



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSOA  
PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL, CEMENTOS PROGRESO S. A.**

**Elmer Aroldo Flores Cabrera**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSO A  
PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL, CEMENTOS PROGRESO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ELMER AROLD FLORES CABRERA**  
ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

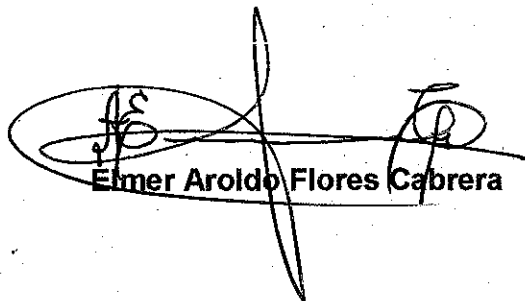
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSOA  
PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL, CEMENTOS PROGRESO S. A.**

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha noviembre de 2009.



Elmer Aroldo Flores Cabrera



Guatemala, 6 de mayo de 2016  
Ref.EPS.DOC.308.04.16.

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Rodriguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Elmer Aroldo Flores Cabrera** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200011457, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSOA PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL CEMENTOS PROGRESO S.A.**

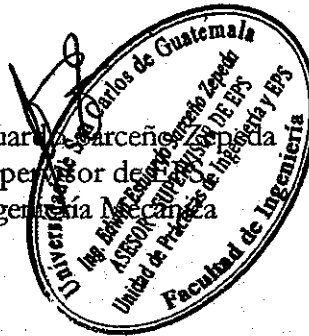
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zúñiga  
Asesor-Supervisor de Ejercicio Profesional Supervisado  
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo  
EESZ/ra



Guatemala, 6 de mayo de 2016  
REF.EPS.D.203.05.16

Ing. Roberto Guzmán  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

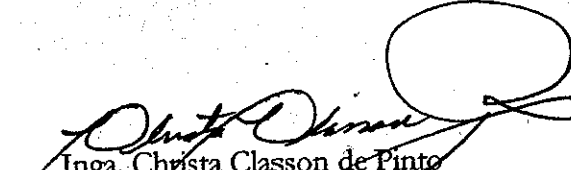
Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSOA PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL CEMENTOS PROGRESO S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Elmer Aroldo Flores Cabrera** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS

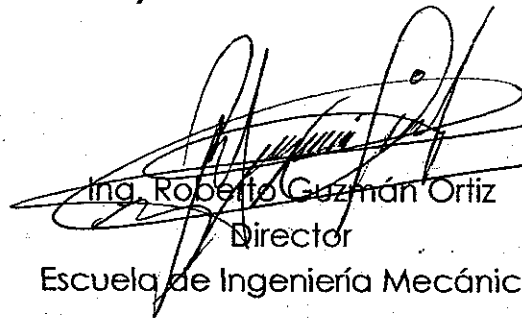


CCdP/ra

Ref.E.I.M.065.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSOA PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL, CEMENTOS PROGRESO S.A.** del estudiante **Elmer Aroldo Flores Cabrera**, CUI No. 1974-07811-0506, Reg. Académico No. 200011457 y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2017

/aej

de San Carlos  
Guatemala



de Ingeniería  
canato

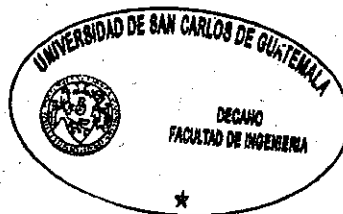
Ref. DTG.127.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMR) Y VOSCA PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA TRES DE CAL CEMENTOS PROGRESO S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Elmer Aroldo Flores Cabrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, marzo de 2017



