los diagramas de análisis de proceso, además se detallan los procedimientos de planificación, programación y ejecución del mantenimiento que nos dan una idea de cómo se realizan los trabajos actualmente y nos permite identificar los problemas contenidos en cada proceso como veremos en los siguientes puntos.

4.4.7. Proceso y procedimiento de trabajo

El proceso y procedimiento del trabajo, se divide en 3 etapas que son el proceso de mantenimiento preventivo – confiabilidad, el proceso de planificación, programación y mantenimiento y el proceso de ejecución del mantenimiento que han sido explicados en el Capítulo II a cabalidad.

4.4.8. Análisis y descripción de puestos

Se detallan las responsabilidades, límites y alcances de cada puesto y el objetivo que tiene cada uno de los procesos para con la planta y con el área de mantenimiento.

Se explican además los procedimientos que cada puesto debe realizar diariamente para ejecutar las labores de mantenimiento. Toda esta información se encuentra en el capítulo II donde se definen los procesos y forma de trabajo de cada puesto.

4.4.9. Diagnóstico de la situación actual

Con la información recopilada en los puntos anteriores, se puede dar un diagnóstico de la situación en que la empresa, específicamente el área de mantenimiento se encuentra a nivel de gestión, proceso mediante el cual, nos podrá dar el punto de inicio de donde debemos empezar a hacer el cambio.

4.4.10. Redacción del procedimiento actual

Este punto nos ayuda a tener una fuente escrita de cómo se realiza el procedimiento de mantenimiento actual, desde el punto de vista de análisis de situación actual, se trata simplemente de plasmar formalmente el proceso generador de nuestro problema.

4.4.11. Procedimiento actual

El procedimiento actual lo podemos ver en el Capítulo II, mediante los esquemas 3.5. Procedimiento de confiabilidad en Mantenimiento preventivo; esquema 3.6. Confiabilidad en mantenimiento, lubricación; esquema 3.7. Programación del mantenimiento y esquema 3.8. Ejecución del mantenimiento.

4.4.12. Revisión del procedimiento actual

Se ha revisado el procedimiento que se presentó en capítulo II, detallado por los esquemas que se presentan en el punto 4.4.1.11, mediante un análisis que se mostrara más adelante donde se han encontrado los puntos en el proceso que nos generan problemas y nos quitan efectividad al área.

4.4.13. Medición de Indicadores

En el Cuadro 4.1. Indicadores, detallamos los puntos representativos de la gestión de mantenimiento y mediante la medición de estos en el cuadro 4.2. Tenemos como resultado cifras que nos permiten ver lo alejados que estamos en cuanto al mantenimiento que queremos realizar, así, tenemos indicadores de costo y ahorros, tiempos y varios factores que nos determinan que la gestión actualmente, no es la óptima.

4.4.14. Análisis del procedimiento actual

Con el fin de obtener y traducir en forma numérica todos los problemas que afectan nuestra gestión de mantenimiento, hemos realizado cuatro análisis principales que son los que nos han guiado para determinar el problema y las posibles soluciones a este; tenemos en Análisis de capital humano, el análisis de la data histórica, análisis causa-efecto (diagrama de Ishikawa) con el tipo de mantenimiento, análisis causa-efecto de los problemas de mantenimiento y un análisis de factores mediante el gráfico de Pareto, todos estos puntos serán explicados con mayor profundidad a continuación.

4.4.15. Análisis de capital humano

Se realizó una encuesta a una muestra de 10 colaboradores que ejercían cargos de líderes de ejecución, inspectores de mantenimiento preventivo, mecánicos, electrónicos, ingenieros Trainee, entre otros.

Esta encuesta se muestra en el Capítulo III y consta de 17 preguntas que al ser formuladas y respondidas nos entregaban una serie de problemas que se presentan en la gestión diariamente, visto desde los protagonistas del proceso y las posibles soluciones factibles que se podrían implementar para optimizar la gestión, aumentar la efectividad del mantenimiento y asegurar la continuidad del proceso.

4.4.16. Análisis de la data histórica

Para este análisis se tomó la data histórica de órdenes de trabajo de mantenimiento (reparaciones y fallas) de un total de 14 equipos, los cuales pertenecen a los procesos más representativos y críticos de la elaboración de cemento.

Se extrajo del sistema SAP/PM todas las órdenes de trabajo de los años 2011, 2012 y 2013, se tomaron las órdenes que se realizaban con mayor frecuencia para agruparlas en periodos trimestrales, con esta agrupación y conteo determinamos dos puntos importantes, que son la frecuencia de cada orden representativa realizada y los costos asociados a cada reparación.

Este procedimiento nos dio una idea de la cantidad de dinero y de recursos que se utilizan trimestralmente por cada equipo y mediante un gráfico pudimos obtener una idea de que la situación no era la óptima.

4.4.17. Análisis causa-efecto del tipo de mantenimiento

Este análisis se realizó como resultado al análisis del capital humano, en el diagrama de Ishikawa de detectaron seis problemas con sus respectivas causas que nos servirán más adelante para saber cuáles son los aspectos en los que deben trabajarse para obtener el fin deseado, estos puntos son:

- Confiabilidad del área
- Problemas con el área
- Tipo de mantenimiento

- Desorganización, área no efectiva
- Impedimentos para la implementación del mantenimiento predictivo
- Disminución de utilidades y bonos

4.4.18. Análisis causa-efecto problemas de mantenimiento

Esta parte de la investigación se realizó a partir del análisis de data histórica, luego de estudiar las frecuencias de reparación y costos, obtuvimos seis aspectos que representan las causas de nuestros problemas y los puntos de partida para poder lograr el objetivo de optimización del mantenimiento.

Los seis aspectos obtenidos en el diagrama de Ishikawa obtenidos son:

- Frecuencia de reparación
- Planificación del mantenimiento
- Costos de mantenimiento
- Repuestos y piezas utilizadas no son las óptimas
- Inspecciones a los equipos
- Fallas recurrentes

4.4.19. Análisis de factores de Pareto

Se ha realizado un análisis utilizando el gráfico de Pareto, se tomaron los factores extraídos de los diagramas de Ishikawa; en el cuadro 3.49A y 3.49B, se hizo la calificación de los totales con sus respectivos grados de importancia como se aprecia en el cuadro 3.50 y posteriormente el acumulado 3.51 y finalmente en el gráfico 3.46 nos denota cuáles son los factores problema que serán el motivo de la investigación.

4.4.20. Identificación de los problemas

En el cuadro 3.46. que nos muestra los factores mediante el gráfico de Pareto, podemos identificar los problemas que se resumen en confiabilidad del área, estructura de mantenimiento, planificación, costo de mantenimiento, inspección a los equipos y problemas operativos, estos factores representan más del 50% de los problemas, estos son los elementos problema con los que tenemos que trabajar para conseguir nuestro objetivo.

4.4.21. Definición de la importancia del procedimiento

El procedimiento que se propone en este proyecto es el de establecer la forma de trabajo en que el mantenimiento predictivo funcionara, ya que para poder implementarlo, no solo es necesario establecer el sistema, si no también definir la metodología de trabajo, es decir las formas y los métodos, con alcances, limitaciones y las principales herramientas para que este tipo de mantenimiento funcione y sea eficiente.

Este procedimiento se explicara con mayor detalle a continuación.

4.4.22. Selección de las técnicas apropiadas

Las técnicas que se utilizaran para realizar este proyecto son las siguientes:

Se elaborarán rutas de inspección para los equipos, es decir se agruparan los equipos según función, proceso, tamaño, etc. para realizarles inspecciones cuya periodicidad será analizada según criticidad de los equipos. El tipo de inspección será realizado según la necesidad y función de cada equipo, tomando como base los principales procedimientos del mantenimiento predictivo.

Se realizaran principalmente las siguientes técnicas para realizar el mantenimiento predictivo:

4.4.22.1. Inspecciones de rutina

Comprende todas aquellas inspecciones que se realizan con los sentidos, así tenemos las inspecciones por medio del olfato, vista, tacto y oído.

4.4.22.2. Ensayos no destructivos

Comprende los ensayos realizados con líquidos penetrantes

4.4.22.3. Ultrasonido

Técnica que se utiliza para detectar fisuras internas.

4.4.22.4. Termografía

Técnica que se utiliza para verificar la temperatura que los equipos y determinar posibles fallas o anomalías.

4.4.22.5. Vibraciones

Las vibraciones comprenden monitores mediante equipos especiales que detectan fallas y posibles averías basadas en la condición de los equipos.

4.4.23. Descripción detallada de la propuesta

El desarrollo de la propuesta se detallará en el punto luego de describir las técnicas, donde se definirá la forma de trabajo y se describirán las técnicas a utilizarse, además de plantear una organización efectiva para que el mantenimiento predictivo funcione.

4.4.24. Propuesta

Luego de describir la propuesta, debemos formalizarla por medio de una redacción donde se defina paso por paso cada una de las actividades y acciones que se llevarán a cabo para esta propuesta.

4.4.25. Proyección de indicadores

Proyectamos y proponemos nuevos valores de indicadores que se obtendrán luego de implementar la propuesta de este proyecto. Estos valores se ven reflejados en el punto 4.3.2. Donde hemos introducido los valores óptimos a los que tenemos que llegar luego de la implementación.

4.4.26. Comparación de indicadores

Hemos presentado además un cuadro comparativo de cómo se optimizan los indicadores en el punto 4.3.3. en comparación con los valores anteriores a este proyecto. Estos son los números que esperamos tener como resultado luego de implementar nuestro proyecto.

4.4.27. Análisis costo-beneficio

Para demostrar la efectividad de nuestra propuesta es necesario traducir el proyecto en dinero, por esta razón, es que vamos a presentar un análisis de costo – beneficio, en esta parte del proyecto describiremos los costos asociados a la implementación del proyecto, así como el beneficio que nos puede entregar en un periodo de tiempo.

Este análisis se realizara luego de conocer las técnicas que se implantarán en este proyecto.

4.4.28. Determinación del nivel de mejora

Luego de realizar estos análisis es cuando debemos determinar si la propuesta que presentamos es efectiva y le representa mejora al área, al proceso y a todos los elementos y personas involucradas en nuestra planta y proceso productivo.

4.4.29. Plan de implementación

Luego de demostrar que efectivamente se pueden conseguir mejoras significativas no solo a nivel monetario, sino también en velocidad y continuidad del proceso, confiabilidad y

cubriendo todos los problemas que se encontraron, se deberá trabajar en un plan para poder implementar el mantenimiento predictivo, esto deberá contener un plan de trabajo detallado donde se indicaran los responsables de cada actividad y el inicio de estas, así como también la metodología de desarrollo del trabajo.

4.4.30. Revisión, control y medición

Luego de implementar el sistema, se deberán realizar controles y medición de indicadores con una frecuencia a determinarse para verificar el funcionamiento y efectividad del sistema que planteamos.

En este punto es donde afinaremos las técnicas y la forma de trabajo.

4.5. DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

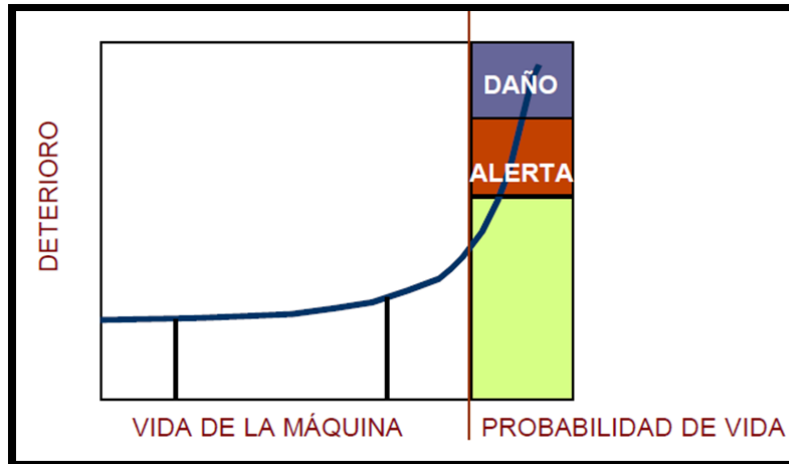
A continuación vamos a describir detalladamente todas las técnicas que se utilizaran para aplicar el mantenimiento predictivo en la planta, posteriormente se realizara un plan de trabajo donde se organizaran estas técnicas y se definirá la metodología de las actividades que se aplicara.

El mantenimiento predictivo consta de tres etapas que son:

- Detección
- Análisis
- Corrección

La detección se realiza en el tiempo de vida de la máquina. Una vez que la maquina cambia de condición su deterioro se realiza en forma exponencial:

Gráfico 4.1. Condición, deterioro y vida útil de los equipos



Fuente: Mantenimiento Predictivo - TECSUP

Curva de la condición y deterioro de la vida útil de los equipos que influye directamente en probabilidad de vida de las máquinas

Para la fase de análisis tendremos en cuenta lo siguiente:

- Determinar que ha causado el cambio de condición en la máquina
- Eliminar que es lo no está mal en la máquina.

En la fase de corrección eliminaremos el problema tomando la acción adecuada y correcta.

Nuestras metas al aplicar las técnicas en este proyecto serán:

- Ayudar al personal a eliminar la posibilidad de una falla catastrófica.
- Prever anticipadamente los repuestos.
- Programar las horas hombre.
- Planificar reparaciones múltiples mientras dure la parada.

Aplicando estas metas, esperamos obtener los siguientes beneficios:

- Maximizaremos la productividad
- Extenderemos los intervalos entre paradas
- Minimizaremos las rutas de “desmontar, inspeccionar y reparar en caso sea necesario”
- Reduciremos los tiempos de reparación

- Incrementaremos la vida de la maquina
- Ayudaremos al planeamiento de las reparaciones
- Mejoraremos la calidad del producto
- Reduiremos los costos de mantenimiento

Hablando ya sobre las técnicas que emplea el mantenimiento predictivo, vamos a dividir las actividades que se realizan en este tipo de mantenimiento y se explicara cada una, esto nos servirá como introducción a las técnicas que aplicaremos.

El mantenimiento predictivo emplea una gran cantidad de parámetros y herramientas en función al equipo a realizar.

Las aplicaciones se dividen para equipos mecánicos (rotatorios y estacionarios) y eléctricos (equipos eléctricos en general y equipos de control)

Se debe definir que parámetros se va a utilizar por máquina y que equipamiento es necesario.

En cada equipo se debe considerar como mínimo dos parámetros para ser medidos.

4.5.1. Tecnologías de mantenimiento predictivo

4.5.1.1. Elementos mecánicos

Nos referimos a elementos mecánicos o elementos giratorios a los motores, bombas, generadores, ventiladores, turbinas, engranajes, rodamientos.

4.5.1.2. Equipos o componentes fijos

En este punto nos referimos a los equipos de producción, maquinas, herramientas, calderos, válvulas, intercambiadores de calor, trampas de vapor, etc.

4.5.1.3. Equipos eléctricos

Nos referimos a los generadores, motores, transformadores, capacitores, disyuntores, alimentadores de energía, cables, etc.

4.5.1.4. Equipos de control

Comprende los dispositivos de arranque del motor, conmutadores, relés, etc.

4.5.1.5. Inspecciones de Rutina

Las inspecciones de rutina o inspecciones visuales son técnicas de pruebas no destructivas que detecta una variedad de defectos como: corrosión, contaminación, conexiones de soldadura y discontinuidades de superficies.

Es el método más utilizado para detectar fallas en la superficie, el cual es particularmente importante por su relación con mecanismos de fallas estructurales.

Las inspecciones mecánicas son en sí un conjunto de operaciones y servicios de mantenimiento aplicados de forma periódica a los equipos de planta, que tienen por objetivo alcanzar una adecuada disponibilidad y confiabilidad de los mismos, para que estos operen en buenas condiciones al mayor tiempo posible y al más bajo costo. Estas actividades no modifican o alteran la situación en que se encuentra el equipo, solamente define la falla y la detalla.

OBJETIVO DE LAS INSPECCIONES DE RUTINA

- Detectar anomalías incipientes para ordenar su reparación antes de que causen daños mayores que paralicen el equipo.
- Conocer el avance progresivo de deterioro de las partes para poder definir el momento más oportuno para su cambio, tratando de aprovechar al máximo su vida útil.
- Permitir una producción lo más continua posible.
- Contribuir a balancear la programación de los trabajos y nivelar los costos ocasionados por estos.
- Revelar la calidad de los trabajos de mantenimiento.

Las inspecciones de rutina se realizan con los sentidos, mediante estos, podemos realizar las siguientes actividades:

- Detección de ruidos anormales
- Detección de olores anormales
- Medida de temperatura superficial
- Inspección visual de juegos no establecidos
- Inspección visual en busca de daños y fisuras en estructuras y mecanismos
- Inspección auditiva en busca de pérdidas de fluidos: aire, gases comprimidos, vapor.
- Medida de vibraciones superficiales.

INSPECCIONES VISUALES

La inspección visual es el primer paso de cualquier evaluación. En general todas las pruebas tienen como requisito previo realizar una inspección visual, normalmente lo que decimos es como se aprecia el

equipo y sus elementos adyacentes, verificando, fugas externas de fluido o gases, solturas de elementos sueltos, soporte de tuberías, ductos o partes importantes del funcionamiento del equipo.

Durante la inspección visual, se emplea el ojo humano como principal elemento y en muchas ocasiones, recibe ayuda de algún dispositivo óptico, ya sea para mejorar la percepción de las imágenes, o bien para proporcionar contacto visual en áreas de difícil acceso, tal es el caso del interior de tuberías de diámetro pequeño, en cuyo caso se pueden utilizar baroscopios.

En nuestra implementación utilizaremos como dispositivo óptico de apoyo la lámpara estroboscópica, la cual permite captar los desplazamientos de órganos dotados de movimientos periódicos demasiado rápidos para ser observados. El principio base del funcionamiento deriva del hecho de que una imagen muy breve de un cuerpo en movimiento lo para en la posición que ocupa en aquel instante preciso. Así, efectuando una serie de observaciones sincronizada con la frecuencia del movimiento, se tendrá la impresión de que el objeto está parado. Las aplicaciones más conocidas de la lámpara estroboscópica en el sector automovilístico son el control de la puesta a punto: RPM, Avance, Ángulo de cierre (Dwell), Frecuencímetro. Comprobar el punto es muy importante en los vehículos modernos (después de cambiar la correa de distribución o para diagnosis). La lámpara lo permite en todos los tipos de encendido (convencional con distribuidor, DIS, bobina por cilindro).

Imagen 4.1. Lámpara estroboscópica

Fuente: www.sfklam.com

Instrumento utilizado en mantenimiento predictivo mediante el cual se puede visualizar un objeto que está girando a velocidad como si estuviera inmóvil, este se usa sobre todo para inspeccionar ejes y correas que se encuentran en movimiento.

INSPECCIONES POR EL TACTO

Las inspecciones realizadas por medio del tacto, son bastantes simples, se utiliza para detectar temperaturas principalmente, aquellas que sean accesibles, esta técnica se utiliza también para detectar anomalías en las superficies de un equipo, sean golpes, deformaciones, etc.

El elemento de apoyo que utilizamos en este tipo de inspección es el pirómetro que nos permite tener precisión en la medición de rangos de temperatura. Es capaz de medir la temperatura de una sustancia sin estar en contacto con ella, ya que mide la radiación que emana del cuerpo y con eso conoce la temperatura. Este instrumento mide la temperatura de objetos incandescentes comparando el color rojo de su filtro con el de un filamento incandescente cuya temperatura ya se conoce y se puede ajustar. Pueden llegar a medir temperaturas superiores a los 1063 °C.

INSPECCIONES POR EL OLFATO

Las inspecciones realizadas por el olfato tienen por objetivo detectar olores anormales, ya sean olores a quemado, olores de descomposición de grasas, escape de gases, etc.

En este caso no utilizamos ningún elemento u objeto de apoyo.

INSPECCIONES POR EL OIDO

Las inspecciones realizadas por el oído, tienen por objetivo detectar fallas o averías mediante los sonidos anormales que emiten los equipos con fallas potenciales, así, un equipo desalineado provocara fuertes sonidos en los rodajes, de igual manera lo harán los equipos a los que les falte una adecuada lubricación.

Mediante el oído también se pueden detectar los ensambles con desajustes o juegos grandes.

El elemento de apoyo que proponemos en esta investigación es la utilización de un estetoscopio Este estetoscopio se utiliza para localizar ruidos en máquinas, p.e en ventiladores, émbolos y bombas. El estetoscopio es ideal para la inspección de ruidos o la inspección de vibraciones en las fábricas, lo cual da oportunidad al usuario responsable de inspección de reconocer las fuentes de problemas antes de que las máquinas o instalaciones dejen de funcionar (mantenimiento preventivo / orientativo).

Imagen 4.2.: Estetoscopio para inspecciones mecánicas



Fuente: <http://www.pce-iberica.es/>

Instrumento que se utiliza para amplificar ruidos y sonidos y permite sugerir un diagnóstico más preciso.

4.5.1.6. Ensayos no destructivos NDT

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de non destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Se identifican comúnmente con las siglas: PND; y se consideran sinónimos a: Ensayos no destructivos (END), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

- Defectología. Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de tensiones; detección de fugas.
- Caracterización. Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isotermas.
- Metrología. Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado.

La clasificación de las pruebas no destructivas se basa en la posición en donde se localizan las discontinuidades que pueden ser detectadas, por lo que se clasifican en:

Pruebas no destructivas superficiales

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados.

Los métodos de PND superficiales son:

- PT – Líquidos Penetrantes
- MT – Partículas Magnéticas
- ET – Electromagnetismo

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

Pruebas no destructivas volumétricas

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND volumétricos son:

- RT – Radiografía Industrial
- UT – Ultrasonido Industrial
- AE – Emisión Acústica

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales, así como bajo ciertas condiciones, la detección de discontinuidades superficiales.

Para esta investigación, se utilizarán los métodos de líquidos penetrantes, partículas magnéticas y el ultrasonido que serán explicados a continuación:

4.5.1.7. Ensayos no destructivos por líquidos penetrantes

El ensayo por líquidos penetrantes es un método no destructivo que permite la detección de discontinuidades en materiales sólidos no porosos tales

como metales cerámicos vidrios y plásticos y siempre que las discontinuidades se encuentren abiertas a la superficie.

Este método está basado en la penetración de un líquido dentro de las fisuras y esto ocurre debido al fenómeno de la Capilaridad que es la propiedad de penetración de un líquido en lugares extremadamente pequeños debido a sus características físico-químicas, tal como la tensión superficial de este líquido mencionado.

Una vez dentro de la fisura se provoca la absorción de este líquido hacia la superficie del material a través del uso de un agente absorbente denominado Revelador.

En comparación con otros métodos de ensayo no destructivo (Radiografía, Ultrasonidos, Corrientes Inducidas...), la aplicación práctica del ensayo por líquidos penetrantes, en general, es menos compleja y no requiere el empleo de equipos complicados o costosos. Pero no hay que cometer el error de pensar por esto que su ejecución se pueda realizar de forma menos cuidadosa.

Características de los Líquidos Penetrantes

El líquido penetrante tiene la propiedad de penetrar en cualquier abertura u orificio en la superficie del material.

El penetrante ideal debe reunir lo siguiente:

- Habilidad para penetrar orificios y aberturas muy pequeñas y estrechas.
- Habilidad de permanecer en aberturas amplias.
- Habilidad de mantener color o la fluorescencia.
- Habilidad de extenderse en capas muy finas.
- Resistencia a la evaporación.
- De fácil remoción de la superficie.
- De difícil eliminación una vez dentro de la discontinuidad.
- De fácil absorción de la discontinuidad.
- Atoxico.
- Inodoro.
- No corrosivo.
- Anti inflamable.
- Estable bajo condiciones de almacenamiento.
- Costo razonable.

Clasificación de los líquidos penetrantes

La clasificación básica de los tipos de líquidos penetrantes existentes es la que los agrupa en función de la fuente de luz que se precisa para la observación de las indicaciones que proporciona el ensayo. Se clasifican en tres grupos o familias

Que son:

- Líquidos penetrantes coloreados, observación con luz visible blanca.

- Líquidos penetrantes fluorescentes, observación con luz negra (ultravioleta).
- Líquidos penetrantes mixtos (fluorescentes - coloreados), observación bajo los dos tipos de luz anteriores.

Paralelamente, en cada familia, se pueden encontrar tres casos posibles de empleo en función de la forma de eliminar de la superficie el exceso de penetrante:

- a. Líquidos penetrantes lavables con agua.
- b. Líquidos penetrantes postemulsionables.
- c. Líquidos penetrantes eliminables con disolventes.

Los penetrantes postemulsionables se llaman así porque necesitan la adición posterior de un emulsionante para hacerlos lavables con agua.

Líquidos penetrantes coloreados visibles

Contienen pigmentos coloreados disueltos que los hacen visibles con luz natural (de día) o con luz artificial blanca (lámparas eléctricas).

El color más utilizado es el rojo que hace claramente visibles las indicaciones sobre el fondo normalmente blanco del revelador.

Aunque la sensibilidad de estos penetrantes rojos suele ser inferior a la de los fluorescentes, resultan adecuados para un gran número de aplicaciones.

Así, los más empleados en general en los talleres y en inspecciones que se realizan a pie de obra son los penetrantes

rojos eliminables con disolvente, suministrados en botes aerosol por ser los de aplicación más sencilla

(pulverización sobre la zona de ensayo) y no requieren agua para lavado ni lámparas especiales para la observación, como los fluorescente

Líquidos penetrantes fluorescentes

Este tipo de líquido penetrante incorpora en su composición pigmentos fluorescentes de color generalmente amarillo verdoso, que son sensibles a una iluminación especial llamada luz negra que los hace fluorescer.

En general, estos líquidos penetrantes fluorescentes tienen una mayor sensibilidad que los coloreados, es decir, son capaces de detectar indicaciones más finas.

Líquidos penetrantes lavables con agua

Este tipo de penetrante es de uso muy cómodo y su empleo está bastante extendido, a pesar de su menor sensibilidad.

“Los líquidos penetrantes (líquidos tipo aceite ligero, derivados del petróleo) por sí mismos no son solubles en agua”. El tipo de penetrante “Lavable con agua” incorpora en su composición un agente emulsionante que permite que el producto se pueda eliminar por lavado con agua.

Una emulsión es un líquido formado por al menos dos sustancias que no son miscibles, de las cuales una está dispersa en la otra (fase continua) en estado de gotas muy finas.

Método de Aplicación de los Líquidos Penetrantes (LP)

A. Limpieza Previa

Es necesaria la Limpieza Previa de la superficie antes de la aplicación del Líquido Penetrante, pues si la superficie de la pieza estuviera conteniendo aceites, grasas u otras suciedades que puedan obstruir la abertura de la fisura, el Líquido Penetrante cuando es aplicado en la superficie no conseguirá penetrar en la fisura por lo que el ensayo estará totalmente comprometido.

B. Aplicación de Líquido Penetrante

El Líquido Penetrante puede ser aplicado en la superficie de la pieza de varias maneras, pues el objetivo principal es formar un filme sobre esta superficie, para que en cualquier parte del material a ensayar este cubierto con Líquido Penetrante y por lo tanto pueda ser posible detectar una fisura. Las técnicas de aplicación más utilizadas son la aplicación a pincel, pistola de pintura, aerosol.

La inmersión, se utiliza cuando se analizan piezas pequeñas, aplicándose normalmente a un proceso de producción seriada.

El Líquido penetrante deberá estar sobre la superficie en inspección por un periodo denominado Tiempo de Penetración, que es el tiempo necesario para que el Líquido penetre en el interior de la fisura. Este tiempo en promedio varía entre 10 a 30 minutos

C. Remoción de Líquido Penetrante

Luego de terminar el tiempo de penetración, el líquido penetrante debe ser removido de la superficie de inspección. El modo como es realizada la remoción también es una forma de clasificación del tipo del líquido penetrante

D. Revelación

La etapa de la revelación es la etapa en que se forman las indicaciones sobre la superficie en inspección. La función del Revelador es exactamente la de absorber hacia la superficie el resto del Líquido Penetrante que quedó contenido dentro de la discontinuidad (fisura) después de la etapa de remoción del exceso.

Los Reveladores se presentan en tres formas básicas:

- Reveladores Acuosos
- Reveladores No Acuosos
- Reveladores Secos

La inspección visual que se realiza después de la preparación de la superficie por las etapas anteriormente explicadas puede ser realizada bajo luz blanca o visible cuando el Líquido Penetrante utilizado es del tipo rojo. En este caso la incidencia de la luz visible en el punto de la inspección debe tener una intensidad luminosa de no menos 1000 lux, según la recomendación de la Norma ASTM E 1417.

Imagen 4.3. Ensayo de líquidos penetrantes en brida



Fuente: Ensayos mecánicos no destructivos, estructuras01.wordpress.com

Ensayo de líquidos penetrantes a una brida, se utiliza un líquido limpiador y revelador que se introduce en las fisuras que no se pueden detectar a simple vista.

4.5.1.8. Ensayo por partículas magnéticas

El ensayo de Partículas Magnéticas es uno de los más antiguos que se conoce, encontrando en la actualidad, una gran variedad de aplicaciones en las diferentes industrias. Es aplicable únicamente para inspección de materiales con propiedades ferromagnéticas, ya que se utiliza fundamentalmente el flujo magnético dentro de la pieza, para la detección de discontinuidades.

Mediante este ensayo se puede lograr la detección de defectos superficiales y subsuperficiales (hasta 3 mm debajo de la superficie del material). El acondicionamiento previo de la superficie, al igual que en las Tintas Penetrantes, es muy importante, aunque no tan exigente y riguroso.

La aplicación del ensayo de Partículas Magnéticas consiste básicamente en magnetizar la pieza a inspeccionar, aplicar las partículas magnéticas (polvo fino de limaduras de hierro) y evaluar las indicaciones producidas por la agrupación de las partículas en ciertos puntos. Este proceso varía según los materiales

que se usen, los defectos a buscar y las condiciones físicas del objeto de inspección.

Para la magnetización se puede utilizar un banco estacionario, un yugo electromagnético, electrodos o un equipo portátil de bobina flexible, entre otros. Se utilizan los diferentes tipos de corrientes (alterna, directa, semi-rectificada, etc.), según las necesidades de cada inspección. El uso de imanes permanentes ha ido desapareciendo, ya que en éstos no es posible controlar la fuerza del campo y son muy difíciles de manipular.

Para realizar la inspección por Partículas Magnéticas existen varios tipos de materiales que se pueden seleccionar según la sensibilidad deseada, las condiciones ambientales y los defectos que se quieren encontrar. Las partículas magnéticas pueden ser:

1. Secas

- Fluorescentes
- Visibles (varios colores)

2. Húmedas

- Fluorescentes
- Visibles (varios colores)

Los métodos de magnetización y los materiales se combinan de diferentes maneras según los resultados deseados en cada prueba y la geometría del objeto a inspeccionar.

Principios Básicos

Cuando se estudia el comportamiento de un imán permanente, se puede observar que éste se compone por dos polos, Norte y Sur, los cuales determinan la dirección de las líneas de flujo magnético que viajan a través de él y por el espacio que lo rodea, siendo cada vez más débiles con la distancia.

Si cortamos el imán en dos partes, observaremos que se crean dos imanes nuevos, cada uno con sus dos polos, Norte y Sur, y sus correspondientes líneas de flujo magnético. Esta característica de los imanes es la que permite encontrar las fisuras abiertas a la superficie, y los defectos internos en una pieza, como se explicará a continuación.

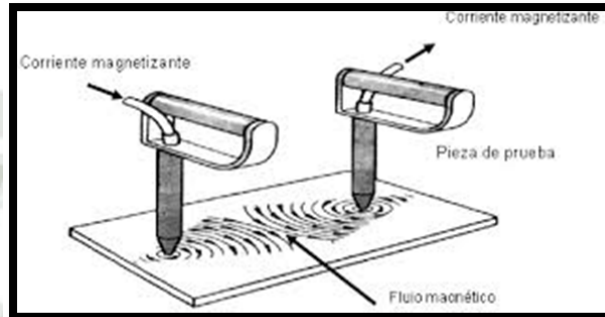
La magnetización de un material ferromagnético se puede lograr mediante la inducción de un campo magnético fuerte, desde una fuente externa de magnetización (un electroimán), o mediante el paso de corriente directamente a través de la pieza. La fuerza del campo generado es resultado de la cantidad de corriente eléctrica que se aplique y el tamaño de la pieza, entre otras variables.

Una vez magnetizado el objeto de estudio, éste se comporta como un imán, es decir, se crean en él dos polos magnéticos Sur y Norte. Estos polos determinan la dirección de las líneas de flujo magnético, las cuales viajan de Norte a Sur.

Teniendo la pieza magnetizada (magnetización residual), y/o bajo la presencia constante del campo magnético externo (magnetización continua), se aplica el polvo de limadura de hierro seco, o suspendido en

un líquido (agua o algún destilado del petróleo). Donde se encuentre una perturbación o una fuga en las líneas de flujo magnético, las pequeñas partículas de hierro se acumularán, formando la indicación visible o fluorescente, dependiendo del material usado.

Imagen 4.4. Funcionamiento del ensayo de partículas magnéticas



Fuente: aireyespacio.com

Demostración del funcionamiento de los imanes utilizados en un ensayo de partículas magnéticas y la dirección del flujo magnético de las partículas utilizadas

La perturbación o fuga del campo magnético se genera por la formación de dos polos pequeños N y S en los extremos del defecto (fisura, poro, inclusión no-metálica, etc.). En la figura se muestra este efecto.

Al igual que en la mayoría de los Ensayos No Destructivos, en la inspección con Partículas Magnéticas intervienen muchas variables (corriente eléctrica, dirección del campo, tipo de materiales usados, etc.), las cuales deben ser correctamente manejadas por el inspector para obtener los mejores resultados. Por esta razón las normas MIL, ASTM, API, AWS y ASME entre muchas otras, y los manuales de mantenimiento de las aeronaves, exigen la calificación y certificación del personal que realiza este tipo de pruebas, con el fin de garantizar la confiabilidad de los

resultados y así contribuir a la calidad del producto. Entre las regulaciones más conocidas de certificación de personal se encuentran: NAS-410, ISO 9712, SNT-TC-1A, ANSI/ASNT CP-189 y EN-473.

4.5.1.9. Ultrasonido

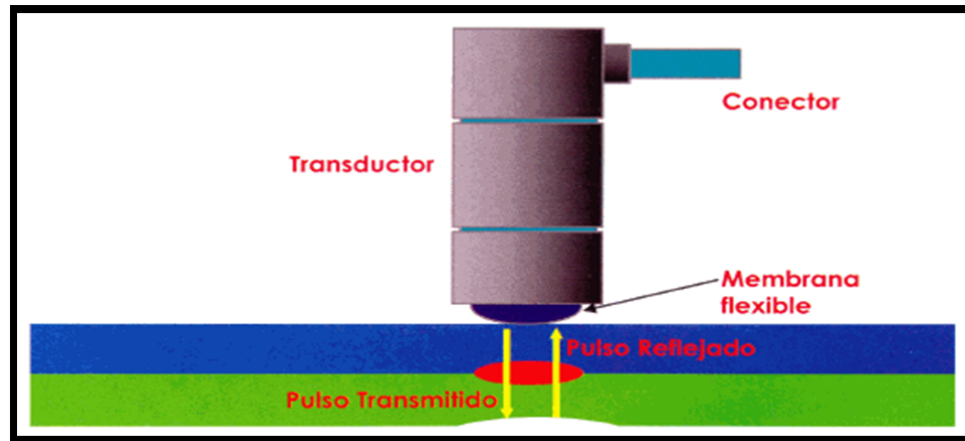
La inspección por ultrasonido es un método no destructivo en el cual un haz o un conjunto de ondas de alta frecuencia son introducidos en los materiales para la detección de fallas en la superficie y sub-superficie.

Las ondas de sonido viajan a través del material disminuyéndose paulatinamente y son reflejadas a la interface. El haz reflejado es mostrado y analizado para definir la presencia y localización de fallas y discontinuidades.

El grado de reflexión depende grandemente en el estado físico de los materiales que forman la interface. Por ejemplo: las ondas de sonido son reflejadas casi totalmente en las interfaces gas/metál. Por otro lado existe una reflectividad parcial en las interfaces metal/sólido.

Grietas, laminaciones, poros, socavados y otras discontinuidades que producen interfaces reflectivas pueden ser detectadas fácilmente. Inclusiones y otras partículas extrañas pueden ser también detectadas causando baja reflexión.

Imagen 4.5. Esquema general de un proceso UT



Fuente: isotec.com.co

Esquema que nos muestra las partes del sensor de ultrasonido y el tipo de pulso que transmite hacia el elemento a inspeccionar.

La mayoría de los instrumentos de inspección ultrasónica detectan fallas monitoreando uno más de los siguientes puntos:

- La reflexión del sonido de las interfaces consistentes en los límites del material o en discontinuidades dentro del material mismo.
- El tiempo de tránsito de la onda de sonido durante la prueba dentro de la pieza desde el punto de entrada del transductor hasta el punto de salida.
- La atenuación de las ondas de sonido en la pieza debido a la absorción y dispersión dentro de la pieza.
- La mayoría de las inspecciones ultrasónicas son realizadas en frecuencias entre 0.1 y 25 MHz. Las ondas de ultrasonido son vibraciones mecánicas, las amplitudes de las vibraciones producen esfuerzos en las piezas por debajo de su límite elástico, de

esta manera los materiales no producirán deformaciones plásticas.

- La inspección ultrasónica es el método no destructivo más comúnmente utilizado. Su principal aplicación es la detección de discontinuidades y defectos internos, aunque también es utilizado para detectar defectos superficiales, para definir características de la superficie tales como: medida de corrosión y espesor. Y con frecuencias menores se sirve para determinar el tamaño de grano, estructura, y constantes elásticas.

Equipo básico

La mayoría de los equipos de inspección por ultrasonido incluyen el siguiente equipo básico:

- Un generador electrónico de señal que produce ráfagas de voltaje alternadas.
- Un transductor que emite un haz de ondas ultrasónicas cuando las ráfagas de voltaje alternado son aplicadas.
- Un acoplador para transferir la energía de las ondas de ultrasonido a la pieza de trabajo.
- Un acoplador que transfiere la salida de las ondas de sonido (energía acústica) de la pieza al transductor.
- Un transductor (puede ser el mismo que el transductor que inicia las ondas ultrasónicas o puede ser otro diferente) para aceptar y convertir la ondas de ultrasonido de salida de la pieza de trabajo en ráfagas de voltaje. En la mayoría de los sistemas un transductor simple actúa como emisor y receptor.

- Un dispositivo electrónico para amplificar y modificar las señales del transductor.
- Un dispositivo de salida que muestre la información resultante y la proyecte ya sea impresa o en pantalla.
- Un reloj electrónico o un cronómetro para controlar la operación de varios componentes del sistema.

Características generales de las ondas ultrasónicas

Las ondas ultrasónicas son ondas mecánicas (en contraste por ejemplo con los rayos x que son ondas electromagnéticas) que consisten en vibraciones oscilatorias de partículas atómicas o moleculares de una sustancia. Las ondas de ultrasonido se comportan igual que las ondas onda de sonido audible. Se pueden propagar a través de un medio elástico, ya sea sólido, líquido o gaseoso, pero no al vacío.

En varios aspectos, un haz de ultrasonido es similar a un haz de luz, ambos son ondas y obedecen a la ecuación general de ondas. Cada onda viaja con características diferentes las cuales dependen del medio en el que se propaguen no de las características de la onda. Como un haz de luz, un haz de ultrasonido es reflejado de las superficies, refractado cuando cruza las fronteras entre dos sustancias que tienen diferentes características de velocidades y difractados en los bordes o alrededor de los obstáculos.

Propagación de las ondas

Las ondas ultrasónicas (y otras ondas de sonido) se propagan en cierta medida en cualquier material elástico. Cuando las partículas atómicas o moleculares de un material elástico son desplazadas de sus posiciones de equilibrio por cualquier fuerza aplicada,

esfuerzos internos actúan para restaurar o reacomodar a sus posiciones originales.

Debido a las fuerzas interatómicas que existen entre las partículas adyacentes del material, un desplazamiento en un punto induce un desplazamiento en los puntos vecinos y así sucesivamente, originando entonces una propagación de ondas de esfuerzo-deformación. El desplazamiento real material que se produce en las ondas ultrasónicas es extremadamente pequeño.

La amplitud, modo de vibración y velocidad de las ondas se diferencian en los sólidos, líquidos y gases debido a las grandes diferencias que entre las distancias de sus partículas internas. Estas diferencias influyen las fuerzas de atracción entre partículas y el comportamiento elástico de los materiales.

La relación de velocidad con frecuencia y longitud de onda está dada por:

$$V = f \cdot \lambda$$

Dónde V es velocidad (en metros por segundo), f es la frecuencia (en Hertz) y λ es la longitud de onda (en metros por ciclo).

Velocidad

La velocidad de propagación es la distancia recorrida por la onda dividido por el tiempo empleado para recorrer esa distancia. La velocidad de los ultrasonidos en un material determinado depende de la densidad y elasticidad del medio que a su vez varían con la temperatura. La relación es directa, es decir, a mayor densidad del medio, mayor será la velocidad de transmisión de los ultrasonidos.

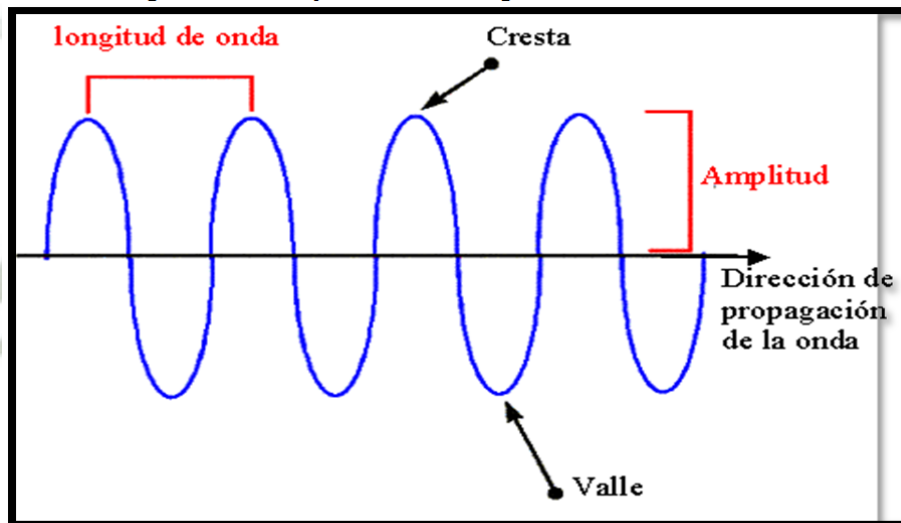
Frecuencia

Es el número de oscilaciones (vibración o ciclo) de una partícula por unidad de tiempo (segundo). La frecuencia se mide en Hertz (Hz). Un Hertz es una oscilación (ciclo) por segundo. Como los ultrasonidos son ondas de alta frecuencia, se utiliza como medida básica el MegaHertz (MHz) que es igual a un millón de Hz.

Longitud de onda.

Es la distancia que existe entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado de vibración.

Imagen 4.6: Esquema de longitud de onda.



Fuente: isotec.com.co

Partes de una onda y su propagación, que son factores que se utilizan para mediciones de ultrasonido.

Amplitud.

Es el máximo cambio producido en la presión de la onda, es decir la distancia máxima que alcanza la partícula vibratoria desde su posición inicial de reposo (altura de la curva senoidal).

La amplitud se relaciona con la intensidad. De este modo si aumentamos la intensidad de una onda determinada aumentaremos su amplitud. Durante la transmisión de las ondas, por efecto de su interacción con el medio, disminuye la intensidad de la onda en función de la distancia recorrida y como consecuencia se produce una disminución de su amplitud.

Período.

Es el tiempo de una oscilación completa, es decir lo que tarda el sonido en recorrer una longitud de onda.

Intensidad.

Es la energía que pasa por segundo a través de una superficie de área unidad colocada perpendicularmente a la dirección de propagación del movimiento.

La intensidad disminuye con la distancia.

Propiedades de las ondas ultrasónicas

Las ondas ultrasónicas pueden desplazarse por el medio en forma de ondas longitudinales (las partículas vibran en la dirección de propagación de la onda), transversales (las partículas vibran perpendicularmente) o de superficie (los movimientos de las partículas forman elipses en un plano paralelo a la dirección de propagación y perpendicular a la superficie).

Los ultrasonidos van a tener una característica muy importante que los diferencia de los sonidos de menor frecuencia, la direccionalidad, es decir, la onda ultrasónica no se propaga en todas direcciones sino que forma un haz de pequeño tamaño que puede ser "enfocado".

Además, de un modo análogo a lo que sucede con una onda luminosa, se pueden aplicar lentes acústicas que pueden modular el haz ultrasónico. Esto permite focalizar nuestro haz sobre la zona a explorar, quedando fuera de foco las que están situadas por delante o detrás de ese punto, es decir, lo mismo que en las ondas luminosas, existe el concepto de "profundidad de foco", que se aplicaría a todas las **estructuras** que quedan enfocadas utilizando un haz de unas características determinadas.

Métodos utilizados

Métodos básicos de inspección

Los dos métodos más importantes para la inspección por ultrasonido son el método de transmisión y el método eco-pulsado. La principal diferencia entre estos dos métodos es que el método de transmisión involucra solo la medición de la atenuación de la señal, mientras que el método eco-pulsado puede ser utilizado para medir el tiempo de tránsito y la atenuación o disminución de la señal.

Método eco-pulsado

Es el más utilizado en inspecciones ultrasónicas, involucra la detección de ecos producidos cuando un pulso ultrasónico es reflejado por una discontinuidad o una interface en una pieza de trabajo. Este método es utilizado para detectar la localización de la falla y para medir espesores.

La profundidad de la falla está determinado por el "tiempo de vuelo" entre el pulso inicial y el eco producido por la falla. La profundidad de la falla también se puede determinar por el tiempo relativo de

tránsito entre el eco producido por una falla y el eco de la superficie de respaldo.

Las dimensiones de las fallas se estiman comparando la amplitud de la señal del sonido reflejado por una interface con la amplitud del sonido reflejado desde un reflector de referencia de tamaño conocido o por una pieza de respaldo que no contenga fallas.

Método de transmisión

EL método de transmisión el cual incluye tanto reflexión como transmisión, involucra solo la medición de la atenuación o disminución de señal. Este método también se utiliza para la detección de fallas. En el método eco-pulsado, es necesario que una falla interna refleje al menos una parte de la energía sonora sobre un transductor de recepción.

Los ecos de las fallas no son necesarios para su detección. El hecho de la que la amplitud de la reflexión de una pieza de trabajo es menor que la de una pieza idéntica libre de fallas implica que la pieza tiene una o más fallas. La técnica para detectar la presencia de fallas por la atenuación de sonido es utilizada en los métodos de transmisión así como en los métodos eco-pulsados.

La principal desventaja de los métodos de atenuación es que la profundidad de la falla no puede ser medida.

4.5.1.10. Inspección termográfica

La termografía es la ciencia de adquisición y análisis de la información técnica obtenida mediante dispositivos de adquisición de imágenes térmicas a distancia.

Termografía significa “estructura con calor” igual que la fotografía significa “escritura con luz”. La imagen generada se denomina termo grama o imagen térmica.

Las aplicaciones que tiene la termografía son varias ya que posee versatilidad y utilidad, siendo los más comunes el monitoreo de procesos, inspección eléctrica, etc.

Se utiliza en el monitoreo de procesos para optimizar el mantenimiento y para poder conseguir producir con fiabilidad, seguridad al mínimo coste.

Se puede realizar monitoreo de:

- Electricidad
- Edificaciones
- Hornos y calderas
- Mecanismos y fricción
- Tanques y depósitos
- Problemas de flujo de fluidos

Aplicada a nuestra investigación, la termografía nos ayudara a localizar fallos debajo de la superficie.

En el ámbito industrial la aplicación de la termografía en el área de mantenimiento es una de las más difundidas, especialmente en el mantenimiento llamado Predictivo o también en el mantenimiento Proactivo. (Ambos en base monitoreo de condición)

La Termografía Infrarroja en el área de mantenimiento presenta ventajas comparativas inigualables. Quizá sea el ensayo más divulgado y exitoso de los últimos años.

Se complementa eficientemente como los otros ensayos del mantenimiento, así como son el análisis de lubricantes, el análisis de vibraciones, el ultrasonido pasivo y el análisis predictivo de motores eléctricos. También, por supuesto, con los ensayos no destructivos clásicos como lo son el ensayo

radiográfico, el ultrasonido activo, tintas penetrantes, partículas magnéticas y corrientes inducidas.

A su vez, de todas las tecnologías relacionadas al mantenimiento, la Termografía Infrarroja sería la que está más vinculada a la seguridad de una instalación. Cuando nos referimos a seguridad queremos decir seguridad tanto de las personas como edilicia. Toda falla electromecánica antes de producirse se manifiesta generando calor. (También se puede detectar pérdidas de frío) Este calor o elevación de temperatura puede ser una elevación súbita, pero por lo general, dependiendo del objeto, la temperatura comienza a manifestarse lentamente. Ahí es donde la termografía se transforma en una herramienta irremplazable. El objetivo es poder detectar a priori fallas que pueden producir una parada de planta y/o un siniestro.