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la sabiduría y entendimiento necesario para culminar mi carrera; por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia y sobre todo felicidad.
- Mis padres** Elmer Augusto Flores (q. e. p. d.) y Dorca Cabrera Martínez, Por ser la fuente de mi inspiración y motivación; a quienes agradezco con todo mi corazón por sus esfuerzos, paciencia y apoyo incondicional, que Dios los bendiga.
- Mi esposa** Marlyn Mariel Enríquez Méndez, Por todo el apoyo brindado, por aguantarme y por siempre buscar la manera de tenerme de buenas, por soportar mis ratos de histeria. Por ser una excelente amiga.
- Mis hijas** Marlyn Ximena y Mariel Sophia Flores Enríquez, las amo y las amaré siempre. Hoy estoy compartiendo mis logros con ustedes, pero anhelo el día cuando ustedes compartan sus logros conmigo; doy gracias a Dios por darme el privilegio de ser su padre; gracias por su apoyo, confianza y amor.

**Mis hermanos**

Por ser ejemplo de lucha; este triunfo lo comparto con ustedes. Mildred, Lorena, Erick, Victoria y Gabriela Flores Cabrera y Bryan Hernández Cabrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la casa que me brindó los conocimientos para alcanzar el triunfo.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme ser parte de ella y asimismo ser el camino para llegar al éxito.
<b>Empresa Cementos Progreso S. A.</b>	Gracias por la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación en su organización.
<b>Mis catedráticos</b>	Ing. Edwin Sarceño, Ing. Oscar Calderón (q. e. p. d.) Ing. Enrique López, Ing. Víctor Blanco, Ing. Emilio Porras e Ing. Renato Buezo, gracias por compartir sus conocimientos y apoyarme para llevar a cabo este trabajo de graduación.
<b>Todas las personas que tuvieron participación en este trabajo de graduación</b>	Gracias por sus consejos, conocimiento y apoyo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. GENERALIDADES DE CEMENTOS PROGRESO, S. A. ....	1
1.1. Visión .....	2
1.2. Misión .....	2
1.3. Estructura organizacional .....	2
1.4. Estructura del Departamento de Mantenimiento Mecánico .....	4
1.5. Proceso de producción de cal .....	7
1.5.1. Obtención de la piedra caliza.....	7
1.5.2. Preparación de la piedra.....	8
1.5.3. Calcinación .....	8
1.5.4. Hidratación.....	9
1.5.5. Separación.....	10
1.5.6. Envasado/empaque/despacho.....	10
1.6. Tipo de cal producida en la plana .....	11
1.7. Descripción del Departamento de Mantenimiento .....	15
1.7.1. Objetivos del Departamento de Mantenimiento .....	15
1.7.2. Mantenimiento preventivo .....	16
1.8. Características de un plan de mantenimiento preventivo .....	16
1.8.1. PMR´s.....	16

1.8.2.	Lubricación .....	16
1.8.3.	Recambio periódico de partes .....	17
1.8.4.	Órdenes de trabajo (OT´s).....	17
1.8.5.	PM01: orden de mantenimiento correctivo .....	17
1.8.6.	PM02: orden de mantenimiento preventivo .....	17
1.8.7.	PM04: orden de reconstrucción.....	18
1.8.8.	PM06: orden de inversión o proyectos nuevos .....	18
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS.....	19
2.1.	Seguridad industrial.....	19
2.2.	Política de salud y seguridad.....	19
2.3.	Normas OHSAS: 18001 .....	20
2.4.	Reglas cardinales de OH&S.....	21
2.5.	Evaluación de riesgos .....	22
2.6.	Tipos de riesgos .....	23
2.6.1.	Físicos .....	23
2.6.2.	Químicos .....	23
2.6.3.	Ergonómicos.....	23
2.6.4.	Biológicos .....	23
2.6.5.	Psicosociales.....	24
2.7.	Fase de la evaluación de riesgos .....	24
2.7.1.	Análisis de riesgos.....	25
2.7.2.	Valoración del riesgo .....	26
2.7.3.	Control del riesgo .....	27
2.8.	Evaluación de condiciones de trabajo .....	28
2.9.	Señalización industrial.....	28
2.10.	Inspecciones de seguridad.....	30
2.10.1.	Lista de identificación de peligros .....	31
2.10.2.	Rombo NFPA .....	33