Esto se traduce o significa reducir costos ocultos por lucro cesante, reducir las pólizas de seguro de la planta en sí y los seguros del personal en el área de accidentes del trabajo. Los otros costos que se reducen sensiblemente son los del sector de mantenimiento propiamente dicho. Área que puede organizar mejor sus tareas pensando a futuro y tratando de disminuir al mínimo posible las reparaciones diarias, las cuales son siempre muy costosas. También reduce los costos por disminución de stock de repuestos y por mejor control de los proveedores a los cuales pueden reclamar en caso que la disipación de calor no este conforme a las normas o a sus expectativas.

Cada planta e instalación tiene su historia de cómo fue concebida inicialmente y como se fueron sucediendo

sus ampliaciones. La calidad de la ingeniería y el montaje inicial son fundamentales para los resultados futuros. La implementación de la termografía en el área de mantenimiento tiene un beneficio también indirecto sobre el área de producción y la calidad: menos paradas no programadas, lo cual significa mayor productividad y también uniformidad en el producto.

En virtud de lo anterior, la termografía infrarroja (TI) puede ser activa o pasiva. La última recoge aquellos casos en los que no se usa ninguna estimulación de calentamiento o enfriamiento externo para provocar un flujo de calor en el cuerpo inspeccionado. Sin embargo la TI activa utiliza estímulos externos para inducir un contraste térmico relevante en el objeto bajo inspección.

En la termografía pasiva, los materiales y estructuras bajo inspección se encuentran a temperaturas diferentes a la del ambiente, mostrando un patrón de temperaturas típico por el hecho de estar involucrados en procesos que producen calor. Una diferencia respecto a la temperatura normal de trabajo del objeto sugiere un comportamiento anormal del mismo. Ello es debido al principio de conservación de la energía, la primera ley de la termodinámica, donde se recoge que cualquier proceso consume energía liberando calor según la ley de la entropía.

La TI pasiva captura información de temperatura en tiempo real desde una distancia segura sin ninguna interacción con el objeto. La clave reside en la diferencia de temperatura con respecto al entorno, de lo que se pueden obtener evidencias cualitativas del estado de un objeto (el análisis cuantitativo requiere

De modelados térmicos de los objetos). Así, por ejemplo, se monitoriza edificaciones (localización de pérdidas de calor y humedades) o se emplea en mantenimiento preventivo, electrónica, medicina y veterinaria, elaboración de componentes y procesos industriales, detección de fuegos, fugas o detección de objetivos (militar).

En la termografía activa, a través de la estimulación externa, se provoca un flujo de calor interno en el objeto bajo estudio, permitiendo evaluar especies a temperatura ambiente. El termograma obtenido presenta un patrón térmico que posibilita una caracterización cuantitativa del interior del espécimen. Así pueden detectarse laminaciones o inclusiones (las cuales representan variaciones en la conducción interna de calor), corrosiones, fisuras, desencolados de materiales o estimar propiedades térmicas de materiales, o estudiar daños por impactos, entre otras aplicaciones.

Cámara Termográfica

La cámara termográfica es un dispositivo que, a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano.

Estas cámaras operan, más concretamente, con longitudes de onda en la zona del infrarrojo térmico, que se considera entre $3\ \mu\text{m}$ y $14\ \mu\text{m}$.

Todos los cuerpos emiten cierta cantidad de radiación de cuerpo negro (en forma infrarroja) en función de su temperatura. Generalmente, los objetos con mayor temperatura emiten más radiación infrarroja que los que poseen menor temperatura.

Las imágenes visualizan en una pantalla, y tienden a ser monocromáticas, porque se utiliza un sólo tipo de sensor que percibe una particular longitud de onda infrarroja. Muestran las áreas más calientes de un cuerpo en blanco y los menos en negro, y con matices grises los grados de temperatura intermedios entre los límites térmicos.

Sin embargo, existen otras cámaras infrarrojas que se usan exclusivamente para medir temperaturas y procesan las imágenes para que se muestren coloreadas, porque son más fáciles de interpretar con la vista. Pero esos colores no corresponden a la radiación infrarroja percibida, sino que la cámara los asigna arbitrariamente, de acuerdo al rango de intensidad de particular longitud de onda infrarroja, por eso se llaman falsos colores o pseudocolores.

Esos falsos colores tienen varias aplicaciones, como las cartográficas, pues describen las diferentes alturas del relieve de un mapa: De color azul las partes más frías, que comúnmente son las más altas, y de color rojo las más calientes, que son las más bajas; las partes intermedias en altura, y por tanto en temperatura, en otros colores como el amarillo y el anaranjado.

Imagen 4.7. Cámara termográfica FLIR



Fuente: Foto propia

Cámara especial que cuenta con un sistema de lentes especiales que permiten observar los espectros de calor de un objeto.

Otras aplicaciones generales de las cámaras infrarrojas son: Ver en las tinieblas, a través del humo o debajo del suelo.

Se han ingeniado maneras para evitar la detección de cámaras infrarrojas, pero no son eficientes. Vestirse con ropa aislante térmica oculta temporalmente de la cámara, porque la ropa se calienta gradualmente a la temperatura del entorno y se vuelve detectable. Envolverse en papel aluminio y vestir prendas mojadas no oculta de las cámaras potentes, sólo confunde las lecturas percibidas.

Una fotografía con la cámara termográfica se muestra a continuación:

Imagen 4.8. Imagen tomada con la cámara termográfica



Fuente: Foto propia

Imagen tomada desde una cámara termográfica a una de las paredes de un ciclón de un intercambiador de calor a gran escala, en la parte superior que puede observar en rango de temperatura mayor registrada, y la temperatura mínima, en la parte inferior

Programa Flir Quick Report 1.2 SPI

Permite a los usuarios organizar y analizar las imágenes radiométricas de sus cámaras de infrarrojos y presentarlas en un informe mediante tres pasos sencillos.

El software permite al usuario ajustar el nivel, el intervalo, el zoom y el posicionamiento horizontal de la cámara. FLIR Quick Report cuenta con una selección de diez paletas de colores diferentes. La alarma avisa del riesgo de condensación en la superficie, de la proliferación de moho o del aislamiento inadecuado.

Las plantillas integradas permiten al usuario optar por incluir dos imágenes infrarrojas o una imagen infrarroja

y una foto digital. Las descripciones de las imágenes y los comentarios de texto y voz se pueden transferir automáticamente al informe.

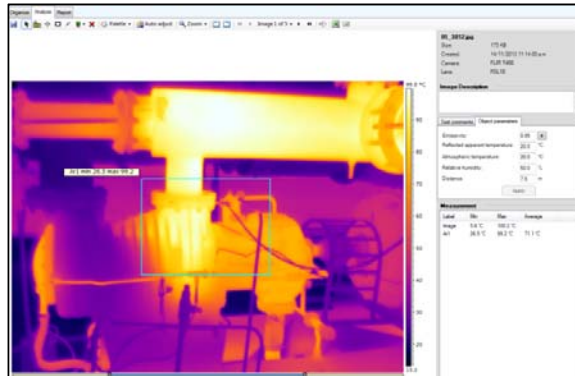
El informe de inspección se puede enviar por correo electrónico o se puede exportar a Excel o al software FLIR Reporter.

Características principales

- Ajuste el nivel, el intervalo y la paleta de color
- Cambie los niveles de temperatura y cálculo isotérmico
- Cree fotómetros puntuales, líneas y áreas
- Envíe por correo electrónico una o más imágenes
- Cambie los parámetros de las alarmas de condensación y aislamiento
- Agregue el logotipo de su empresa a los informes de inspección
- Arrastre y suelte imágenes y obtenga vistas previas de las páginas de los informes
- Aplique zoom digital y panorámica de hasta 8 aumentos

A continuación vista de la pantalla de análisis del programa Flir Quick Report 1.2.

Imagen 4.9. Imagen de la pantalla del programa Flir Quick Report 1.2 para análisis de termografía



Fuente: Foto propia

Imagen de la pantalla principal del programa para análisis de imágenes termográficas Flir Quick Report.

Se elaboraran reportes con las tomas de termografía que se realizan y se realizara la división por ruta o proceso para cubrir la mayor cantidad de equipos.

4.5.1.11. Inspección vibraciones y monitoreo de condición

El análisis y monitorizado de vibraciones son dos de las herramientas más usuales para prevenir incipientes problemas mecánicos relacionados con los procesos de fabricación en cualquier planta productiva, no limitándose sólo a las máquinas rotativas. Hasta hace poco, eran excluidas del análisis de vibraciones las máquinas con velocidades de funcionamiento bajas, así como las líneas de proceso continuo especialmente complejas. No obstante, en la actualidad se utilizan técnicas de análisis de vibraciones en máquinas cuyas velocidades nominales son del orden de hasta 6 r.p.m. Hay que tener en cuenta que todas las máquinas vibran debido a las tolerancias inherentes a cada uno de sus elementos constructivos. Estas tolerancias

proporcionan a una máquina nueva una vibración característica básica respecto a la cual se pueden comparar futuras vibraciones. Máquinas similares funcionando en buenas condiciones tendrán vibraciones características similares que diferirán unas de otras principalmente por sus tolerancias de construcción.

Un cambio en la vibración básica de una máquina, suponiendo que está funcionando en condiciones normales, será indicativo de que algún defecto incipiente se está dando en alguno de sus elementos, provocando un cambio en las condiciones de funcionamiento de la misma.

Diferentes tipos de fallos dan lugar a diferentes tipos de cambios de la vibración característica de la máquina, pudiendo ayudar a determinar tanto la fuente del problema, como advirtiéndolo de su presencia.

Ventajas de las inspecciones vibracionales

El análisis de vibraciones ayuda a diagnosticar problemas en el equipo de trabajo antes de que ocurra algún fallo catastrófico y ofrece importantes ventajas:

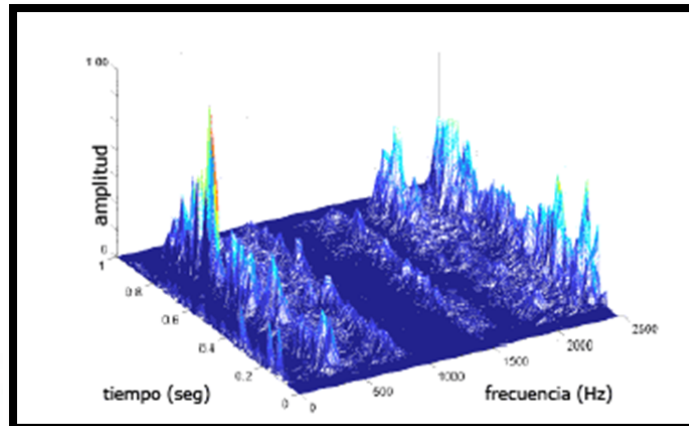
- Gran reducción en los costos de mantenimiento no planeado. (mantenimiento correctivo)
- Altas reducciones en inventario de partes de repuesto al tener un mejor conocimiento del estado de la maquinaria.
- Reducción en las ordenes de trabajo de emergencia y tiempo extra.
- Reparaciones más eficientes y reducción de costes de mantenimiento.

- Incremento en la capacidad de producción, debido a menos rechazos por fallas en el equipo ocasionadas por excesiva vibración.
- Mejores condiciones de seguridad, al no forzar a las máquinas a trabajar hasta el punto de fallar.
- Una máquina en buen estado permite mantener una calidad constante en el proceso y extiende la vida del equipo.

Una máquina que tiene un fallo, sea este eléctrico o mecánico, genera vibraciones. La frecuencia de estas vibraciones es leída y cotejada por los instrumentos de análisis, que reconocen en ellas parámetros específicos (firma de vibración), establecidos a lo largo de años de experiencia en el uso y mantenimiento de maquinaria.

Un espectro de vibración es una imagen de cálculo de datos que nos muestra los datos de frecuencia / amplitud. La frecuencia ayuda a determinar el origen de la vibración, mientras la amplitud ayuda a determinar la severidad del problema. Un incremento en el nivel de frecuencia indica un cambio en el mecanismo: bandas flojas, grietas en la estructura, daños en los rodamientos, desbalanceo, desgaste excesivo de piezas.

Imagen 4.10. Espectro generado por una toma vibracional



Fuente: Imagen propia obtenida de un Microlog

Espectro obtenido de un Microlog que es un dispositivo que se utiliza en la toma de vibraciones, en la imagen se aprecia la amplitud de onda de vibración que varía en el tiempo y frecuencia.

Los parámetros que se ofrecen en la actualidad provienen de tablas de los fabricantes y tablas de normatividad de ISO

Un mantenimiento predictivo asegura una producción continua y estable para cumplir con los tiempos de entrega. Es importante detectar los defectos en su primera etapa, pues no se trata de averiguar cuánta vibración aguanta una máquina sino de detectarla a tiempo y evitar las dificultades que un equipo averiado conlleva.

Hoy en día muchas empresas están subcontratando los Programas de Monitorización del Estado de su Maquinaria a empresas e ingenierías externas; otras compañías prefieren subcontratar a un consultor externo que se encarga solamente de implantar el

programa de monitorización, que más tarde será desarrollado dentro de la propia empresa.

La forma más básica de análisis de vibraciones se llama MEDIDA GLOBAL DE VIBRACIÓN. Esta lectura nos suministra un valor escalar, que describe la cantidad de energía vibratoria total contenida en una onda emitida por máquina. La idea que transmite este análisis, es que un mayor nivel de vibración nos puede indicar un serio problema, el cual debería ser examinado y/o monitorizado. Es decir, a mayor vibración mayor severidad del problema.

Vibraciones en el mantenimiento predictivo

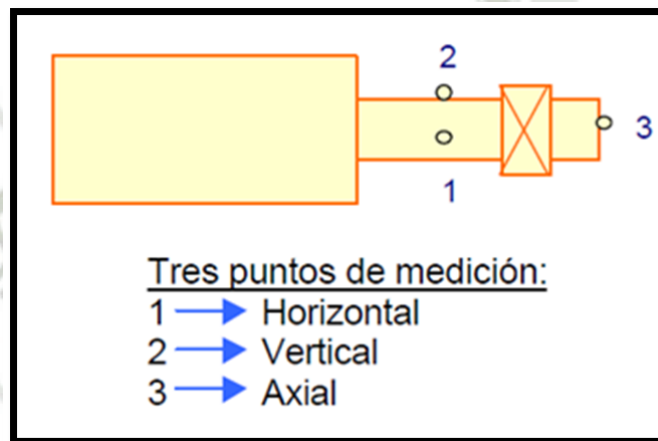
El empleo del análisis de vibraciones en el contexto del Mantenimiento Predictivo como técnica de la detección del deterioro progresivo de las máquinas es una técnica del fácil uso, precisa, eficiente y económica. Por el contrario, el empleo del análisis de vibraciones como técnica de apoyo para la resolución de problemas es más complicada, a menudo menos precisa dependiendo de la experiencia y conocimientos de la persona que las aplica, y mucho más caro.

La diferencia estriba en que en el mantenimiento predictivo el procedimiento general es monitorizar la maquinaria bajo condiciones de test repetibles y observar los cambios; mientras la máquina no falle, los patrones de vibración no deberían cambiar. Por el contrario, si la máquina falla, los patrones cambiarán, y entonces será fácil determinar dónde ha ocurrido el fallo y dónde está la causa de ese fallo.

Inspección Vibracional

Una inspección vibracional realizada a un motor o reductor, tiene diferentes puntos en donde se realiza la toma de medidas de vibración, se tiene tres puntos que son la medida vertical, horizontal y axial, como se muestra en la figura:

Grafico 4.2. Puntos de toma de medición vibracional



Fuente: Elaboración propia

En la toma de vibraciones a un equipo, se toman 3 puntos que son: la toma horizontal que se realiza en el eje z respecto al eje, la toma vertical que es en forma perpendicular la eje y la toma axial, en dirección al eje.

Técnicas de análisis vibracional

Después de realizada la medición, la información es convertida en formatos de análisis. Algunos modos de usar la vibración para determinar la condición de la maquina incluyen la medición de:

- Análisis espectro FFT
- Análisis de señal o dominio del tiempo

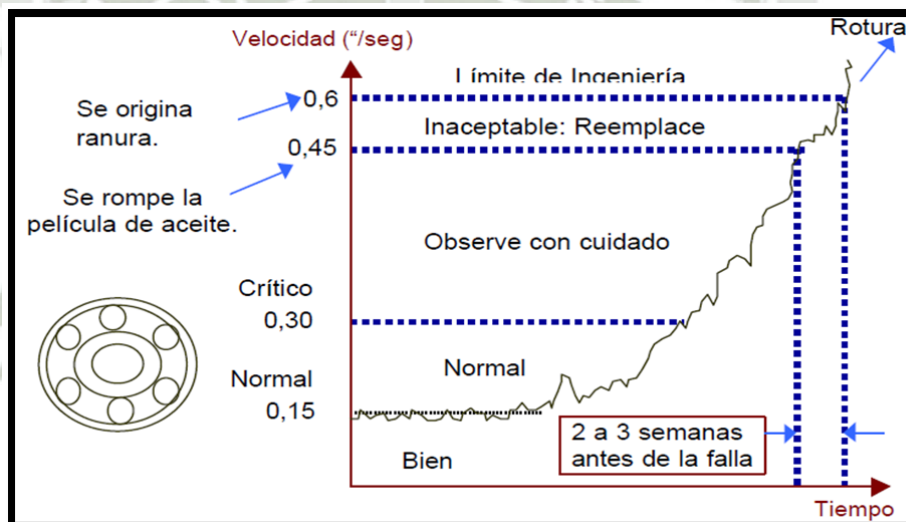
Nivel de vibración total

Medida de la energía total asociada a todas las frecuencias de vibración procedentes del punto de medición dado.

Técnica más rápida para evaluar el estado de un equipo. No mide con precisión señales de vibración de baja frecuencia en condiciones “ruidosas” y no indica la causa de la excesiva vibración.

Son proyectados por tendencia a fin de graficar cambios en la condición del equipo en un periodo de tiempo.

Grafico 4.3 Nivel de vibración total en rodamientos



Fuente: Análisis Vibracional – Tecsup

Estados de falla de un rodamiento advertidos por la toma de vibraciones, donde se indica el deterioro con el paso de tiempo, en este caso con una duración de 2 a 3 semanas.

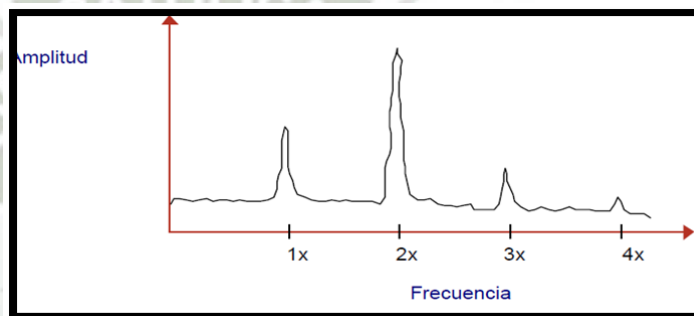
Análisis espectral FFT

Es el método que recomendamos en este proyecto para poder resolver problemas de vibración.

Permite descomponer la vibración total de sus frecuencias componentes (normalmente en armónicos de la frecuencia de giro)

La vibración que ocurre a una determinada frecuencia se llama “amplitud” de vibración a dicha frecuencia.

Grafico 4.4. Amplitud de onda y frecuencia de un espectro



Fuente: Análisis vibracional - Tecsup

La imagen muestra un espectro FFT simple de baja frecuencia con picos a la velocidad de giro de la máquina y múltiplos (armónicos) en condiciones normales de funcionamiento.

Análisis de vibraciones

- El análisis vibracional es considerada la técnica más efectiva para monitorear las condiciones de las máquinas rotativas.
- La medición de la vibración es la medida de un movimiento periódico.
- Se mide vibraciones con el objeto de detectar un exceso que pueda provocar averías
- Se analiza la tendencia

Sistema de obtención de datos

El equipo requerido consta de:

- Medidores portátiles y analizadores
- Medidores recolectores y analizadores
- Software para MPd y análisis vibracional
- Colectores de datos y analizadores en línea

Equipos requeridos para la toma de vibraciones

Para realizar esta tarea de inspecciones y análisis de vibraciones, se va a adquirir un MICROLOG es un colector/analizador FFT de datos portátil de alto rendimiento, basado en rutas y de uno a tres canales. Contiene una entrada triaxial simultánea, un procesador de alta velocidad, capta vibraciones dinámicas y estáticas.

Los analizadores SKF Microlog realizan las tareas requeridas para el mantenimiento predictivo de maquinaria giratoria en numerosas industrias, haciendo que resulte más fácil recoger, analizar, utilizar y compartir datos sobre el estado de las máquinas. Los analizadores SKF Microlog están homologados para su uso en zonas con peligro de explosión que requieren la certificación de Clase I División 2 o ATEX Zona 2.

Los analizadores SKF Microlog recogen de forma automática mediciones dinámicas (vibración) y estáticas (proceso) de prácticamente cualquier fuente, incluyendo:

- Acelerómetros portátiles
- Acelerómetros de montaje magnético
- Sensores de vibración instalados permanentemente

- Sistemas de monitoreo en línea

También puede recolectar mediciones de temperatura con un sensor de infrarrojos sin contacto o con una sonda de contacto. Tanto si acaba de poner en marcha su programa de monitoreo de condición como si está preparado para ir un paso más allá, la serie SKF Microlog puede encargarse de todas las tareas necesarias para el mantenimiento dentro de una amplia gama de maquinaria rotativa.

Imagen 4.11. Microlog Analyzer



Fuente: Foto propia

Dispositivo para la toma de vibraciones, incluye el sensor de vibraciones, en este caso se trata del Microlog Analyzer SKF.

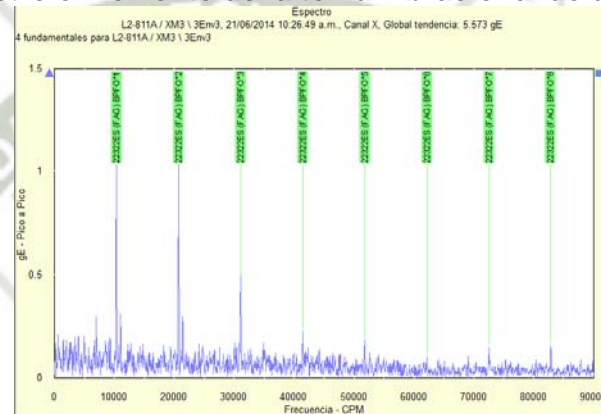
Software para el análisis vibracional

Luego de realizar la toma de mediciones axiales, verticales y horizontales en un equipo y recolectarlas en el Microlog Analyzer, es necesario descargar esta información para realizar un análisis de vibración, este software se llama Aptitude Analyst, este programa permite almacenar, analizar y recuperar información compleja acerca de los activos de manera rápida, eficiente y confiable. Se adapta a sus necesidades específicas, ya sean rondas de inspección de los

operarios, recolección en línea y periódica de datos de monitoreo de condición o análisis en profundidad de la vibración y asesoramiento experto.

Este software nos permitirá realizar el análisis de un espectro, la forma de dicho espectro nos indicara la medida de vibración de un equipo, mientras más fuerte sea esta, más cerca nos encontramos a tener una avería.

Imagen: 4.12. Espectro envolvente de la toma vibracional de un equipo



4.6. ANALISIS DE COSTO

El costo de la implementación de este proyecto está representado principalmente por 4 campos que son:

4.6.1. Contratación de Personal

Como resultado de nuestras encuestas, hemos determinado que la nueva área de mantenimiento predictivo, estará integrada totalmente por personal que ya trabaja en el área de mantenimiento, pero que serán capacitados para poder cumplir con todas las técnicas que engloba el mantenimiento predictivo, y que fueron descritas en la parte de metodología.

Se realizara un traslado interno de 03 especialistas mecánicos, que se especializaran en vibraciones, termografía e inspecciones en general.

Se realizara un cuarto traslado interno de un especialista, con más experiencia para que ocupe el cargo de jefe del personal de mantenimiento predictivo.

Los costos asociados se detallan a continuación:

Cuadro 4.5. Necesidades de personal para implementación del equipo de mantenimiento predictivo

NECESIDADES DE PERSONAL			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
Traslado interno de especialistas mecánicos para formar el equipo de mantenimiento predictivo*	3	4500.00	13500.00
Traslado interno de especialista para el cargo de líder de predictivo	1	7000.00	7000.00
	TOTAL	S/. 20'500.00	

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Capacitación del personal

Ya que esta implementación es un proyecto completamente nuevo, es necesario entrenar al personal que lo ejecutará, con el fin de que aplique correctamente las técnicas de mantenimiento predictivo que permitirán que esta área se desarrolle rápidamente, siendo 100% efectiva.

Las capacitaciones serán externas, es decir por medio de empresas especializadas en el rubro. Las actividades y cursos se detallan a continuación:

Cuadro 4.6. Capacitaciones del personal necesarias para implementar el área.

CAPACITACIONES DE PERSONAL			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
Capacitación Nivel I Vibraciones: Curso + Examen + Certificación, otorgado por la Vibration Institute	1	3360.00	3360.00
Capacitación Termográfica Nivel I: Curso + Examen + Certificación, otorgado por Infrared Training Center ITC	1	5320.00	5320.00
Curso Líquidos Penetrantes Nivel I y II, otorgado por ADEMINS A	3	1640.00	4920.00
Curso Inspección visual Nivel I y II, otorgado por ADEMINS A	3	1990.00	5970.00
Curso Partículas Magnéticas, otorgado por ADEMINS A	3	1990.00	5970.00
Curso Ultrasonido Nivel I, otorgado por ADEMINS A	1	2790.00	2790.00
TOTAL		S/. 28330.00	

Fuente: Elaboración propia

4.6.3. Equipos especiales para la aplicación del mantenimiento predictivo

Como hemos descrito antes, el mantenimiento predictivo consta de varios campos, cuya aplicación es compleja, es por esta razón que los equipos que se necesitan son especiales. Se ha elaborado una lista con los equipos que se utilizarán en primera instancia:

Cuadro 4.7. Equipos especiales necesarios para la implementación del mantenimiento predictivo.

EQUIPOS ESPECIALES PARA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO					
ITEM	DESCRIPCION	MARCA/MODELO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL
1	MicrologAnalyzer, equipo de Vibraciones + Programa Aptitude Analizador de vibraciones	SKF/CMXA 70/75	1	84000.00	84000.00
2	Cargador universal para Microlog	SKF/CMXA 70/75	1	742.00	742.00
3	Cable comunicación USB para Microlog	SKF/CMXA 70/75	1	935.00	935.00
4	Cámara Termográfica FLIR + Programa de análisis FLIR Quick Report	FLIR	1	28000.00	28000.00
5	Pistola de temperatura (pirómetro)	SKF/TKTL 30	3	1029.00	3087.00
6	Lámpara estroboscópica	SKF/TMRS1-TKRS10	1	5172.00	5172.00
7	Estetoscopio Electrónico	SKF/ TMST 3	1	1875.00	1875.00
8	Equipo de Ultrasonido	OLYMPUS	1	30800.00	30800.00
9	Kit Líquidos Penetrantes incluye: Solución Reveladora + revelador de fisuras penetrante + revelador fisuras limpiador	DYE CHECK	1	123.00	123.00
TOTAL				S/.	154734.00

Fuente: Elaboración propia

4.6.4. Herramientas comunes para la aplicación del mantenimiento predictivo

Las herramientas comunes son útiles comunes que ayudaran sobre todo en las inspecciones visuales, estas herramientas son necesarias, no al punto de una labor netamente mecánica, pero son importantes para el desarrollo de las técnicas de mantenimiento predictivo.

Cuadro 4.8. Herramientas comunes para la aplicación de técnicas de mantenimiento

HERRAMIENTAS COMUNES PARA APLICACIÓN DE TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO					
ITEM	DESCRIPCION	MARCA/MODELO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
1	CEPILLO DE ALAMBRE	BAHCO/783	4	92.5	369.8
2	LLAVES AJUSTABLES (FRANCESA)	BAHCO/8073	4	213.8	855.2
3	LLAVES COMBINADAS (MIXTAS)	BAHCO/111M/24T	4	1016.3	4065.2
4	JUEGO DE LLAVES DE VASO DE 1/2 (DADOS)	BAHCO/S240	4	318.5	1273.8
5	JUEGO DE LLAVES HEXAGONALES	BAHCO/BE-9770	4	115.0	459.8
6	ALICATE UNIVERSAL	BAHCO/2628GC	4	71.0	284.0
7	LLAVE STILLSON	BAHCO/361-8	4	16.0	64.0
8	ELEVADOR ESPECIAL (BARRETILLAS)	BAHCO/3684-18	4	75.4	301.5
9	CAJA DE HERRAMIENTAS	BAHCO/3140N	5	418.4	2091.8
10	FLEXOMETROS	BAHCO/MTG-3-16-E	8	39.0	311.8
11	CALIBRES (CALIBRADOR DIGITAL)	BAHCO/1150D	2	179.6	359.3
12	CALIBES (CALIBRADORES)	BAHCO/1150	4	436.9	1747.6
13	RASQUETAS (ESPATULAS)	BAHCO/2489	8	109.4	874.8
14	ARCO DE SIERRA PARA METALES	BAHCO/317	8	61.2	489.2
15	MARTILLO DE BOLA	BAHCO/479-12	8	108.7	869.8
16	MACETA (COMBA)	BAHCO/484-2000	4	65.4	261.6
TOTAL				14679.00	

Fuente: Elaboración propia

4.6.5. Costos totales implementación de Mantenimiento Predictivo

Cuadro 4.9. Costos totales de la implementación de mantenimiento predictivo

COSTOS TOTALES IMPLEMENTACION MANTENIMIENTO PREDICTIVO		
ITEM	DESCRIPCION	COSTO S/.
1	Necesidades de personal	20500.00
2	Capacitación de personal	28330.00
3	Equipos especiales para Mtto Predictivo	154734.00
4	Herramientas comunes Mtto Predictivo	14679.00
TOTAL IMPLEMENTACION NUEVOS SOLES		S/.218243.00

Fuente: Elaboración propia

4.7. ANALISIS DE COSTO - BENEFICIO

La implementación de nuestro proyecto esta, como todo proyecto, sujeto a costos iniciales, sin embargo, podemos contrastar estos costos con los beneficios a corto plazo que se ofrece al realizar un mantenimiento predictivo efectivo.

Cuadro 4.10. Análisis costo – beneficio de implementación

Actividad	Beneficio Cualitativo	Beneficio Cuantitativo (S/.)
Contratación de personal	<p>Para formar el área de mantenimiento predictivo, es necesario contratar personal, sin embargo, según nuestro estudio y las encuestas realizadas, hemos visto conveniente realizar traslados de otros cargos para formar parte de este equipo, porque contamos con la ventaja de que este personal ya conoce la planta y el proceso en su totalidad.</p> <p>Otro beneficio es que se trata de personas que ya tienen experiencia en el rubro cementero y que conocen el sistema de trabajo, además de que se sentirán parte de un cambio beneficioso para la planta, que no se daría si contrataríamos personal nuevo o una empresa tercera para que realice este tipo de mantenimiento.</p>	<p>Con estas contrataciones estamos realizando ahorros anuales de: S/. 1 556 924.10 Mensuales aproximadamente como veremos en el cuadro posterior.</p>
Capacitación del personal	<p>Es necesaria realizar la capacitación de nuestro personal en materia de mantenimiento predictivo, estas capacitaciones han sido planificadas de acuerdo a las necesidades de habilidades y conocimientos que debe tener cada uno de nuestros especialistas; los cursos en los que serán instruidos, reflejan el aprendizaje de las técnicas de mantenimiento que se plantearon en la parte de metodología.</p> <p>Al contar con un personal calificado, tenemos más probabilidades de que se desarrolle un mantenimiento predictivo efectivo y por ende, una mejor detección temprana de averías y fallas potenciales.</p>	<p>Con estas capacitaciones estamos realizando ahorros anuales de: S/. 1 556 924.10 Mensuales aproximadamente como veremos en el cuadro posterior.</p>
Equipos especiales para el mantenimiento predictivo	<p>Estos equipos están diseñados específicamente para realizar mantenimiento predictivo, son equipos utilizados mundialmente y que además garantizan la prevención y detección y fallas y averías en las maquinas antes de que sucedan.</p> <p>Cada uno de estos equipos fue detallado en la descripción de técnicas y aseguran la efectividad del mantenimiento.</p>	<p>Con estos equipos especiales estamos generando ahorros anuales de: S/. 1 556 924.10 Mensuales aproximadamente como veremos en el cuadro posterior.</p>
Herramientas comunes para el mantenimiento predictivo	<p>Las herramientas comunes, como el nombre lo indica, son necesarias para realizar cualquier trabajo, sobre todo si se trata de inspección visual, ya que en algunos equipos de planta, es necesario, desmontar tapas, ejes, verificar acoples y todo esto se realiza con la ayuda de herramientas que harán que el trabajo se realice de manera efectiva.</p>	<p>Con estas herramientas especiales estamos generando ahorros anuales de: S/. 1 556 924.10 Mensuales aproximadamente como veremos en el cuadro posterior.</p>

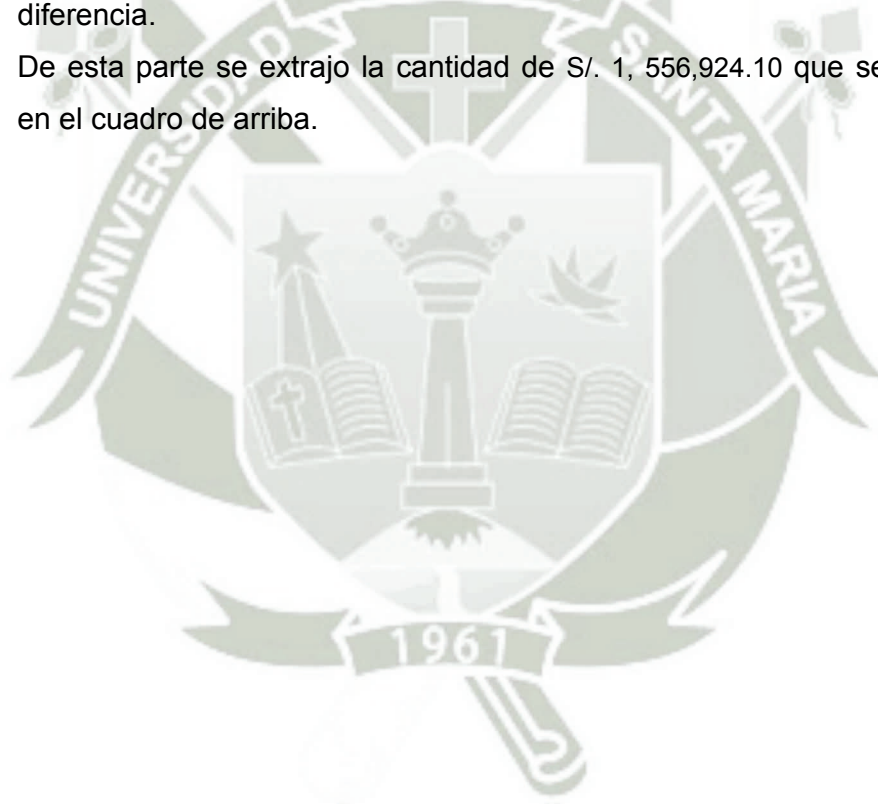
Fuente: Elaboración propia

4.8. AHORROS MENSUALES ESTIMADOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Se ha realizado un estudio para poder implementar este proyecto, en este cuadro mostramos los ahorros estimados que podemos obtener luego de aplicar el mantenimiento predictivo.

Hemos tomado como punto de referencia algunas fallas comunes que extrajimos de la parte de análisis de data histórica en el capítulo 3, se agregó el costo de falla potencial, es decir el costo que se originaría por detener el proceso que se presenta como pérdida de producción; se tomó también el costo de reparación estimado luego de aplicar el mantenimiento predictivo y finalmente el ahorro que representa esta diferencia.

De esta parte se extrajo la cantidad de S/. 1, 556,924.10 que se indica en el cuadro de arriba.



Cuadro 4.11. Ahorros mensuales estimados al implementar mantenimiento predictivo

EQUIPO	DIAGNOSTICO ESTIMADO	FALLA EVITADA	COSTO DE REPARACION (S/.)	COSTO POTENCIAL DE FALLA (S/.)	AHORRO (S/.)	HERRAMIENTA PREDICTIVA UTILIZADA
Elevador de cangilones	Cambiar rodajes de contrapeso	Falla de rodaje	2,600.00	90,625.55	88,025.55	Análisis de Vibraciones y termografía
Separador Dinámico	Cambio de ejes fijos y cubos de sujeción	Caída de eje fijo al interior de molino	6,000.00	123,167.40	117,167.40	Inspección visual y mediciones
Elevador de cangilones	Guía de contrapeso fuera de lugar	Descarrilamiento de elevador	2,700.00	87,715.55	85,015.55	Inspección visual y mediciones
Elevador de cangilones	Relleno de aceite a contrapeso	Falla de contrapeso	1,750.00	59,173.70	57,423.70	Inspección visual y mediciones
Elevador de cangilones	Fisura en base de reductor de separador	Rotura de base a falla de reductor	800.00	47,283.60	46,483.60	Inspección visual, vibraciones, ultrasonido, ensayo líquidos penetrantes
Elevador de cangilones	Eslabón fisurado	Caída elevador	2,000.00	81,544.00	79,544.00	Inspección visual, ultrasonido
Elevador de cangilones	Falta de pines en cadena	Caída de elevador	3,500.00	65,408.00	61,908.00	Inspección visual
Rueda celular	Cambio de rodajes	Falla de rodajes	165,570.86	333,511.26	167,940.40	Análisis de Vibraciones y termografía
Ventilador de enfriador	Cambio de rodajes	Falla de rodajes	167,382.00	335,035.90	167,653.90	Análisis de Vibraciones y termografía
Ventilador de enfriador	Cambio de rodajes	Falla de rodajes	169,382.00	334,264.00	164,882.00	Análisis de Vibraciones y termografía
Ventilador de enfriador	Cambio de rodajes	Falla de rodajes	169,382.00	335,264.00	165,882.00	Análisis de Vibraciones y termografía
Ventilador de enfriador	Cambio de rodajes	Falla de rodajes	170,382.00	333,264.00	162,882.00	Análisis de Vibraciones y termografía
Compresor de aire	Elementos de acople en mal estado	Rotura en elementos de acople	14,367.00	42,101.00	27,734.00	Inspección visual, vibraciones, termografía
Chancadora de Clinker	Cambio de placas de desgaste	Rotura en carcaza, derrame de clinker	55,794.00	166,382.00	110,588.00	Inspección visual, mediciones y ultrasonido
Elevador de cangilones	Reposición de pernos, relleno de aceite	Caída de baldes	58,294.00	112,088.00	53,794.00	Inspección visual y mediciones
TOTAL				AHORRO	S/ 1,556,924.10	

Fuente: Elaboración propia

4.9. EVALUACION Y CONTROL

La evaluación y control de avance es la forma más precisa de medir cuan eficiente es nuestra implementación.

El control nos permite tener:

- Relación con lo planeado. El control siempre existe para verificar el logro de los objetivos que se establecen en la planeación.
- Medición. Para controlar es imprescindible medir y cuantificar los resultados.
- Detectar desviaciones. Una de las funciones inherentes al control, es descubrir las diferencias que se presentan entre la ejecución y la planeación.
- Establecer medidas correctivas. El objeto del control es prever y corregir los errores.

El control es vital en nuestro proceso ya que mediante estas actividades podremos obtener las siguientes ventajas que aseguran el éxito de nuestra implementación:

- Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen planes exitosamente.
- Se aplica a todo: a las cosas, a las personas, y a los actos.
- Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, para que no se vuelvan a presentar en el futuro.
- Localiza a los lectores responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas.
- Proporciona información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento al reiniciarse el proceso de planeación.
- Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores.

Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de

todos los recursos de la empresa

Para aplicar estas técnicas de evaluación y control, se han elaborado dos formatos donde se registrarán las actividades de mantenimiento predictivo, servirá como consulta y como datos formales para el área de planificación que deberá tomar los informes y elaborar los programas de parada de acuerdo a la prioridad de las fallas latentes.

4.9.1. Formato de informe de inspecciones visuales

El informe de inspecciones visuales se realizará de forma diaria, y en este documento se registrarán todas las observaciones obtenidas después de cada inspección o jornada realizada.

El informe diario de inspecciones mecánicas deberá contar con la siguiente información:

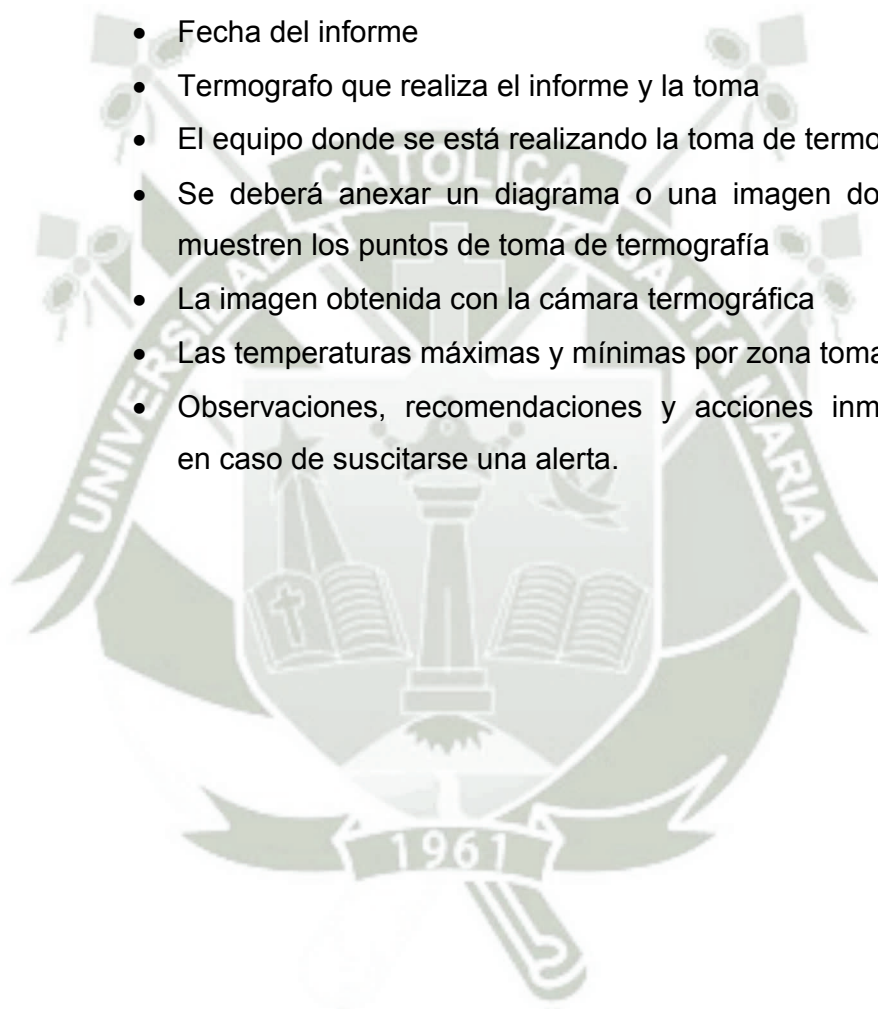
- El día de la inspección realizada
- Fecha de la creación de avisos en el sistema SAP
- El número de aviso
- El equipo en el que se ha encontrado la falla
- La denominación o nombre del equipo en mención
- La descripción completa y detallada de la falla
- El autor del aviso y detección de la falla
- La prioridad de la falla, P1 si se trata de una falla potencial que debe atenderse de inmediato; P2 si la falla puede ser planificada y que afecta la producción o un P3, que se trataría de una observación o mejora en el rendimiento.

4.9.2. Informe de termografía

El informe de termografía será un documento formal, donde se registren las tomas termográficas a los diferentes equipos de la planta según programación, y se hará de conocimiento general para ejecutar las correcciones necesarias.

La información que deberá registrarse es:

- Fecha del informe
- Termografo que realiza el informe y la toma
- El equipo donde se está realizando la toma de termografía
- Se deberá anexar un diagrama o una imagen donde se muestren los puntos de toma de termografía
- La imagen obtenida con la cámara termográfica
- Las temperaturas máximas y mínimas por zona tomada
- Observaciones, recomendaciones y acciones inmediatas en caso de suscitarse una alerta.



INFORME DE TOMA DE TERMOGRAFÍA

Fecha de informe:

Empresa:

Dirección:

Termógrafo:

EQUIPO: CICLONES DEL ENFRIADOR

ZONAS DE MEDICION



TOMA TERMOGRÁFICA



TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MINIMAS POR ZONA

ZONA 1							
Area 1		Area 2		Area 3		Area 4	
Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
230.0	80.0	215.0	80.0	178.0	80.0	211.0	80.0

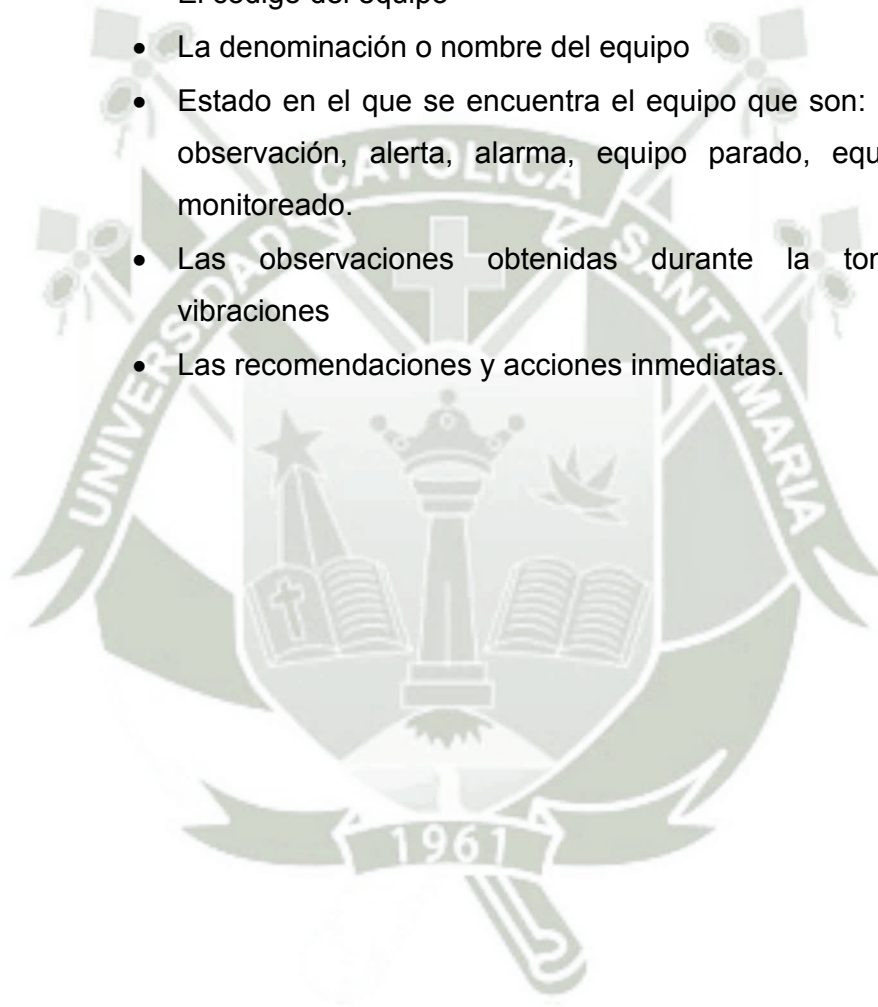
OBSERVACIONES:

4.9.3. Informe de análisis de vibraciones

El informe de vibraciones será el documento donde se registren las tomas de vibraciones obtenidas por medio de Microlog y su respectivo estudio para determinar fallas potenciales.

Este informe deberá contener la siguiente información:

- Fecha del reporte
- El código del equipo
- La denominación o nombre del equipo
- Estado en el que se encuentra el equipo que son: normal, observación, alerta, alarma, equipo parado, equipo no monitoreado.
- Las observaciones obtenidas durante la toma de vibraciones
- Las recomendaciones y acciones inmediatas.





CONCLUSIONES

PRIMERA.- Se analizaron un total de 14 equipos críticos que conforman la parte representativa de nuestro proceso, además de contar con la visión de trabajadores ejerciendo diversas funciones en cada uno de los cargos existentes en mantenimiento.

Se logró una mejora en la gestión de mantenimiento de la empresa cementera, mediante la propuesta de implementación del mantenimiento predictivo, el monto total a invertir en nuestro proyecto es de S/.218,243.00 logrando una mejora que se refleja en los ahorros estimados luego de la implementación del mantenimiento predictivo, este monto asciende a S/. 1, 556,924.10 mensuales.

SEGUNDA.- Se analizó la gestión actual de mantenimiento en la empresa en un total de 14 equipos de producción principales, en los cuales se aplica un mantenimiento correctivo - preventivo implementado, orientado a la emergencia y a la planificación deficiente.

Entre las ventajas que pudimos recopilar tenemos que se tiene una buena velocidad de respuesta ante emergencias ocasionadas por fallas en el mantenimiento, contamos con un buen equipo de trabajo preparados para atacar los problemas que se susciten. Sin embargo el 100% de los trabajadores encuestados creen que cambiando el tipo de mantenimiento, y como resultado tener una optimización del 66.10% en el mantenimiento según la gestión.

Como desventajas tenemos que existe muy poca confiabilidad en el área, el 90% de los trabajadores encuestados no se encuentran de acuerdo con el tipo de mantenimiento actual, ya que los equipos pueden sufrir averías en cualquier momento sin que exista algún patrón que garantice su operación.

Finalmente, no existe un método que nos permita determinar las fallas y averías y anticiparnos a ellas para evitar paradas de producción no programadas.

TERCERA.- Se obtuvieron una serie de problemas entre los cuales se pudieron identificar seis problemas con sus respectivas causas raíz, de los cuales el 60% de estos problemas surgen de la deficiente gestión y confiabilidad del área, así como también en la estructura y los costos que reflejan que el tipo de mantenimiento adecuado no es el adecuado.

Más del 50% de los problemas en el área se debe a la confiabilidad en el área con un 12% de representación, a la estructura del área que se encuentra mal enfocada con un 12% también y que cuenta con deficiencias de cobertura de procedimientos y donde no existe un proceso que pueda detectar averías.

Se observa que uno de los problemas latentes son la planificación del área con un 8% de representación siendo deficiente y que por ende eleva los costos de mantenimiento, ya que no existen las inspecciones a los equipos que puedan guiar a la planificación para programar mantenimientos antes de que las fallas ocasionen paradas de producción.

CUARTA.-Luego de haber elaborado indicadores, comparando actuales con óptimos, tenemos una diferencia del 66% para poder llegar a tener la efectividad y confiabilidad deseada en el área, además de mostrar las técnicas que se utilizaran para la implementación de nuestro proyecto, las cuales constan de contratación y capacitación de nuestro personal, obtención de equipos especializados y herramientas especiales para mantenimiento predictivo.

QUINTA.-El Análisis de Costo realizado para la aplicación del mantenimiento predictivo nos arroja un costo total de implementación de S/.218,243.00. Siendo más del 70% de esa cantidad, la que representa el adquirir equipos especiales para mantenimiento predictivo.

Posteriormente se entrega una lista de actividades que aplicándole el mantenimiento predictivo, representan una lista de ahorros que se traducen en beneficios monetarios para la empresa y que demuestran la efectividad del área de mantenimiento, estos ahorros ascienden a S/. 1, 556,924.10 nuevos soles.





RECOMENDACIONES

PRIMERA.- Además de la metodología propuesta, para que el mantenimiento sea efectivo y confiable, esta área debe tener coordinación constante con el área de procesos, esto con el objetivo de determinar los rangos de operación de cada equipo, con parámetros dados por mantenimiento, que maximizaran la vida útil de los equipos y trabajar exactamente en el valor óptimo.

SEGUNDA.- Se deben utilizar siempre piezas originales y evitar las fabricaciones locales y herramientas hechizas. Esto evitara que los equipos sufran de fallas y averías ocasionadas por piezas con calidad baja.

TERCERA.- El personal de mantenimiento debe recibir constante capacitación, ya que la renovación de equipos y tecnologías es constante. Un plan de capacitaciones anuales se debería elaborar donde la empresa genere ideas de capacitación y el personal también, y así, estar a la vanguardia de las técnicas de mantenimiento mundial.

CUARTA.- El mantenimiento debe ir de la mano con todas las áreas involucradas en el proceso como son operaciones, logística, equipo móvil, etc., y no comportarse como un área aislada; si bien es cierto, cada área tiene diferentes metodologías y procesos, pero todas persiguen el mismo objetivo y es generar los máximos beneficios obtenidos por la producción de cemento, reduciendo los costos y gastos de operación.



ANEXOS

Anexo 1: Detalle de equipos principales de planta

1. Apilador de Caliza

El apilador de caliza recibe el material que ha sido triturado en la Chancadora secundaria y lo homogeniza para que al pasar al proceso de moliendo, el material sea homogéneo en tamaño y calidad de la piedra, consiste en 03 fajas en secuencia que entregan material hasta descargarlo por un chute que forma pilas cónicas de piedra.

A su vez, este sistema cuenta con un rascador que extrae material de las pilas cónicas que envía el material a una zaranda subterránea, que lleva el material a una faja que lo transporta al molino de crudos. Tiene una capacidad de 800t/h

Imagen A1: Apilador de caliza y rascador



Fuente: Foto propia

2. Bomba dosificadora de harina

La bomba dosificadora de harina, se encarga de transportar el material que extrae desde el filtro principal del molino de crudos hacia el homosilo para almacenarlo y posteriormente ser llevado al horno para la calcinación.

Esta bomba tiene una capacidad de extracción y alimentación de 80T/h.

Imagen A2: Bomba dosificadora de harina con accionamiento



Fuente: Foto propia

3. Chancadora de Clinker

La chancadora de clinker, se encuentra a la salida del enfriador del horno, recibe el clinker para triturarlo y reducir su tamaño antes del almacenamiento en el domo para luego iniciar el proceso de molienda para fabricación de cemento propiamente dicho. Tiene una capacidad de 200t/h y es una chancadora de martillos, la cual utiliza un rotor de eje horizontal que gira a gran velocidad en el interior de una cámara que se encuentra revestida por unos blindajes, donde los martillos trituran el material por acción de golpe y giro.

Imagen A3: Vista frontal de la chancadora de clinker en trabajo



Fuente: Foto propia

4. Chancadora Secundaria

La chancadora secundaria, tiene una capacidad de 450t/n, esta chancadora recibe el material desde el patio de materias primas, que es el lugar donde se deposita el material luego de haber sido triturado en la chancadora primaria, la piedra entra con una granulometría de 5", llegando a tamaños de 1" $\frac{3}{4}$ " de pulgada.

Esta chancadora corresponde al grupo de trituradoras de martillo

Imagen A4: Chancadora Secundaria

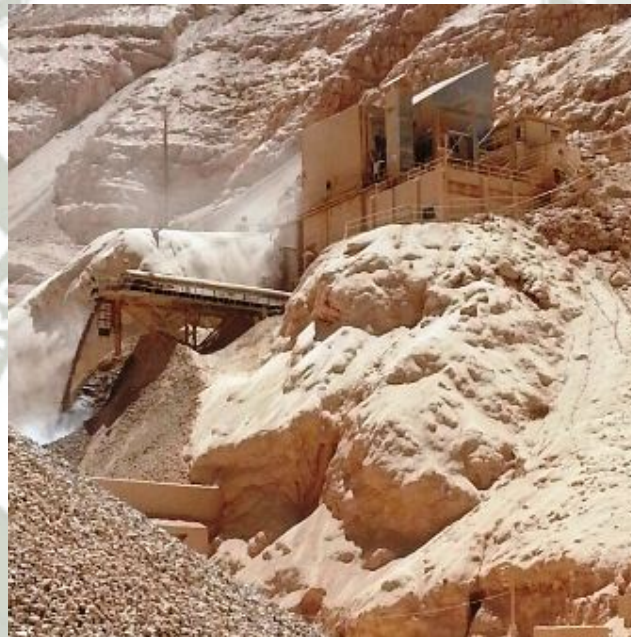


Fuente: Foto propia

5. Chancadora Primaria

La chancadora primaria, tiene una capacidad de trituración de 900t/h, este equipo pertenece a la categoría de trituradoras cónicas, que por medio de presión y fuerza excéntrica, muele la piedra caliza que luego de la voladura, llega a tamaños de hasta 2 metros. Esta máquina es el primer equipo de todo el proceso de producción de cemento.

Imagen A4: Vista frontal de la chancadora primaria en proceso de trituración



Fuente: Foto propia

6. Elevador de cangilones de Clinker

El elevador de cangilones de clinker es un sistema de transporte que por medio de cangilones o baldes recibe el material y lo transporta verticalmente hacia la alimentación del molino de cemento para luego mezclarse con yeso y puzolana y continuar con el proceso de fabricación del cemento.

Tiene una capacidad de 200t/h.

Imagen A6: Elevador de cangilones de clinker y tolvas de materias primas



Fuente: Foto propia

7. Ensacadora Rotativa de pistones

Esta máquina automática, está compuesta por 12 módulos o pistones que giran a gran velocidad, un aplicador de bolsas inserta cada uno de los empaques en un pistón y estos inyectan el cemento en cada una de las bolsas, hasta llenar 42.5kg. Esta máquina entrega 3600 bolsas por hora.

Imagen A7: Ensacadora rotativa de 12 pistones



Fuente: Foto propia

8. Faja transportadora de Caliza

La faja transportadora de caliza, es una banda de caucho de 42" de ancho, recibe caliza de la pila de materias primas y la envía de manera subterránea a la chancadora secundaria. Tiene una capacidad de 900T/h.

Imagen A8: Faja transportadora de caliza, lado tambor motriz



Fuente: Foto propia

9. Horno

El horno es uno de los equipos más importantes de todo el proceso, es una estructura en forma cilíndrica con posición horizontal de 60 metros de largo por 5.5m de diámetro, contiene material refractario que protege la estructura externa del calor, llega a temperaturas de hasta 1300°C, su función es quemar el material que ingresa desde el molino de crudos, después de pasar por el intercambiado de calor que precalienta el material hasta los 800°C. El producto de esta calcinación se llama clinker y son módulos grises duros, estos son rápidamente enfriados hasta los 120°C, lo cual aumenta la dureza del clinker.

Imagen A9: Horno rotativo, ventiladores de caso y filtro



Fuente: Foto propia

10. Molino vertical de cemento

El molino vertical de cemento, se encarga de moler el clinker mediante 4 rodillos que le otorga presión hidráulica al material para tener la fineza deseada en el producto final. Al clinker proveniente del horno, se le agrega porcentajes controlados de yeso y puzolana que le otorga propiedades de resistencia y tiempo de fraguado al producto. Estos porcentajes varían de acuerdo al tipo de cemento que se quiere producir. Este molino tiene una producción de 180t/h.

Imagen A10: Molino vertical de cemento con accionamiento y filtro



Fuente: Foto propia

11. Molino de carbón

Este equipo es un molino vertical de menor magnitud, ya que su capacidad de producción es de 30t/h, muele el material que conforma el combustible para el proceso de clinkerización en el horno, este material se compone de 3 tipos de carbón que son la antracita, petcoke y bituminoso, que se dosifica según el poder calorífico necesario para el horno. Este molino debe funcionar continuamente ya que la alimentación al horno debe ser ininterrumpida, además se considera crítico porque deben controlarse los niveles de CO, CO₂ y oxígeno para evitar posibles igniciones a pesar de contar con cubiertas antiexplosión.

Imagen A11: Molino de carbón

Fuente: Foto propia

12. Molino vertical de crudos

Este equipo es un molino vertical de gran magnitud, con capacidades de molienda de hasta 360t/h. Realiza el proceso de molienda por medio de la presión hidráulica entregada por cada uno de los 4 rodillos que se encuentran en el interior que muelen el material que gira en una mesa, cuya velocidad y presión se regulan según la fineza de material deseada. A este molino ingresa la caliza triturada del proceso anterior y se la agrega óxido de hierro, arcilla y pizarra, en porcentajes controlados para obtener la calidad de harina cruda que se necesita. El producto de este molino que es harina cruda, es la que posteriormente ingresa al intercambiador de calor para luego realizar el proceso de clinkerización ya mencionado.

Imagen A12: Molino vertical de crudos y ducto de alimentación al intercambiador



Fuente: Foto propia

13. Transportador de placas

El transportado de placas es un elevador que recoge el material que le entrega la chancadora de clinker y lo transporta en unos cangilones por una recta inclinada con un ángulo de 30° , hasta el domo de clinker donde se almacena temporalmente hasta que se inicia el proceso de molienda en el molino de cemento. Tiene una capacidad de transporte de 400t/h.

Imagen A13: Transportador de clinker con carga



Fuente: Foto propia

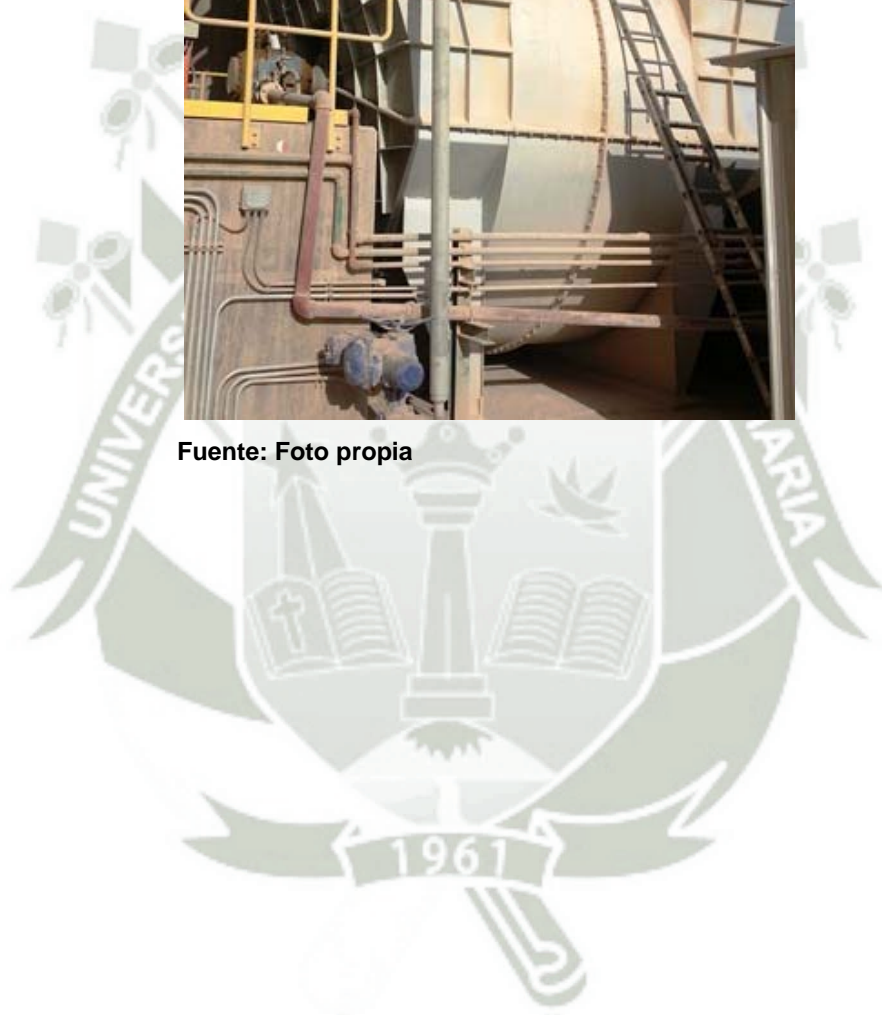
14. Ventilador ID fan

Este ventilador es el más grande de todo el proceso ya que realiza 3 funciones principales, una de ellas es el arrastre de flujo de gases donde se debe mantener el flujo de oxígeno en las cámaras del intercambiador de calor, la segunda función es mantener la temperatura y llevarla hacia el intercambiador de calor y asegurar que las partículas de harina del molino de crudos se mantengan en suspensión mediante la presión negativa que inyecta el ventilador. Tiene una potencia de 3250kW.

Imagen A14: Ventilador ID fan



Fuente: Foto propia



Anexo 2: Encuesta representación causa-efecto, necesidad de cambiar el tipo de mantenimiento

NOMBRE: _____	CARGO: _____
Tiempo en la empresa: _____	

ENCUESTA: TIPO DE MANTENIMIENTO ACTUAL

1. ¿Cuál es el tipo de mantenimiento que se realiza en Planta?	
Correctivo	<input type="checkbox"/>
Preventivo	<input type="checkbox"/>
Orientado a emergencias o actos fortuitos	<input type="checkbox"/>
2. ¿Está usted de acuerdo con el tipo de mantenimiento actual?	
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>
3. ¿Considera que el área tiene graves problemas a nivel de gestión?	
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>
4. ¿Considera en cambio que los problemas en mantenimiento son operativos?	
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>
5. ¿Cuáles considera usted que son los principales problemas del área?	
Falta de comunicación entre áreas: ejecución-confiabilidad-planificación	<input type="checkbox"/>
Compromiso de las áreas para asumir responsabilidades y/o funciones	<input type="checkbox"/>
Falta de claridad entre las funciones y limitaciones de los puestos	<input type="checkbox"/>
Disponibilidad de recursos	<input type="checkbox"/>
Disponibilidad de equipos a mantener	<input type="checkbox"/>
Capacitación especializada del personal	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>
6. ¿Cuál cree usted que sería la mejor forma de optimizar el mantenimiento?	
Cambiar el tipo de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Orientación del mantenimiento a metas y objetivos	<input type="checkbox"/>
Cambiar a los líderes	<input type="checkbox"/>
Mayor compromiso del personal y áreas	<input type="checkbox"/>
Implementar un nuevo tipo de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Implementar una gestión de mantenimiento efectivo	<input type="checkbox"/>
7. ¿Conoce usted el concepto y funcionamiento del mantenimiento predictivo?	
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>
8. ¿Cree usted que sería optima la implementación del mantenimiento predictivo?	
Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

9. ¿Cree usted que el personal está preparado para la implementación de un mantenimiento predictivo?			
Si		<input type="checkbox"/>	
No		<input type="checkbox"/>	
10. ¿Se necesitaría en este caso personal nuevo especializado para este tipo de mantenimiento o se podría capacitar al personal existente para que desarrolle esta labor?			
Personal Nuevo		<input type="checkbox"/>	
Personal Existente		<input type="checkbox"/>	
11. ¿Cree usted que podrían evitarse fallas al detectarlas anticipadamente mediante métodos de inspección de futuras averías?			
Si		<input type="checkbox"/>	
No		<input type="checkbox"/>	
12. ¿Representaría un ahorro considerable si las averías pudieran ser detectadas antes de que sucedan?			
Si		<input type="checkbox"/>	
No		<input type="checkbox"/>	
13. ¿El mantenimiento predictivo le otorgaría mayor confiabilidad al área?			
Si		<input type="checkbox"/>	
No		<input type="checkbox"/>	
14. ¿Tiene usted conocimiento que los ahorros que se generan en el área por asegurar la disponibilidad de equipos y producción continua repercute directamente en las utilidades y/o bonos por productividad?			
Si		<input type="checkbox"/>	
No		<input type="checkbox"/>	
15. ¿Cuál cree usted que sería la principal acción para poder implementar un mantenimiento predictivo?			
Cambiar la estructura de mantenimiento para crear el área de predictivo		<input type="checkbox"/>	
Capacitar a personal especialista en mantenimiento para realizar mto..... predictivo		<input type="checkbox"/>	
Contratar a una empresa que se encargue del mantenimiento predictivo		<input type="checkbox"/>	
16. ¿Conoce usted cuales son los indicadores de mantenimiento?			
Si		<input type="checkbox"/>	
No		<input type="checkbox"/>	
17. ¿Cuáles cree usted que es el indicador de mantenimiento más importante?			
Porcentaje de actividades ejecutadas		<input type="checkbox"/>	
Porcentaje de cumplimiento de programas de mantenimiento		<input type="checkbox"/>	
Porcentaje de cumplimiento de las ordenes de mantenimiento		<input type="checkbox"/>	
Porcentaje de cumplimiento de paros de equipos		<input type="checkbox"/>	
Cumplimiento del presupuesto		<input type="checkbox"/>	
Cumplimiento de los planes de mantenimiento		<input type="checkbox"/>	
Porcentaje de planta cubierto para reparación		<input type="checkbox"/>	
Disponibilidad de los equipos de trabajo		<input type="checkbox"/>	
Efectividad del mantenimiento		<input type="checkbox"/>	

Anexo 3: Encuesta representación causa-efecto, necesidad de cambiar el tipo de mantenimiento – Auditoria de mantenimiento

NOMBRE: _____	CARGO: _____
Tiempo en la empresa: _____	

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje Ponderado (%)
1	¿Está clara la posición que tiene el área de mantenimiento dentro de la empresa?	10		0%
1	Se tiene claro cómo está constituida la organización de mantenimiento	10		0%
1	Se sabe con exactitud cómo es la línea de jerarquía en el área de mantenimiento	10		0%
1	Autonomía que el área de mantenimiento tiene dentro de la Organización de su organización	10		0%
1	El área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras con las otras áreas.	10		0%
1	Internamente, el área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras.	10		0%
1	El área de mantenimiento trabaja basado en claros objetivos propios.	10		0%
1	El área de mantenimiento tiene definidas sus funciones claramente.	10		0%
1	El área de mantenimiento trabaja dentro de límites de responsabilidad claros y definidos.	10		0%
1	El área de mant. es considerado para toma de decisiones por el resto de áreas de la planta	10		0%
Total		100		0%
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje Ponderado (%)
2	Calificación de la planificación de mantenimiento dentro de la Organización de su empresa	10		0%
2	Los programas de mantenimiento son claros y objetivos en las actividades a realizar	10		0%
2	Esta correctamente planificado el personal que realizara el programa	10		0%
2	Se tienen definidas las funciones a realizar por el personal en cada parada	10		0%
2	¿Existe una correcta planificación de recursos como materiales, repuestos?	10		0%
2	¿Existe una correcta planificación de servicios tales como grúas, equipos, personal externo?	10		0%
2	Planeamiento de la Logística en el área de mantenimiento.	10		0%
2	Tiene planificación una comunicación efectiva con otras áreas al realizar una parada programada	10		0%
2	¿Las actividades planificadas son coherentes con las necesidades de la planta, son exactas y están dirigidas a trabajos específicos?	10		0%
2	¿Durante la parada programa, se tiene apoyo del planificador a todo nivel en caso de presentarse inconvenientes?	10		0%
Total		100		0%
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje Ponderado (%)
3	Nivel técnico de los Ingenieros del área de mantenimiento.	10		0%

3	Nivel técnico de los Técnicos del área de mantenimiento.	10		0%
3	Nivel de Experiencia de Ingenieros, Técnicos y Obreros del área de mantenimiento.	10		0%
3	El personal de Mantenimiento trabaja solos y son responsables de las tareas que realizan.	10		0%
3	Habilidades para resolver Problemas y tomar decisiones en el área de mantenimiento.	10		0%
3	El personal del área de mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.	10		0%
3	El personal de supervisión capacita a su personal del área de mant. Permanentemente.	10		0%
3	¿En caso de presentarse algún inconveniente o problema, cada subarea reconoce el problema y determinan un responsable?	10		0%
3	Existe apoyo y colaboración entre las subareas de mantenimiento	10		0%
3	¿Existe una respuesta rápida y apoyo en caso de generarse alguna emergencia en planta?	10		0%
Total		100		0%

Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje Ponderado (%)
4	El personal de ejecución acciona en base a planes y programas.	10		0%
4	El área de mant. Participa en la elaboración de los programas de producción de la planta.	10		0%
4	El área de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.	10		0%
4	El área de ejecución conoce los procedimientos para realizar reparaciones	10		0%
4	El área de mant. tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día, incluye planos y manuales	10		0%
4	El área de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.	10		0%
4	El área de mant. Dispone de herramientas, equipos y máquinas en buen estado y suficientes para cubrir con las necesidades del personal.	10		0%
4	El área de ejecución presta apoyo a otras áreas en paradas o emergencias en la planta	10		0%
4	¿El área de ejecución participa en la toma de decisiones en los trabajos?	10		0%
4	El área de ejecución realiza trabajos con garantía que aseguran las disponibilidad de los equipos	10		0%
Total		100		0%
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje (/10)	Puntaje Ponderado (%)
5	¿Está usted de acuerdo con el tipo de mantenimiento que se realiza?	10		0%
5	Trabajo y compromiso del superintendente	10		0%
5	Trabajo y compromiso del líder de planificación	10		0%
5	Trabajo y compromiso de los líderes de ejecución	10		0%
5	Trabajo y compromiso del líder de confiabilidad	10		0%
5	Trabajo y compromiso del equipo de ejecución	10		0%
5	Trabajo y compromiso del equipo de planificación	10		0%
5	Trabajo y compromiso del equipo de confiabilidad	10		0%
5	Efectividad del área de mantenimiento	10		0%
5	El área de mantenimiento trabaja como un equipo	10		0%
Total		100		0%

RUTAS DE VIBRACIONES

RUTA 001 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
11.01	VENTILADOR COMPARTIMENTO 22	13	0.22
11.02	VENTILADOR COMPARTIMENTO 32	13	0.22
11.03	VENTILADOR COMPARTIMENTO 42	13	0.22
11.04	VENTILADOR COMPARTIMENTO 52	13	0.22
11.05	VENTILADOR COMPARTIMENTO 62	13	0.22
11.06	CHANCADORA DE CLINKER	16	0.27
11.07	VENTILADOR COMPARTIMENTO 7	13	0.22
11.08	VENTILADOR COMPARTIMENTO 61	13	0.22
11.09	VENTILADOR COMPARTIMENTO 51	13	0.22
11.10	VENTILADOR COMPARTIMENTO 41	13	0.22
11.11	VENTILADOR COMPARTIMENTO 31	13	0.22
11.12	VENTILADOR COMPARTIMENTO 21	13	0.22
11.13	VENTILADOR COMPARTIMENTO 11	13	0.22
11.14	VENTILADOR PRINCIPAL DEL INTERCAMBIADOR	13	0.22
11.15	ELEVADOR DE PLACAS	20	0.33
11.16	TRANSPORTADOR DE PLACAS	20	0.33
11.17	VENTILADOR	13	0.22
		3.97	
RUTA 002 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
12.01	VENTILADOR DE AIRE PRIMARIO	13	0.22
12.02	VENTILADOR	13	0.22
12.03	VENTILADOR AIRE DE SELLO SALIDA	13	0.22
12.04	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.05	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.06	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.07	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.08	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.09	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.10	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.11	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.12	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.13	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.14	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DEL CASCO	13	0.22
12.15	ACCIONAMIENTO HORNO	35	0.58
12.16	VENTILADOR AIRE DE SELLO ENTRADA	13	0.22
12.17	BOMBA DE EMPUJE DEL HORNO	12	0.20
		4.03	

RUTA 004 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
14.01	BALANZA DE DOSIFICACIÓN	15	0.25
14.02	MOLINO DE CEMENTO 4	30	0.50
14.03	BOMBA LUBRICACION BABBITT ENTRADA	12	0.20
14.04	BOMBA LUBRICACION BABBITT SALIDA	12	0.20
14.05	BOMBA LUBRICACION REDUCTOR	12	0.20
14.06	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
14.07	VENTILADOR DE FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
14.08	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
14.09	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
14.10	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
14.11	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
14.12	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
14.13	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
14.14	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
14.15	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
		3.70	
RUTA 005 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
15.01	BALANZA DE DOSIFICACIÓN	15	0.25
15.02	MOLINO DE CEMENTO 5	30	0.50
15.03	VENTILADOR DE FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
15.04	BOMBA LUBRICACION BABBITT ENTRADA	12	0.20
15.05	BOMBA LUBRICACION BABBITT SALIDA	12	0.20
15.06	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
15.07	BOMBA LUBRICACION REDUCTOR	12	0.20
15.08	BOMBA LUBRICACION MOTOR	12	0.20
15.09	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
15.10	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
15.11	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
15.12	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
15.13	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
15.14	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
15.15	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
15.16	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
		3.90	

RUTA 008 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
21.01	VENTILADOR FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
21.02	MOLINO CEMENTO LOESCHE	30	0.50
21.03	BOMBA 1 LUBRICACION	12	0.20
21.04	BOMBA 2 LUBRICACIÓN	12	0.20
21.05	BOMBA 1 SUCCIÓN LUBRICACION	12	0.20
21.06	BOMBA 2 SUCCION LUBRICACIÓN	12	0.20
21.07	BOMBA DE ALTA N°1	0	0.00
21.08	BOMBA DE ALTA N°2	0	0.00
21.09	BOMBA DE ALTA N°3	0	0.00
21.10	BOMBA DE ALTA N°4	0	0.00
21.11	BOMBA BAJA	12	0.20
21.12	BOMBA PURGA	12	0.20
21.19	COMPRESOR 1	12	0.20
21.20	COMPRESOR 2	12	0.20
21.21	VENTILADOR 1 AIRE SELLO RODILLO MASTER	13	0.22
21.22	VENTILADOR 2 AIRE SELLO RODILLO MASTER	13	0.22
21.23	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
21.24	BALANZA DOSIFICADORA	15	0.25
21.25	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
21.26	VENTILADOR DE FILTRO	13	0.22
21.27	ELEVADOR DE RECHAZOS	20	0.33
		4.10	
RUTA 009 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
22.01	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
22.02	FAJA TRANSPORTADORA PUZOLANA	14	0.23
22.03	FAJA TRANSPORTADORA CLINKER	14	0.23
22.04	BALANZA DE YESO	15	0.25
22.05	BALANZA DE PUZOLANA	15	0.25
22.06	BALANZA DE CLINKER	15	0.25
22.07	VENTILADOR	13	0.22
22.08	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
22.09	FAJA TRANSPORTADORA ASCENDENTE	14	0.23
22.10	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
		2.47	

RUTA 012 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
25.01	SOPLADOR		0.00
25.02	ACCIONAMIENTO PRINCIPAL HAVER 2	7	0.12
25.03	VENTILADOR	13	0.22
25.04	VENTILADOR	13	0.22
25.05	ELEVADOR (CODIGO ANT. M16)	20	0.33
25.06	ZARANDA	10	0.17
25.07	ZARANDA	10	0.17
25.08	ELEVADOR/GRANDE/DE/CANGILONES	20	0.33
25.09	ELEVADOR/DE/CANGILONES	20	0.33
25.10	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
25.11	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
25.12	VENTILADOR	13	0.22
		2.77	
RUTA 013 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
26.01	MAQUINA/ENSACADORA/H&B	7	0.12
26.02	MAQUINA/ENSACADORA/H&B 12RCC	7	0.12
26.03	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
26.04	VENTILADOR	13	0.22
26.05	VENTILADOR	13	0.22
26.06	ALIMENTADOR/VIBRATOIO/NIAGARA	10	0.17
26.07	ZARANDA/VIBRATORIA	10	0.17
26.08	VENTILADOR DEL FILTRO	13	0.22
26.09	ZARANDA VIBRATORIA	10	0.17
26.10	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
26.11	MAQUINA ENSACADORA H&B 12RCC - HAVER4	7	0.12
		2.17	
RUTA 014 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
27.01	VENTILADOR ID FAN	13	0.22
27.02	VENTILADOR DEL FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
27.03	BOMBA DE HARINA 65 TON/H	12	0.20
27.04	BLOWER DE LA BOMBA DE HARINA	12	0.20
27.05	VENTILADOR DE MOLINO UBE	13	0.22
27.06	VENTILADOR DEL SELLO	13	0.22
27.13	BOMBA HIDRAULICA	12	0.20
27.14	BOMBA HIDRAULICA	12	0.20
27.15	BOMBA HIDRAULICA	12	0.20
27.16	BOMBA HIDRAULICA	12	0.20
27.17	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
27.18	MOLINO VERTICAL UBE 340 TON/H	30	0.50
27.19	VALVULA ROTATIVA INGRESO A MOLINO UBE	10	0.17

RUTA 014 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
27.20	CLASIFICADOR DINAMICO DE 250 KW	23	0.38
27.21	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO	14	0.23
27.22	VENTILADOR FILTRO DE MANGAS	13	0.22
27.23	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
27.24	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO	14	0.23
27.25	ELEVADOR DE CANGILONES RECHAZO 220 TON/H	20	0.33
		4.53	
RUTA 015 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
31.01	VENTILADOR COMPARTIMENTO 22	13	0.22
31.02	VENTILADOR COMPARTIMENTO 32	13	0.22
31.03	VENTILADOR COMPARTIMENTO 42	13	0.22
31.04	VENTILADOR COMPARTIMENTO 52	13	0.22
31.05	VENTILADOR COMPARTIMENTO 62	13	0.22
31.06	CHANCADORA DE CLINKER	16	0.27
31.07	VENTILADOR COMPARTIMENTO 7	13	0.22
31.08	VENTILADOR COMPARTIMENTO 61	13	0.22
31.09	VENTILADOR COMPARTIMENTO 51	13	0.22
31.10	VENTILADOR COMPARTIMENTO 41	13	0.22
31.11	VENTILADOR COMPARTIMENTO 31	13	0.22
31.12	VENTILADOR COMPARTIMENTO 21	13	0.22
		2.65	
RUTA 016 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
32.01	ELEVADOR DE PLACAS	20	0.33
32.02	TRANSPORTADOR DE PLACAS	20	0.33
32.03	VENTILADOR	13	0.22
32.04	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - 1	12	0.20
32.05	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - 2	12	0.20
32.06	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - 3	12	0.20
32.07	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - SB	12	0.20
32.08	BOMBA DE LLENADO 10.3GPM@10BAR	12	0.20
32.09	BOMBA DE RECIRCULACION 15KW	12	0.20
32.10	BOMBA DE RECIRCULACION 15KW	12	0.20
		2.28	
RUTA 018 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
34.01	VENTILADOR AIRE DE SELLO SALIDA	13	0.22
34.02	VENTILADOR	13	0.22
34.03	VENTILADOR DE AIRE PRIMARIO	13	0.22
34.04	ACCIONAMIENTO HORNO	35	0.58
34.05	VENTILADOR AIRE DE SELLO ENTRADA	13	0.22
34.06	MOLINO DE CARBON RAYMOND	30	0.50
34.07	BOMBA DE LUBRICACION DEL MOLINO	12	0.20

RUTA 018 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
34.08	VENTILADOR PARA SELLOS DE AIRE DE MOLINO	13	0.22
34.09	CLASIFICADOR DINAMICO DEL MOLINO	23	0.38
34.10	BOOSTER FAN	13	0.22
34.11	VENTILADOR DEL FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
34.12	BLOWER DE DOSIFICADOR PFISTER 3655	12	0.20
34.13	BLOWER DE DOSIFICADOR PFISTER 3667	12	0.20
34.14	BLOWER DE DOSIFICADOR PFISTER 3671	12	0.20
		3.78	
RUTA 019 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
35.01	COMPRESOR MOLINOSPENG FEI	12	0.20
35.02	MOLINO DE CEMENTO 4	30	0.50
35.03	VENTILADOR DE FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
35.04	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
35.05	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
35.06	MOLINO DE CEMENTO 5	30	0.50
35.07	VENTILADOR DE FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
35.08	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
35.09	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
35.10	MOLINO DE CEMENTO 6	30	0.50
35.11	VENTILADOR DE FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
35.12	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
35.13	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
		4.50	
RUTA 023 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
42.01	VENTILADOR DEL FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
42.02	VENTILADOR ID FAN	13	0.22
42.03	BOMBA DE HARINA 65 TON/H	12	0.20
42.04	BLOWER DE LA BOMBA DE HARINA	12	0.20
42.05	VENTILADOR DE MOLINO UBE	13	0.22
42.06	MOLINO VERTICAL UBE 340 TON/H	30	0.50
42.07	VALVULA ROTATIVA INGRESO A MOLINO UBE	10	0.17
42.08	CLASIFICADOR DINAMICO DE 250 KW	23	0.38
42.11	ELEVADOR DE CANGILONES RECHAZO 220 TON/H	20	0.33
		2.43	
RUTA 024 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
43.01	VENTILADOR	13	0.22
43.02	VENTILADOR DE FILTRO	13	0.22
43.03	ELEVADOR	20	0.33
43.04	ELEVADOR/GRANDE/DE/CANGILONES	20	0.33
43.06	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33

RUTA 024 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
43.07	VENTILADOR DE FILTRO	13	0.22
43.08	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
43.12	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
		2.32	
RUTA 027 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
46.01	VENTILADOR FILTRO PRINCIPAL	13	0.22
46.02	MOLINO CEMENTO LOESCHE	30	0.50
46.03	VALVULA ROTATIVA	10	0.17
46.04	CLASIFICADOR DINAMICO	23	0.38
46.05	ELEVADOR DE RECHAZOS	20	0.33
46.06	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
46.07	FAJA TRANSPORTADORA ASCENDENTE	14	0.23
46.08	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
46.09	ELEVADOR DE CANGILONES	20	0.33
		2.63	
RUTA 011 - 30D - A		Tiempo (min)	Tiempo (horas)
24.01	FAJA TRANSPORTADORA SUBTERRANEA	14	0.23
24.02	MOLINO/DE/CEMENTO/2	30	0.50
24.03	BOMBA DE ACEITE DE REDUCTOR	12	0.20
24.04	BOMBA CHUMACERA PIÑON ATAQUE	12	0.20
24.05	BOMBA ACEITE BAJA SALIDA	12	0.20
24.06	BOMBA ACEITE BAJA ENTRADA	12	0.20
24.07	BALANZA DE CLINKER	15	0.25
24.08	BALANZA DE YESO	15	0.25
24.09	BALANZA DE PUZOLANA	15	0.25
24.1	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
24.11	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
24.12	VENTILADOR DE CANALETA	13	0.22
24.19	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
24.2	FAJA TRANSPORTADORA	14	0.23
24.22	SEPARADOR/CEMENTO/II	23	0.38
24.24	ELEVADOR/DE/CANGILONES	20	0.33
24.27	ELEVADOR/DE/CANGILONES	20	0.33
		4.48	

RUTAS DE INSPECCION VISUAL

RUTA - GRUPO "1500 - 3100"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	BALANZA ELECTRONICA DE PESADO DE VAGONES	3	0.05
	COMPUERTA DESCARGA DE CARBON	2	0.03
	COMPUERTA DESCARGA DE CARBON	2	0.03
	COMPUERTA DESCARGA DE CARBON	2	0.03
	COMPUERTA DESCARGA DE CARBON	2	0.03
	COMPUERTA DESCARGA DE CARBON	2	0.03
	COMPUERTA DESCARGA DE CARBON	2	0.03
	BOMBA	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA DE 36" X 18M	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE 36" X 51M	12	0.20
	COMPUERTA 2 VIAS	2	0.03
	VENTILADOR DE PRESURIZACIÓN	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE 24" X 55M	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE 24" X 90M	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE 24" X 203M	12	0.20
	VALVULA DE COMPUERTA 2 VIAS	2	0.03
PROCESO MOLIENDA DE CARBON			
TRANSPORTE DE CARBÓN GRUESO			
	COMPUERTA DE DOS VIAS	2	0.03
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION 231.BF110	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO 3111	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE FILTRO 3111	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO 3113	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION 231.BF150	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO 3115	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE FILTRO 3115	3	0.05
	COMPUERTA DE TRIPLE VIA	2	0.03
	COMPUERTAS TIPO CUCHILLA DE DESCARGA	2	0.03
	BALANZA WEIGHFEEDER TOLVA 3121	3	0.05
	COMPUERTAS TIPO CUCHILLA DE DESCARGA	2	0.03
	BALANZA WEIGHFEEDER TOLVA 3123	3	0.05
	COMPUERTAS TIPO CUCHILLA DE DESCARGA	2	0.03
	BALANZA WEIGHFEEDER TOLVA 3125	3	0.05
	MOTOREDUCTOR BALANZA WEIGHFEEDER		0.00
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO 3131	3	0.05

TRANSPORTE DE CARBÓN GRUESO			
	VALVULA ROTATIVA DE FILTRO 3131	3	0.05
	COMPUERTA DOBLE VIA	2	0.03
	VALVULA ROTATIVA	3	0.05
MOLIENDA DE CARBON			
	MOLINO RAYMOND 923	14	0.23
	BOMBA DE LUBRICACION DEL MOLINO	2	0.03
	VENTILADOR PARA SELLOS DE AIRE DE MOLINO	3	0.05
	CLASIFICADOR DINAMICO DE MOLINO	4	0.07
	BOMBA DEL SISTEMA DE INYECCION DE AGUA	2	0.03
DUCTOS DE PROCESO Y GASES CALIENTES			
	VALVULA ROTATIVA DE CICLON	3	0.05
	TORNILLO TRANSPORTADOR DE DESCARGA	2	0.03
	COMPUERTA TIPO CUCHILLA MOTORIZADA	2	0.03
	BOOSTER FAN DEL SISTEMA GASES CALIENTES	3	0.05
	COMPUERTA DEL BOOSTER FAN	2	0.03
	VENTILADOR	3	0.05
	FILTRO COLECTOR PRINCIPAL	3	0.05
	COMPUERTA A SUCCION / VENTILADOR FILTRO	2	0.03
	TORNILLO TRANSPORTADOR	2	0.03
	VENTILADOR DEL FILTRO COLECTOR PRINCIPAL	3	0.05
	COMPUERTA	2	0.03
	COMPUERTA TIPO CUCHILLA	2	0.03
	COMPUERTA ANTI-EXPLOSION	2	0.03
	COMPUERTA ANTI-EXPLOSION	2	0.03
	ANALIZADOR DE GASES PARA FILTRO COLECTOR	3	0.05
TRANSPORTE DE CARBÓN PULVERIZADO			
	VALVULA ROTATIVA A LA DESCARGA DE FILTRO	3	0.05
	TORNILLO TRANSPORTADOR BIDIRECCIONAL	2	0.03
	VALVULA ROTATIVA / DESCARGA A SILO	3	0.05
	COMPUERTA MOTORIZ.EN DUCTO RECIRCULACION	2	0.03
ALMACENAMIENTO DE CARBÓN PULVERIZADO			
	COMPUERTA ANTI-EXPLOSION	2	0.03
	AGITADOR DE DESCARGA DEL SILO	2	0.03
	FILTRO COMPACTO DEL SILO 3650	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA HACIA PRE-HOPPER.	3	0.05
	COMPUERTA TIPO CUCHILLA	2	0.03
	COMPUERTA TIPO CUCHILLA	2	0.03
	COMPUERTA ANTI-EXPLOSION	2	0.03
	AGITADOR DE DESCARGA DEL SILO	2	0.03
	FILTRO COMPACTO DEL SILO	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA HACIA PRE-HOPPER	3	0.05
	COMPUERTA TIPO CUCHILLA	2	0.03

ALMACENAMIENTO DE CARBÓN PULVERIZADO			
VALVULA ROTATIVA HACIA PRE-HOPPER.		3	0.05
COMPUERTA TIPO CUCHILLA		2	0.03
VALVULA ROTATIVA HACIA PRE-HOPPER		3	0.05
COMPUERTA TIPO CUCHILLA		2	0.03
TORNILLO TRANSPORTADOR DE DESCARGA		2	0.03
ANALIZADOR DE GASES		3	0.05
TRANSPORTE DE CARBON A QUEMADOR HORNO			
AGITADOR MOTORIZADO DE PRE-HOPPER		2	0.03
BALANZA CARBON A HORNO		3	0.05
BLOWER DE DOSIFICADOR PFISTER 3655		3	0.05
TORNILLO TRANSPORTADOR DE DESCARGA		2	0.03
DIVERTER GATE MOTORIZADO		2	0.03
VALVULA GUILLOTINA DE DESCARGA		2	0.03
TRANSPORTE DE CARBON STAND BY			
TORNILLO TRANSPORTADOR		2	0.03
BALANZA STAND BY DE CARBON		3	0.05
COMPUERTA TIPO CUCHILLA		2	0.03
AGITADOR MOTORIZADO DE PRE-HOPPER		2	0.03
SOPLADOR		3	0.05
BLOWER DE DOSIFICADOR PFISTER 3667		3	0.05
DIVERTER GATE MOTORIZADO		2	0.03
TRANSPORTE DE CARBON A PRECALCINADOR			
BALANZA CARBON A CALCINADOR		3	0.05
COMPUERTA TIPO CUCHILLA		2	0.03
AGITADOR MOTORIZADO DE PRE-HOPPER		2	0.03
BLOWER DE DOSIFICADOR PFISTER 3671		3	0.05
DIVERTER GATE MOTORIZADO		2	0.03
VALVULA DE DERIVACION DE AIRE COMPRIMIDO		2	0.03
VALVULA DE DERIVACION DE AIRE COMPRIMIDO		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE LD 1		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE LD 2		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE LD 3		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE LI 1		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE LI 2		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE LI 3		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE FRONTAL 1		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE FRONTAL 2		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE FRONTAL 3		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE POSTERIOR 1		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE POSTERIOR 2		2	0.03
CAÑÓN DE AIRE POSTERIOR 3		2	0.03

6.30

RUTA - GRUPO "700 - 300 - L -800"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	DESCARGADORES DE CLINKER	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR/ELIMINADOR/DE/POLVO	3	0.05
	ESPIRAL ELIMINADOR DE POLVO	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	VIBRADORES	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	VIBRADOR	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	COMPUERTA	2	0.03
	ELEVADOR/DE/CANGILONES	10	0.17
	COMPUERTA	2	0.03
	ELEVADOR/DE/CANGILONES	10	0.17
	COMPUERTA	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	COMPUERTA	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	ESPIRAL TRANSPORTADOR	2	0.03
	VIBRADOR 705 H	2	0.03
	VIBRADOR 705 I	2	0.03
	VIBRADOR 705 J	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	DESCARGADOR/VAGONETA/PIZARRA	2	0.03
	CARRO/DESCARGA/DE/PIZARRA	12	0.20
	CARRO/DESCARGADOR/DE/PIRITA	12	0.20
	DESCARGA/DE/PIRITA	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	REDUCTOR/FAJA/TRANSPORTADOR		0.00
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
			0.00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	VENTILADOR/SUBESTACION/CEMENTO 2	3	0.05
	VENTILADOR/SUBESTACION/CEMENTO 2	3	0.05
	BALANZA/DE/CLINKER	3	0.05
	MEZCLADOR DE ADITIVO		0.00
	BALANZA/DE/YESO	3	0.05
	BALANZA/DE/PUZOLANA	3	0.05
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	MOLINO/DE/CEMENTO/	14	0.23
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	REDUCTOR/PRINCIPAL		0.00
	ACCIONAMIENTO/AUXILIAR		0.00
	BOMBA/DE/ACEITE/DEL/REDUCTOR	2	0.03
	BOMBA ACEITE CHUMACERAS PIÑON DE ATAQUE	2	0.03
	BOMBA/ACEITE ALTA ENTRADA	2	0.03
	BOMBA/ACEITE BAJA SALIDA	2	0.03
	BOMBA/ACEITE BAJA ENTRADA	2	0.03
	BOMBA/ACEITE ALTA SALIDA	2	0.03
	SPRAY/DE/GRASA		0.00
	BOMBA DE ADITIVO PARA MOLIENDA	2	0.03
	ELEVADOR/DE/CANGILONES	10	0.17
	ACCIONAMIENTO/AUXILIAR/DEL/ELEVADOR		0.00
	CANALETA/TRANSPORTADORA	5	0.08
	SEPARADOR/CEMENTO/II	4	0.07
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	CANALETA/TRANSPORTADORA	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	FILTRO/DE/MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	ESPIRAL TRANSPORTADOR	2	0.03
	COMPRESOR/WORTHINGTON	2	0.03
	FILTRO/DE/MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	ESPIRAL TRANSPORTADOR	2	0.03
	CANALETA/TRANSPORTADORA	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20

6.13

RUTA - GRUPO "ENSACADORA"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
ENSACADORA EXTERIOR			
	ZARANDA	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	CANALETA	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL	2	0.03
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	SOPLADOR DE CANALETA	3	0.05
	SOPLADOR DE CANALETA	3	0.05
	SOPLADOR DE CANALETA	3	0.05
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL	2	0.03
	CANALETA	5	0.08
	CANALETA	5	0.08
	CANALETA	5	0.08
	BALANZA DE BIG BAG A	3	0.05
	BALANZA DE BIG BAG B	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	CANALETA	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	CANALETA	5	0.08
	CANALETA	5	0.08
	CANALETA	5	0.08
	CANALETA	5	0.08
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL	2	0.03
	COMPUERTA DE 2 VÍAS	2	0.03

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	VENTILADOR CANALETA 1	3	0.05
	VENTILADOR CANALETA 2	3	0.05
	VENTILADOR CANALETA 3	3	0.05
	VENTILADOR CANALETA 4	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	FILTRO DE MANGAS DE CANALETA 2242	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE CANALETA 2244	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	VENTILADOR DE AIREACIÓN DE CANALETA	3	0.05
	COMPUERTA DE DERIVACIÓN DE CANALETA 1103	2	0.03
	VENTILADOR DE AIREACIÓN DE CANALETA	3	0.05
	COMPUERTA DE DERIVACIÓN DE CANALETA 1104	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS DE CANALETA 1103	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	VENTILADOR CANALETA 5	3	0.05
	CANALETA AERODESLIZADORA 5	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA 5	3	0.05
	COMPUERTA DE DERIVACIÓN DE 2 VÍAS	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS DE CANALETA 1172	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	VÁLVULA DE CONTROL 1		0.00
	VENTILADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	CANALETA AERODESLIZADORA	5	0.08
	VENTILADOR	3	0.05
	COMPUERTA	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	VENTILADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	VENTILADOR	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	CANALETA AERODESLIZADORA	5	0.08
	VENTILADOR	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
"SILO 1,2,3,4,5"			
CÓDIGO			
	ELEVADOR/DE/CANGILONES	10	0.17
	ACCIONAMIENTO/AUXILIAR	7	0.12
	CANALETA/TRANSPORTADORA	5	0.08
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	Soplador de canaleta	3	0.05
	Soplador de canaleta	3	0.05
	Soplador de canaleta	3	0.05
	Filtro de mangas	3	0.05
	Elevador de cangilones	10	0.17
	Filtro de mangas	3	0.05
	Ventilador de Filtro de Mangas	3	0.05
	Soplador de canaleta	3	0.05
	Elevador de cangilones	10	0.17
	Soplador de canaleta	3	0.05
	Soplador de canaleta	3	0.05
	Soplador de canaleta	3	0.05
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	COMPUERTA/Y/CANALETA	2	0.03
	FILTRO/DE/MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR/DE/FILTRO	3	0.05
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
ENSACADORA INTERIOR			0.00
	COMPUERTA	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03

	ENSACADORA INTERIOR		
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	VENTILADOR	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	COMPUERTA/DE/DESCARGA/SILO/1	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	CANALETA TRANSPORTADORA	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRASPORTADORA N°1	12	0.20
	FAJA TRASPORTADORA N°2	12	0.20
	SOPLADOR	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRASPORTADORA N°3	12	0.20
	FAJA TRASPORTADORA N°4	12	0.20
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	COMPUERTA DE ELEVADOR A BIG BAG	2	0.03
	COMPUERTA BIG BAG	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS BOMBONAS	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	CANALETA AERODESLIZADORA BOMBONAS	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	MANGA RETRACTIL BOMBONA		0.00
	VENTILADOR MANGA RETRACTIL	3	0.05
	COMPUERTA BIG BAG	2	0.03
	VALVULA ROTATIVA	3	0.05
	BOMBA HIDRAULICA	2	0.03
	COMPUERTA	2	0.03
	ZARANDA VIBRATORIA	3	0.05
	ACCIONAMIENTO PRINCIPAL	7	0.12
	CANALETA	5	0.08
	COMPUERTA	2	0.03
	CANALETA AERODESLIZADORA	5	0.08
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	FILTRO	3	0.05
	CANALETA AERODESLIZADORA	5	0.08
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	SOPLADOR	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	COMPUERTA	2	0.03
	CANALETAS AERODESLIZADORAS	5	0.08
	VENTILADOR	3	0.05
	CANALETAS AERODESLIZADORAS	5	0.08
	COMPRESOR	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	ENSACADORA/H&B/MODULO/1	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/2	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/3	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/4	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/5	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/6	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/7	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/8	2	0.03
	ACIONAMIENTO/DE/ROTACION	7	0.12
	ESPIRAL/TRANSPORTADOR	2	0.03
	TRANSPORTADOR/EXTRACTOR	2	0.03
	TRANSPORTADOR/ALINEADOR	2	0.03
	BALANZA	3	0.05
	DESVIADOR	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA/DE/SALIDA	12	0.20
	DESVIADOR/DE/BOLSAS	2	0.03
	DESVIADOR/DE/BOLSAS	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA/REVERSIBLE	12	0.20
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	ESPIRAL TRANSPORTADOR	2	0.03
	CANALETA/AERODESLISANTE	5	0.08
	CANALETA ANEXA	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	ZARANDA VIBRATORIA	3	0.05
	TOLVA/INTERMEDIA		0.00
	COMPUERTA/GUILLOTINA	2	0.03
	BLOWER	3	0.05
	SOPLADOR/DE/EMBOLOS/ ROTATIVOS	3	0.05
	VALVULA/DOSIFICADORA/DE/FLUJO	3	0.05
	ACIONAMIENTO DE HAVER 2	7	0.12

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	MODULO/1	2	0.03
	MODULO/10	2	0.03
	MODULO/11	2	0.03
	MODULO/12	2	0.03
	MODULO/2	2	0.03
	MODULO/3	2	0.03
	MODULO/4	2	0.03
	MODULO/5	2	0.03
	MODULO/6	2	0.03
	MODULO/7	2	0.03
	MODULO/8	2	0.03
	MODULO/9	2	0.03
	BALANZA PORTATIL	3	0.05
	APLICADOR/AUTOMATICO/DE/BOLSAS	5	0.08
	TRANSPORTADOR/EXTRACTOR/ FIJO	2	0.03
	SOPLADOR/DE/LIMPIEZA	3	0.05
	VENTILADOR	3	0.05
	TRANSPORTADOR/ACELERADOR/1	2	0.03
	TRANSPORTADOR/ACELERADOR/2	2	0.03
	FAJA DE PESAJE.		0.00
	ZARANDA/VIBRATORIA	3	0.05
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	DESVIADOR/FAJA	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA REPARTIDORA	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	DESVIADOR/FAJA 957	2	0.03
	DESVIADOR/FAJA 965	2	0.03
	DESVIADOR/FAJA 966	2	0.03
	TRANSPORTADOR/CURVO/RODILLOS	2	0.03
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA/TRANSPORTADORA	12	0.20
	DESVIADOR/FAJA 957	2	0.03
	DESVIADOR/FAJA 965	2	0.03
	DESVIADOR/FAJA 966	2	0.03
	FILTRO/DE/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO.	3	0.05
	COMPUERTA/VENTILADOR/ FILTRO	2	0.03
	HELICOIDE.	2	0.03
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	VALVULA/DOSIFICADORA/DE/FLUJO	3	0.05

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	APLICADOR/AUTOMATICO/DE/BOLSAS	5	0.08
	ENSACADORA/H&B/MODULO/1	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/2	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/3	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/4	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/5	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/6	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/7	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/8	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/9	2	0.03
	ENSACADORA/H&B/MODULO/10	2	0.03
	MODULO/11	2	0.03
	MODULO/12	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	SOPLADOR/LIMPIEZA	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	TRANSPORTE/CURVO/RODILLOS	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	BALANZA	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	RECHAZO/BOLSAS		0.00
	ACCIONAMIENTO/1	7	0.12
	ACCIONAMIENTO/2	7	0.12
	ACCIONAMIENTO/TRASLACION	7	0.12
	FAJA/REPARTIDORA		0.00
	DESVIADOR/BOLSAS	2	0.03
	DESVIADOR/BOLSAS	2	0.03
	TRITURADOR/DE/BOLSAS		0.00
	ZARANDA/VIBRATORIA	3	0.05
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	TRANSPORTADOR/HELICOIDAL	2	0.03
	VENTILADOR/FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	FILTRO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05
CALDEROS 1			
	CALDERA #1	12	0.20
	BOMBA DE AGUA	2	0.03
	BOMBA DE AGUA POZO DE PURGA TANQUES	2	0.03
CALDEROS 2			
	CALDERA #2	12	0.20

HAVER 4			
	CANALETA AERODESLIZANTE	5	0.08
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	MOTOR VENTILADOR DE CANALETA		0.00
	ZARANDA VIBRATORIA	3	0.05
	SOPLADOR DE EMBOLOS ROTATIVO	3	0.05
	APLICADOR AUTOMATICO DE BOLSAS	5	0.08
	BOMBA DE VACIO	2	0.03
	COMPUERTA DE GUILLOTINA	2	0.03
	MODULO 1	2	0.03
	MODULO 10	2	0.03
	MODULO 11	2	0.03
	MODULO 12	2	0.03
	MODULO 2	2	0.03
	MODULO 3	2	0.03
	MODULO 4	2	0.03
	MODULO 5	2	0.03
	MODULO 6	2	0.03
	MODULO 7	2	0.03
	MODULO 8	2	0.03
	MODULO 9	2	0.03
	TRANSPORTADOR LIMPIADOR	2	0.03
	VENTILADOR	3	0.05
	BALANZA DE CONTROL PESO	3	0.05
	TRANSPORTADOR INGRESO DE RECHAZO	2	0.03
	TRANSPORTADOR SALIDA DE RECHAZO	2	0.03
	ZARANDA TRITURADOR DE BOLSA	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	TRANSPORTADOR INGRESO DE RECHAZO	2	0.03
	TRANSPORTADOR SALIDA DE RECHAZO	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA DESVIADORA	2	0.03
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL	2	0.03
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR FILTRO DE MANGA	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA	3	0.05
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL FILTRO	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA DESVIADORA	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA DESVIADORA	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA DESPACHO 5	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DESPACHO 6	12	0.20
			22.38

RUTA - GRUPO "LOESCHE"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	DESCARGADOR PUZOLANA 1	2	0.03
	DESCARGADOR PUZOLANA 2	2	0.03
	ZARANDA DE CLINKER	3	0.05
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN TRANSFE	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	DESCARGADOR YESO 1	2	0.03
	DESCARGADOR YESO 2	2	0.03
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN FAJA YE	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN FAJA YE	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA YESO	12	0.20
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN TRANSFE	3	0.05
	VENTILADOR FILTRO DESPOLVORIZACION	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA PUZOLANA	12	0.20
	DESCARGADOR CLINKER 1	2	0.03
	DESCARGADOR CLINKER 2	2	0.03
	DESCARGADOR CLINKER 3	2	0.03
	DESCARGADOR CLINKER 4	2	0.03
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN TRANSFE	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN TRANSFE	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA CLINKER	12	0.20
	FILTRO COMPACTO DESPOLVORIZACIÓN TRANSFE	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA ASCENDENTE N° 1	12	0.20
	VENTILADOR DE FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	COMPUERTA DE 02 VIAS	2	0.03
	COMPUERTA DE CLINKER	2	0.03
	COMPUERTA DE PUZOLANA Y YESO	2	0.03
	FILTRO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05
	VENTILADOR FILTRO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05
	VÁLVULA ROTATORIA FILTRO DE DESPOLVORIZA	3	0.05
	COMPRESOR IR SSR UP6-40-115	3	0.05
	VENTILAD.D EQUIPO PRESURIZACION CCM-2000	3	0.05
	COMPUERTA DE 02 VIAS	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA DE RECHAZOS	12	0.20
	BALANZA DOSIFICADORA DE YESO	3	0.05
	BALANZA DOSIFICADORA DE PUZOLANA	3	0.05
	BALANZA DOSIFICADORA DE CLINKER	3	0.05

TRANSPORTE Y CANCHA DE CLINKER			
	FAJA TRANSPORTADORA 300 T/H	12	0.20
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #1 EN FAJA 2027	2	0.03
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #2 EN FAJA 2027	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA 300 T/H	12	0.20
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #1 EN FAJA 2029	2	0.03
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #2 EN FAJA 2029	2	0.03
	FILTRO COMPACTO 60 M3/min	3	0.05
	VENTILADOR FILTRO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA 300 T/H	12	0.20
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #1 EN FAJA 2032	2	0.03
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #2 EN FAJA 2032	2	0.03
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #1 EN FAJA 2007	2	0.03
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #2 EN FAJA 2007	2	0.03
	DESCARGADOR GRAVIMETRICO #4 EN FAJA 2007	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA 2/ 8-80 T/H	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA ASCENDENTE N° 2	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA ASCENDENTE N° 3	12	0.20
	BALANZA DOSIFICADORA	3	0.05
	VÁLVULA ROTATIVA	3	0.05
	VENTILADOR DE AIRE DE SELLO	3	0.05
	MOLINO VERTICAL DE CEMENTO	14	0.23
	CLASIFICADOR DINÁMICO DEL MOLINO	4	0.07
	FAJA TRANSPORTADORA DE RECHAZOS MOLINO	12	0.20
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	FILTRO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05
	VENTILADOR FILTRO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05
	VÁLVULA ROTATORIA FILTRO DE DESPOLVORIZA	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO FULLER	3	0.05
	COMPUERTA REGULACIÓN "R"	2	0.03
	COMPUERTA REGULACIÓN "S"	2	0.03
	VENTILADOR QUEMADOR	3	0.05
	BOMBA 1 GEN. GASES CALIENTES	2	0.03
	BOMBA 2 GEN. GASES CALIENTES	2	0.03
	COMPUERTA REGULACIÓN "H"	2	0.03
	COMPUERTA REGULACIÓN "X"	2	0.03
	COMPUERTA REGULACIÓN "Y"	2	0.03
	COMPUERTA REGULACIÓN "W"	2	0.03
	COMPUERTA REGULACIÓN "Z"	2	0.03
	SISTEMA HIDRÁULICO DEL MOLINO VERTICAL	7	0.12
	BOMBA DE ENGRASE DE MOLINO	2	0.03
	BOMBA DE ENGRASE DE CLASIFICADOR	2	0.03
	GABINETE HIDRÁULICO HSSW - BOMBA DE ACEI	7	0.12
	BOMBA DE ACEITE RODILLO ESCLAVO 1	2	0.03
	BOMBA DE ACEITE RODILLO ESCLAVO 2	2	0.03

TRANSPORTE Y CANCHA DE CLINKER			
GABINETE HIDRÁULICO HSLM - BOMBA DE ACEI	7	0.12	
BOMBA 3.10 DE ACEITE RODILLO MASTER 1	2	0.03	
BOMBA 3.20 DE ACEITE RODILLO MASTER 2	2	0.03	
BOMBA DE ALTA N° 1	2	0.03	
BOMBA DE ALTA N° 2	2	0.03	
BOMBA DE ALTA N° 3	2	0.03	
BOMBA DE ALTA N° 4	2	0.03	
BOMBA DE BAJA	2	0.03	
BOMBA DE PURGA	2	0.03	
BOMBA DE LUBRICACIÓN DEL CLASIFICADOR	2	0.03	
BOMBA 1 LUBRICACIÓN HSMS	2	0.03	
BOMBA 2 LUBRICACIÓN HSMS	2	0.03	
BOMBA DE SUCCIÓN 1 LUBRICACIÓN HSMS	2	0.03	
BOMBA DE SUCCIÓN 2 LUBRICACIÓN HSMS	2	0.03	
COMPRESOR 1 IR SSR EPE300-2S	3	0.05	
COMPRESOR 2 (STAND BY) IR SSR EPE300-2S	3	0.05	
VENTILAD.D EQUIPO PRESURIZACION CCM-2100	3	0.05	
VENTILADOR 1 AIRE SELLO RODILLO MASTER	3	0.05	
VENTILADOR 2 AIRE SELLO RODILLO MASTER	3	0.05	
SISTEMA/ENFRIAMIENTO/LUBRICACION REDUCTO	7	0.12	
BOMBA DE AGUA #1	2	0.03	
BOMBA DE AGUA #2	2	0.03	
FILTRO PRINCIPAL	3	0.05	
SOPLADOR DE AIRE 1	3	0.05	
SOPLADOR DE AIRE 2	3	0.05	
VÁLVULA ROTATORIA 1	3	0.05	
VÁLVULA ROTATORIA 2	3	0.05	
VÁLVULA ROTATORIA 3	3	0.05	
VÁLVULA ROTATORIA 4	3	0.05	
FILTRO COMPACTO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05	
VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05	
FAJA TRANSPORTADORA DE CEMENTO 1	12	0.20	
FILTRO COMPACTO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05	
VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05	
FAJA TRANSPORTADORA DE CEMENTO 2	12	0.20	
FILTRO COMPACTO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05	
VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05	
ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17	
VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05	
CANALETA	5	0.08	
SOPLADOR DE AIRE	3	0.05	
ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17	
CANALETA AERODESLIZADORA DE DESCARGA	5	0.08	
SOPLADOR DE AIRE	3	0.05	

TRANSPORTE Y CANCHA DE CLINKER			
FILTRO COMPACTO	3	0.05	
VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO	3	0.05	
CANALETA	5	0.08	
SOPLADOR DE AIRE	3	0.05	
BOMBA DE AGUA 2141-1	2	0.03	
BOMBA DE AGUA 2141-2	2	0.03	
BOMBA DE AGUA 2142-1	2	0.03	
BOMBA DE AGUA 2142-2	2	0.03	
BOMBA DE PETROLEO 1 A QUEMADOR SAACKE	2	0.03	
BOMBA DE PETROLEO 2 A QUEMADOR SACCKE	2	0.03	
VIBRADOR EN DESCARGADOR DE PUZOLANA 1	2	0.03	
VIBRADOR EN DESCARGADOR DE PUZOLANA 2	2	0.03	
ESPIRAL TRANSPORTADOR TEMPORAL DE REPROCESO HACIA 2110	2	0.03	
ESPIRAL TRANSPORTADOR, DESCARGA EN FAJA 2208, INGRESO SELLADO	2	0.03	
FILTRO COMPACTO DE DESPOLVORIZACIÓN	3	0.05	
SOPLADOR DE AIRE CANALETA AERODESLIZADOR	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA PARA CEMENTO N°	5	0.08	
ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17	
SOPLADOR DE AIRE CANALETA AERODESLIZADOR	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA PARA CEMENTO N°	5	0.08	
COMPUERTA DE CEMENTO	2	0.03	
SOPLADOR DE AIRE CANALETA AERODESLIZADOR	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA PARA CEMENTO N°	5	0.08	
COMPUERTA DE CEMENTO	2	0.03	
SOPLADOR DE AIRE CANALETA AERODESLIZADOR	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA PARA CEMENTO N°	5	0.08	
SOPLADOR DE AIRE CANALETA AERODESLIZADOR	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA PARA CEMENTO N°	5	0.08	
COMPUERTA DE CEMENTO	2	0.03	
SOPLADOR AIRE CANALETA AERODESLIZA	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA PARA CEMENTO N°	5	0.08	
COMPUERTA DE 02 VIAS	2	0.03	
CANALETA AERODESLIZADORA 1	5	0.08	
VENTILADOR DE CANALETA 1	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA 2	5	0.08	
VENTILADOR DE CANALETA 2	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA 3	5	0.08	
VENTILADOR DE CANALETA 3	3	0.05	
CANALETA AERODESLIZADORA 4	5	0.08	
VENTILADOR DE CANALETA 4	3	0.05	
ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17	
FILTRO DE MANGAS	3	0.05	

TRANSPORTE Y CANCHA DE CLINKER			
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE FILTRO DE MANGAS	3	0.05
	COMPUERTA DE CANALETA 2227 PARA SILO 2	2	0.03
	BOMBA DE AGUA EN MEZCLADOR DE ADITIVO (TANQUE VERDE)	2	0.03
	BOMBA DE LLENADO DE ADITIVO (1ER NIVEL)	2	0.03
			11.45

RUTA - GRUPO "PENG FEI 4 - 5 "			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	COMPUERTA PINES	2	0.03
	BALANZA/DOSIFICADORA	3	0.05
	BOMBA ADITIVO/BALANZA/DOSIFICADORA	2	0.03
	FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR/FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	COMPUERTA DE CLAPETAS	2	0.03
	COMPUERTA/DOS/VIAS	2	0.03
	MOLINO DE CEMENTO 4	14	0.23
	SISTEMA/LUBRICACION/ENTRADA/MOLINO	7	0.12
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA 1/ENTRADA	2	0.03
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA 2/ENTRADA	2	0.03
	BOMBA/LUBRICACION/ALTA/ENTRADA	2	0.03
	SISTEMA/LUBRICACION/SALIDA/MOLINO	7	0.12
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA 1/SALIDA	2	0.03
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA 2/SALIDA	2	0.03
	BOMBA/LUBRICACION/ALTA/SALIDA	2	0.03
	SISTEMA/LUBRICACION/REDUCTOR/PRINCIPAL	7	0.12
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA1/REDUCTOR	2	0.03
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA2/REDUCTOR	2	0.03
	SISTEMA/LUBRICACION/MOTOR/PRINCIPAL	7	0.12
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA1/MOTOR	2	0.03
	BOMBA/LUBRICACION/BAJA2/MOTOR	2	0.03
	CANALETA/TRANSPORTADORA	5	0.08
	VENTILADOR/CANALETA	3	0.05
	ELEVADOR/CANGILONES	10	0.17
	COMPUERTA/MECANICA/ENTRADA/FILTRO	2	0.03
	FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	COMPUERTA/REGULABLE/FILTRO	2	0.03
	VENTILADOR/FILTRO/MOLINO	3	0.05

RUTA - GRUPO "PENG FEI 4 - 5 "		
CANALETA/DESCARGA/FILTRO	5	0.08
VENTILADOR/CANALETA/DESCARGA	3	0.05
VALVULA/ROTATIVA 1/DESCARGA FILTRO	3	0.05
VALVULA/ROTATIVA 2/DESCARGA FILTRO	3	0.05
COMPUERTA/ENTRADA/SEPARADOR	2	0.03
CANALETA/ALIMENTACION/SEPARADOR	5	0.08
VENTILADOR/CANALETA/ALIMENTACION	3	0.05
SEPARADOR/CEMENTO/4	4	0.07
BOMBA DE ENGRANASE	2	0.03
VENTILADOR DEL MOTOR PRICIPAL/SEPARADOR	3	0.05
COMPUERTA DE CLAPETAS DE RECHAZO	2	0.03
COMPUERTA AIRE PRIMARIO/ENTRADA/SEPARADO	2	0.03
COMPUERTA AIRE SECUNDARIO/ENT/SEPARADOR	2	0.03
COMPUERTA AIRE TERCARIO/ENT/SEPARADOR	2	0.03
CANALETA/RECHAZO/SEPARADOR	5	0.08
VENTILADOR/CANALETA/RECHAZO	3	0.05
COMPUERTA/PESADA/FISICA	2	0.03
FILTRO/PRINCIPAL	3	0.05
COMPUERTA/FILTRO	2	0.03
VENTILADOR/FILTRO/PRINCIPAL	3	0.05
CANALETA/DESCARGA/FILTRO/PRINCIPAL	5	0.08
VENTILADOR/CANALETA/DESCARGA	3	0.05
VALVULA/ROTATIVA 1/DESCARGA FILTRO	3	0.05
VALVULA/ROTATIVA 2/DESCARGA FILTRO	3	0.05
CANALETA/SALIDA/CEMENTO	5	0.08
VENTILADOR/CANALETA/SALIDA/CEMENTO	3	0.05
FILTRO/SALIDA/CEMENTO	3	0.05
VENTILADOR/FILTRO/SALIDA/CEMENTO	3	0.05
VALVULA/ROTATIVA/FILTRO	3	0.05
		3.28

RUTA - GRUPO "ALIMENT - DESCARGA PENG FEI - SILO			
FAJA/TRANSPORTADORA/MOVIL-275 TMPH	12	0.20	
FILTRO/MANGAS/160M2	3	0.05	
RUEDA CELULAR	3	0.05	
FILTRO/MANGAS/160 M2	3	0.05	
VENTILADOR/FILTRO/DESPOLVORIZACION-3800-	3	0.05	
COMPUERTA/SELECCIÓN/YESO	2	0.03	
COMPUERTA/PESADA/FISICA/YESO	2	0.03	
COMPUERTA/SELECCIÓN/PUZOLANA	2	0.03	
COMPUERTA/PESADA/FISICA/PUZOLANA	2	0.03	
COMPUERTA/SELECCIÓN/CLINKER	2	0.03	
COMPUERTA/PESADA/FISICA/CLINKER	2	0.03	
FAJA/TRANSPORTADORA/1	12	0.20	
COMPUERTA DE PINES	2	0.03	
BALANZA/DOSIFICADORA/25-250 T/H	3	0.05	
FILTRO/DESPOLVORIZACION /MATERIA PRIMA/M	3	0.05	
COMPUERTA DE PINES	2	0.03	
COMPUERTA DE PINES	2	0.03	
BALANZA/DOSIFICADORA/8-80 T/H	3	0.05	
BALANZA/DOSIFICADORA/8-80 T/H	3	0.05	
COMPUERTA DE DOS VIAS	2	0.03	
FAJA/TRANSPORTADORA/2	12	0.20	
VENTILADOR DE FILTRO 8.23 M3/H	3	0.05	
VALVULA ROTATIVA DE 0.75 KW	3	0.05	
FAJA TRANSPORTADORA DE 300 TMPH-1	12	0.20	
VENTILADOR DE FILTRO COMPACTO 3.73 KW	3	0.05	
FILTRO/DESPOLVORIZACION /CLINKER	3	0.05	
VENTILADOR/FILTRO/16.35 M3/H	3	0.05	
RUEDA CELULAR	3	0.05	
FAJA TRANSPORTADORA DE 300 TMPH-2	12	0.20	
F. COMPACTO DE DESPOLVORIZACIÓN 22m3/min	3	0.05	
VENTILADOR DE FILTRO 2260 CFM	3	0.05	
COMPUERTA DE 2 VIAS	2	0.03	
COMPUERTA/DOS/VIAS	2	0.03	
FAJA/TRANSPORTADORA/3	12	0.20	
COMPUERTA DE PINES DE PUZOLANA	2	0.03	
B. DOSIFICADORA DE PUZOLANA 10.5-105 T/H	2	0.03	
COMPUERTA/SELECCIÓN/PUZOLANA	2	0.03	
COMPUERTA DE PINES DE YESO	2	0.03	
B. DOSIFICADORA DE PUZOLANA 1.5-15T/H	2	0.03	
B. DOSIFICADORA DE PUZOLANA 1.5-15 T/H	2	0.03	
COMPUERTA/SELECCIÓN/YESO	2	0.03	
FAJA TRANSPORTADORA DE M. PRIMAS 110 TMPH	12	0.20	
FILTRO DE MANGAS 80 M2	3	0.05	
VENTILADOR DE FILTRO 8.53 M3/H	3	0.05	

	RUTA - GRUPO "ALIMENT - DESCARGA PENG FEI - SILO		
	VALVULA ROTATIVA DE 0.75 KW	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO 6.5 M3/H	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE 0.75 KW	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE 0.75 KW	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	BALANZA DOSIFICADORA	3	0.05
	BALANZA DOSIFICADORA	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	COMPUERTA	2	0.03
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	VENTILADOR 6,500 M3/H - 11,19 KW	3	0.05
	FILTRO DE DESPOLVORIZACION	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	BALANZA DOSIFICADORA	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	DESCARGA DE PENG FEI		0.00
	FAJA/TRANSPORTADORA/CEMENTO/	12	0.20
	BALANZA/TOTALIZADORA/CEMENTO 4	3	0.05
	BALANZA/TOTALIZADORA/CEMENTO 5	3	0.05
	BALANZA TOTALIZADORA CEMENTO 6	3	0.05
	COMPUERTA DE DOS VIAS	2	0.03
	COMPUERTA/PESADA/FISICA	2	0.03
	VENTILADOR DE FILTRO 2260 CFM	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA	3	0.05
	FAJA/TRANSPORTADORA/CEMENTO/2	12	0.20
	VENTILADOR DE AEREO DESLIZADOR	3	0.05

	DESCARGA DE PENG FEI		
	AERODESLIZADOR 4	5	0.08
	AERODESLIZADOR 5	5	0.08
	ELEVADOR DE CANGILONES 250 TMPH	10	0.17
	FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR/FILTRO	3	0.05
	COMPUERTA 1	2	0.03
	COMPUERTA 2	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS 80 M2	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS 80 M2	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO 8.23 M3/H	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA DE 0.75 KW	3	0.05
	FAJA/TRANSPORTADORA/CEMENTO/3	12	0.20
	FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR/FILTRO	3	0.05
	FAJA/TRANSPORTADORA/CEMENTO/4	12	0.20
	FILTRO/DESPOLVORIZACION	3	0.05
	VENTILADOR/FILTRO	3	0.05
	COMPRESOR	3	0.05
	BOMBA/DE/AGUA 1 - LLENADO/TANQUE	2	0.03
	BOMBA/DE/AGUA 2 - LLENADO/TANQUE	2	0.03
	BOMBA/DE/AGUA 1 - SISTEMA/ENFRIAMIENTO	2	0.03
	BOMBA/DE/AGUA 2 - SISTEMA/ENFRIAMIENTO	2	0.03
	VENTILADOR DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO	3	0.05
	ELEVADOR NUEVO SILO 6	10	0.17
			11.70

RUTA - GRUPO "RECLAM-3400-CICLONES-FILTRO CANALE"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	FAJA CORRECTIVOS	12	0.20
	RECLAMADOR DE CORRECTIVOS	20	0.33
	CADENA TRANSPORTADORA ARRASTRE	20	0.33
	FAJA PRINCIPAL DE CORRECTIVOS	12	0.20
	APILADOR DE CALIZA	20	0.33
	FAJA DE ALIMENTACIÓN DE CALIZA	12	0.20
	UNIDAD HIDRAULICA	7	0.12
	FAJA PRINCIPAL DE CORRECTIVOS	12	0.20
	FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA 900 T/H	12	0.20
	PORTAL RECLAIMER	20	0.33
	FILTRO COMPACTO MANGAS 60 M3	3	0.05
	COLECTOR POLVO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA 400 T/H	12	0.20
	FILTRO COMPACTO MANGAS 60 M3	3	0.05
	COLECTOR POLVO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA BIDIRECCIONAL	12	0.20
MATERIAS PRIMAS ZONA C			
	ALIMENTADOR VIBRATORIO ROTATIVO 800 T/H	3	0.05
	ALIMENTADOR VIBRATORIO AUXILIAR 800 T/H	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA DESCARGA PHB 900 T/H	12	0.20
	BOMBA PARA AGUA	2	0.03
	BOMBA PARA DOSIFICACION	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA 800 T/H	12	0.20
	FILTRO COMPACTO MANGAS 60M3	3	0.05
	COLECTOR POLVO	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA A SILO CALIZA	12	0.20
	FILTRO COMPACTO MANGAS 60M3	3	0.05
	COLECTOR POLVO	3	0.05
ALMACENAMIENTO MATERIA PRIMA			
	TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE CALIZA 680M3		0.00
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA CALIZA	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA CORRECTORES	3	0.05
	BALANZA DOSIFICADORA DE ARCILLA	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA DE HIERRO	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA DE PIZARRA	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN	3	0.05

ALIMENTACIÓN A MOLINO UBE			
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO	12	0.20
	FILTRO DE MANGAS 246M3/MIN	3	0.05
	COMPUERTA DOS VIAS	2	0.03
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA	12	0.20
	FILTRO DE MANGAS 200 M3/MIN	3	0.05
	COMPUERTA DOS VIAS	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL	2	0.03
MOLINO VERTICAL DE MATERIA PRIMA			
	MOLINO VERTICAL UBE 340 TON/H	14	0.23
	UNIDAD HIDRAULICA/TENSION DE RODILLOS	7	0.12
	UNIDAD DE LUBRICACION REDUCTOR VERTICAL	7	0.12
	CLASIFICADOR DINAMICO DE 250 KW	4	0.07
RECHAZO DE MOLINO			
	COMPUERTA DOBLE SELLO	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA DE RECHAZO 220 TON/H	12	0.20
	ELEVADOR DE CANGILONES RECHAZO 220 TON/H	10	0.17
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO	12	0.20
	ANALIZADOR EN LINEA	3	0.05
	COMPUERTA DE REGULACION	2	0.03
	BOMBA 1 DEL SISTEMA DE LUBRICACION	2	0.03
	BOMBA 2 DEL SISTEMA DE LUBRICACION	2	0.03
	COMPUERTA DE RECIRCULACION	2	0.03
TRANSPORTE DE CRUDO			
	CANALETA A LA DESCARGA CICLONES 1 Y 2	5	0.08
	CANALETA A LA DESCARGA CICLONES 3 Y 4	5	0.08
	CANALETA DE RECEPCION 3454 Y 3455	5	0.08
	FILTRO DE MANGAS 120 M3/MIN	3	0.05
	CANALETA DE RECEPCION 3456 - 400 TON/H	5	0.08
	COMPUERTA DE DOS VIAS	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS 100 M3/MIN	3	0.05
RECIRCULACIÓN DE GASES			
	COMPUERTA DE INGRESO DE AIRE FRESCO	2	0.03
	COMPUERTA DE REGULACION INGRESO DE GASES	2	0.03
	COMPUERTA DE INGRESO DE GASES AL MOLINO	2	0.03
	COMPUERTA DE REGULACION SALIDA DE GASES	2	0.03
	COMPUERTA DE SALIDA DE GASES DEL MOLINO	2	0.03
FILTRO PRINCIPAL			
	FILTRO PRINCIPAL	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05

FILTRO PRINCIPAL			
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	RUEDA CELULAR	3	0.05
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 10 TON/H	2	0.03
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 10 TON/H	2	0.03
	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 17 TON/H	2	0.03
	COMPUERTA DOBLE VIA	2	0.03
	COMPUERTA TIPO CUCHILLA	2	0.03
	BLOWER	3	0.05
	BLOWER	3	0.05
	CANALETA 24 TON/H	5	0.08
	CANALETA 24 TON/H	5	0.08
	COMPUERTA DE REGULACION	2	0.03
	COMPUERTA VENTILADOR PRINCIPAL	2	0.03
	BOMBA DE LUBRICACIÓN N° 1	2	0.03
	BOMBA DE LUBRICACIÓN N° 2	2	0.03
ALIMENTACIÓN CALIZA MOLINO UBE			
	FAJA TRANSPORTADORA DESCARGA PHB 900 T/H /TAMBOR DE COLA	12	0.20
	ALIMENTADOR VIBRATORIO AUXILIAR 800 T/H	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA DESCARGA PHB 900 T/H /TAMBOR MOTRIZ Y ACCIONAMIENTO	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA 800 T/H /TAMBOR DE COLA	12	0.20
	FILTRO COMPACTO MANGAS 60M3	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA 800 T/H /TAMBOR MOTRIZ Y ACCIONAMIENTO	12	0.20
	FILTRO COMPACTO MANGAS 60M3	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA A SILO CALIZA /TAMBOR DE COLA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA A SILO CALIZA /TAMBOR MOTRIZ Y ACCIONAMIENTO	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA BIDIRECCIONAL	12	0.20
	FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN /VALVULAS	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN /VALVULAS	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN /VALVULAS	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 400M3/MIN /VALVULAS	3	0.05

ALMACENAMIENTO MATERIA PRIMA			
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA DE HIERRO	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA DE PIZARRA	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA DE ARCILLA	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA CORRECTORES	3	0.05
	COMPUERTA DE AGUJAS	2	0.03
	BALANZA DOSIFICADORA CALIZA	3	0.05
ALIMENTACIÓN A MOLINO UBE			
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO/TAMBOR DE COLA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO/TAMBOR MOTRIZ Y ACCIONAMIENTO	12	0.20
	FILTRO DE MANGAS 246M3/MIN /VALVULAS	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO / TAMBOR MOTRIZ Y ACCIONAMIENTO	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO / TAMBOR DE COLA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE MEZCLADO / CONTRAPESO	12	0.20
	COMPUERTA DOS VIAS	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS 200 M3/MIN /VALVULAS	3	0.05
	FAJA TRANSPORTADORA /TAMBOR DE COLA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA /TAMBOR MOTRIZ Y ACCIONAMIENTO	12	0.20
	COMPUERTA DOBLE SELLO	2	0.03
	FAJA TRANSPORTADORA DE RECHAZO 220 TON/H / TAMBOR MOTRIZ	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA DE RECHAZO 220 TON/H / TAMBOR DE COLA	12	0.20
	UNIDAD HIDRAULICA/TENSION DE RODILLOS	7	0.12
	FAJA TRANSPORTADORA 900 T/H / CHUMACERA CONTRAPESO	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA 900 T/H / TAMBOR DE COLA	12	0.20
	FAJA TRANSPORTADORA 900 T/H / TAMBOR MOTRIZ	12	0.20
	FILTRO COMPACTO	3	0.05
	FAJA DE ALIMENTACIÓN DE CALIZA /TAMBOR MOTRIZ	12	0.20
			13.48

RUTA - GRUPO "3500 - 3600 - HOMOSILO"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	BOMBA DE HARINA 65 TON/H	2	0.03
	BLOWER	3	0.05
	VENTILADOR ID FAN	3	0.05
	COMPUERTA REGULADORA DE PURGA DE AIRE	2	0.03
	VENTILADOR DEL FILTRO PRINCIPAL	3	0.05
EXTRACCIÓN DE HARINA DEL HOMOSILO			
	SOPLADOR	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 131 M3/MIN	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 131 M3/MIN	3	0.05
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO A	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO B	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO C	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO D	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO E	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO F	2	0.03
	COMPUERTA MANUAL DE DESCARGA DE SILO G	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO A	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO B	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO C	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO D	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO E	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO F	2	0.03
	COMPUERTA NEUMATICA DE DESCARGA SILO G	2	0.03
	CANALETA DE DESCARGA SILO A	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO B	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO C	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO D	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO E	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO F	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO G	5	0.08
	SOPLADOR DE CANALETAS DE DESCARGA 3514	3	0.05
	ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO	2	0.03
	SOPLADOR	3	0.05
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	SOPLADOR	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	ELEVADOR DE CANGILONES	10	0.17
	ANALIZADOR DE GASES	3	0.05
	CANALETA DE DESCARGA SILO F	5	0.08
	CANALETA DE DESCARGA SILO G	5	0.08

ALIMENTACIÓN HOMOSILO			
	CANALETA DE RETORNO ELEVADORES 3550/3560	5	0.08
	ELEVADOR DE CANGILONES ALIMENTACION SILO	10	0.17
	CANALETA A LA DESCARGA ELEVADOR 3570	5	0.08
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
ALIMENTACIÓN AL HORNO			
	CANALETA 1 DESCARGA TOLVA 3517	5	0.08
	CANALETA 2 DESCARGA TOLVA 3517	5	0.08
	ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO	2	0.03
	CANALETA 353 T/H	5	0.08
	SOPLADOR DE CANALETA 3454 - 20 M3/MIN	3	0.05
	VENTILADOR 11.2 KW	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA 0.75 KW	3	0.05
	FILTRO DE MANGAS DE 104 M3/MIN	3	0.05
	VENTILADOR 11.2 KW	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA 0.75 KW	3	0.05
	ELEVADOR DE CANGILONES ALIMENTACION SILO	10	0.17
	CANALETA A DESCARGA ELEVADOR 3530	5	0.08
	SOPLADOR DE CANALETA 3532 3.7KW	3	0.05
	BLOWER 75 KW DESCARGA TOLVA PFISTER	3	0.05
	SOPLANTE	3	0.05
	CANALETA 1 DESCARGA TOLVA 3533	5	0.08
	CANALETA 2 DESCARGA TOLVA 3533	5	0.08
	VENTILADOR DE FILTRO	3	0.05
	ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO	2	0.03
	CANALETA A LA DESCARGA DE DOSIFICADORES	5	0.08
	SOPLADOR DE CANALETA 3540 3.7 KW	3	0.05
	CANALETA 353 T/H	5	0.08
	SOPLADOR DE CANALETA 3542 3.7 KW	3	0.05
	COMPUERTA DE DOS VIAS HACIA ELEVADORES	2	0.03
	FILTRO DE MANGAS DE 227 M3/MIN	3	0.05
	VENTILADOR 30 KW	3	0.05
	VALVULA ROTATIVA 0.75 KW	3	0.05
	ELEVADOR STAND BY ALIMENTACION PREHEATER	10	0.17
	SOPLADOR DE CANALETA 3551 3.7 KW	3	0.05
	BLOWER 75 KW	3	0.05
	CANALETA A DESCARGA ELEVADORES 3550/3560	5	0.08
	COMPUERTA DE DOS VIAS RECIRCULACION 3550	2	0.03
	VENTILADOR DE CANALETA	3	0.05
	CANALETA DE DESCARGA A INTERCAMBIADOR	5	0.08
	SOPLADOR DE CANALETA 3553 3.7 KW	3	0.05
	COMPUERTA DE DOS VIAS RECIRCULACION 3560	2	0.03
	VALVULA ROTATIVA DOSIFICACION A PREHEATE	3	0.05
	ELEVADOR PRINCIPAL ALIMENTACION PREHEATE	10	0.17
	FILTRO DE MANGAS DE ELEVADORES	3	0.05

HORNO			0.00
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE INGRESO DE GASES 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE INGRESO DE GASES 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE INGRESO DE GASES 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE SALIDA HARINA 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE DESCARGA CICLON 5 A HORNO	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LD 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LD 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LD 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LI 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LI 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LI 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LI 4	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL SUPERIOR 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL SUPERIOR 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL SUPERIOR 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL SUPERIOR 4	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL SUPERIOR 5	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL SUPERIOR 6	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL INFERIOR 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL INFERIOR 2	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL INFERIOR 3	2	0.03
	CAÑON DE AIRE FRONTAL INFERIOR 4	2	0.03
	COMPUERTA DE AIRE TERCIARIO	2	0.03
	VENTILADOR DE SELLO DE AIRE TERCIARIO	3	0.05
	ANALIZADOR DE GASES SALIDA PRECALENTADOR	3	0.05
	ANALIZADOR DE GASES DEL CALCINADOR	3	0.05
	ELEVADOR DE PASAJEROS	10	0.17
	CAÑON DE AIRE LD 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LI 1	2	0.03
	CAÑON DE AIRE LI 2	2	0.03
	VENTILADOR DE AIRE DE COMBUSTION	3	0.05
	COMPUERTA DIVISORA ALIMENTACION CARBON	2	0.03
			6.90

RUTA - GRUPO "HORNO - 3700 - SERV AUXILIA"			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Cantidad	Tiempo
	HORNO	15	0.3
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO A	2	0.0
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO B	2	0.0
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO C	2	0.0
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO D	2	0.0
	CENTRAL HIDRAULICA	7	0.1
	BOMBA DE EMPUJE HIDRAÚLICO	2	0.0
	RODILLO DE EMPUJE	3	0.1
	BOMBA DE GRASA #1	2	0.0
	BOMBA DE GRASA #2	2	0.0
	VENTILADOR - A (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - B (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - C (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - D (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - E (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - F (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - G (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - H (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - I (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - J (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - K (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - L (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - M (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR - N (18.65KW)	3	0.1
	VENTILADOR AIRE DE SELLO ENTRADA	3	0.1
	VENTILADOR AIRE DE SELLO SALIDA	3	0.1
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO A	2	0.0
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO B	2	0.0
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO C	2	0.0
	BOMBA RECIRCULACION RODILLO D	2	0.0
	VENTILADOR DE AIRE PRIMARIO	3	0.1
	VENTILADOR DE AIRE DE EMERGENCIA	3	0.1
	QUEMADOR DUOFLEX	5	0.1
ENFRIADOR			
	CENTRAL HIDRAULICA DEL ENFRIADOR	7	0.1
	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - 1	2	0.0
	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - 2	2	0.0
	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - 3	2	0.0
	BOMBA HIDRAULICA 93GPM@260BAR - SB	2	0.0
	BOMBA DE LLENADO 10.3GPM@10BAR	2	0.0
	BOMBA DE RECIRCULACION 15KW	2	0.0
	BOMBA DE RECIRCULACION 15KW	2	0.0

ENFRIADOR			
	VENTILADOR	3	0.1
	VENTILADOR	3	0.1
	CHANCADORA DE CLINKER	5	0.1
	VENTILADOR DE SELLO LD	3	0.1
	VENTILADOR DE SELLO LI	3	0.1
	BOMBA DE GRASA PARA LUBRICACION Y SELLOS	2	0.0
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 11	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 21	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 22	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 31	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 32	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 41	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 42	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 51	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 52	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 61	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 62	3	0.1
	VENTILADOR COMPARTIMENTO 7	3	0.1
	VENTILADOR PECHO DE PALOMA - DG	3	0.1
	CAÑONES DE AIRE ENFRIADOR	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SDB1 (Y01) 54	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SDB2 (Y02) 55	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SB1 (Y03) 58	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SB2 (Y04) 59	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SB3 (Y05) 60	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SB4 (Y06) 61	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SB5 (Y07) 62	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SBH1 (Y08) 63	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SBH2 (Y09) 56	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SBH3 (Y10) 64	2	0.0
	CAÑÓN DE AIRE SBH4 (Y11) 57	2	0.0
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	VENTILADOR AXIAL	3	0.1
	TRANSPORTADOR HELICIODAL SALIDA INTER.	2	0.0
	TRANSPORTADOR HELICIODAL DESCARGA 3742	2	0.0

SERVICIOS ABASTECIMIENTO DE AGUA			
	VENTILADOR 1 DE CISTERNA 1	3	0.1
	VENTILADOR 2 DE CISTERNA 1	3	0.1
	VENTILADOR 1 DE CISTERNA 2	3	0.1
	VENTILADOR 2 DE CISTERNA 2	3	0.1
	BOMBA DE RECIRCULACION #1 - 133M3/H	2	0.0
	BOMBA DE ALIMENTACION A ABLANDADOR	2	0.0
	BOMBA STANDBY DE ALIMENTACION A ABLANDAD	2	0.0
	BOMBAS DE DOSIFICACIÓN	2	0.0
	BOMBA DE DOSIFICACION DE BIOCIDA NALCO 7	2	0.0
	BOMBA DE DOSIFICADOR DE ANTICRUSTANTE #1	2	0.0
	BOMBA DE DOSIFICADOR DE ANTICRUSTANTE #2	2	0.0
	BOMBA DE AGUA 9.1 BAR	2	0.0
SERVICIOS AIRE COMPRIMIDO			
	COMPRESOR DE TORNILLO #1	3	0.1
	COMPRESOR DE TORNILLO #2	3	0.1
	COMPRESOR DE TORNILLO #3	3	0.1
	COMPRESOR DE TORNILLO #4	3	0.1
	COMPRESOR DE TORNILLO #5	3	0.1
	FILTRO AL INGRESO SECADOR	3	0.1
	FILTRO A LA DESCARGA SECADOR	3	0.1
	FILTRO AL INGRESO SECADOR	3	0.1
	FILTRO A LA DESCARGA SECADOR	3	0.1
	TANQUE DE COMBUSTIBLE		0.0
	BOMBA DE ALIMENTACION #1	2	0.0
	BOMBA DE ALIMENTACION #2	2	0.0
	BOMBA DE ALIMENTACION #1	2	0.0
	BOMBA DE ALIMENTACION #2	2	0.0
	BOMBA DE ALIMENTACION #3	2	0.0
	BOMBA	2	0.0
	FILTRO DE MANGAS DE 175 M3/MIN	3	0.1
	VENTILADOR 30KW	3	0.1
	TRANSPORTADOR DE PLACAS 265 T/H	10	0.2
	FILTRO DE MANGAS DE 175 M3/MIN	3	0.1
	VENTILADOR	3	0.1
	FILTRO DE MANGAS	3	0.1
	VENTILADOR	3	0.1
	TRANSPORTADOR DE FAJA 265 T/H	12	0.2
	FILTRO COMPACTO FAJA 3759	3	0.1
	FILTRO COMPACTO FAJA 3759	3	0.1
	VENTILADOR DE VENDEO	3	0.1
			6.7

DISTRIBUCION DE RUTAS POR PERSONA/DIA

PROGRAMA DE INSPECCIONES VISUALES		RUTAS														
	H/H	HOMBRES	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
3500 - 3600 - HOM "1"	6.9	1														
HORNO - 3700 - SERV AUX "2"	6.7	1														
RECL-3400-CICL-FILT"3"	13.48	2														
PENG FEI 4 - 5 "4"	6.56	1														
TERMOGRAFIA Horno Inter	4	1														
TERMOGRAFIA Enfriador Transp. Clinker	4	1														
TERMOGRAFIA Carbón	4	1														
TERMOGRAFIA Materias Primas	4	1														
TERMOGRAFIA UBE	4	1														
TERMOGRAFIA Loesche	4	1														
TERMOGRAFIA Peng fei	4	1														
TERMOGRAFIA Ensacadora	4	1														
TERMOGRAFIA Cemento II	4	1														
LOESCHE "5"	11.45	2														
ENSACADORA "6"	22.38	3														
ALIM-DESC-PEN-SILO "7"	11.7	2														
CEMENTO II "8"	6.13	1														
1500 - 3100 "9"	6.3	1														
02 MECANICOS - ELECTRICOS - TERMOGRAFIA																
01 MECANICO - ELECTRICO - VIBRACIONES																

BIBLIOGRAFIA



- Jorge Pistarelli A. (2010). Manual de mantenimiento ingeniería gestión y organización . Argentina: Mundial
- Silva Ardila P. (2009). Mantenimiento en la práctica . España: Calameo.
- Torres L. (2009). Implementación del mantenimiento y la introducción de mejoras en la producción. Argentina: iTorres Consulting.
- Tavares L.. (1990). Administración moderna del mantenimiento. Brasil: Novo Polo Publicacoes
- García, S.. (2010). Plan de mantenimiento Programado. Chile: Renovetec.
- Marquez, C., León de M, & Erguedas S.. (2004). Ingeniería de Mantenimiento. Técnicas y Métodos de aplicación en la fase Operativa de los equipos. Madrid : Aenor
- Pirose K.. (1997). Análisis PM. Madrid: AENOR.
- Lindley R., Keith R.. (1995). Maintenance Engineering. USA: Mc Graw-Hill
- Gómez de León C.. (1998). Tecnología del Mantenimiento. Murcia: Industrial.Félix
- H. P. Bloch. (1985). Machinery Component Maintenance and Repair. Houston, USA: Publishing Co.Houston .
- J.González . (2003). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzadol. Madrid: Editorial Madrid
- Tejedor E. . (1997). Gestión integral del Mantenimiento. Madrid: Marcombo
- Echevarria R.. (2001). E.D.D Generalidades . Argentina: COMAHUE..