2.11.	Equipo de protección personal .....	34
2.11.1.	Protección de cabeza .....	35
2.11.2.	Protección auditiva.....	35
2.11.3.	Protección respiratoria .....	35
2.11.4.	Protección visual.....	36
2.11.5.	Protección de manos .....	36
2.11.6.	Protección de cuerpo .....	36
2.11.7.	Protección normal.....	36
2.11.8.	Emergencia.....	37
2.11.9.	Protección de pies .....	37
2.12.	Medidas de seguridad tomadas por el personal .....	37
2.12.1.	Acciones a tomar antes de cada trabajo.....	37
2.12.2.	Acciones a tomar en cuenta durante cada trabajo.....	38
2.12.3.	Acciones a tomar cuando la tarea ha finalizado.....	38
2.13.	Técnicas de seguridad aplicadas a los equipos principales. ....	38
2.13.1.	Aislamiento y bloqueo de equipos .....	38
2.14.	Medidas de prevención a adoptar frente a los peligros .....	40
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL .....	41
3.1.	Partes de una orden de mantenimiento preventivo .....	41
3.1.1.	Encabezado de formato de una PMR .....	41
3.1.2.	Datos de seguridad de una PMR .....	42
3.1.3.	Medidas de seguridad.....	42
3.1.4.	Herramienta específica a utilizar en la realización de la PMR .....	43
3.1.5.	Actividades a realizar en una PMR.....	43
3.1.6.	Detalles finales de una PMR.....	43
3.2.	Sistema de codificación de equipos.....	44
3.2.1.	Clasificación y registro de activos .....	45

3.2.2.	Ubicación técnica .....	46
3.2.3.	Funciones de las ubicaciones técnicas .....	46
3.2.4.	Indicador de estructura .....	46
3.3.	Equipos a los cuales se les realiza MP .....	48
3.3.1.	Gestión de equipos.....	48
3.3.2.	Equipos críticos .....	48
3.3.3.	Conjuntos .....	49
3.4.	Conceptos de mantenimiento.....	49
3.4.1.	Ventajas del sistema de gestión de mantenimiento....	50
3.4.2.	Tipos de avisos de mantenimiento .....	50
3.5.	Definición general de orden de trabajo.....	51
3.5.1.	Orden de trabajo.....	51
3.5.2.	Orden correctiva de trabajo (clase de orden PM01) .....	52
3.5.3.	Orden preventiva de trabajo (clase de orden PM02 .....	53
3.5.4.	Proceso funcional de orden de trabajo .....	53
3.5.5.	Flujo de la orden de trabajo .....	54
3.5.6.	Ejecución de orden y entrega de equipo .....	55
3.5.7.	Documentación y cierre de orden de trabajo .....	56
3.5.8.	Análisis de fallas e indicadores.....	57
3.6.	Mantenimiento preventivo .....	58
3.6.1.	Planes basados en tiempo .....	58
3.6.2.	Operaciones OT internas o externas.....	58
3.6.3.	Tipos de planes de mantenimiento preventivo .....	59
3.6.4.	Frecuencias de mantenimiento.....	59
3.6.5.	Frecuencias de planes de mantenimiento .....	59
3.6.6.	Métodos para definir las frecuencias en planes de mantenimiento .....	60



3.7.	Análisis de retorno de inversión por mantenimiento preventivo.....	61
3.7.1.	Indicadores de efectividad .....	61
3.7.2.	Disponibilidad.....	62
3.7.3.	Indicador MTBF .....	63
3.7.4.	Indicador MTBCF.....	63
3.8.	Clasificación de equipos según su criticidad .....	64
3.8.1.	Criticidad A .....	65
3.8.2.	Criticidad B.....	65
3.8.3.	Criticidad C .....	65
3.8.4.	Criticidad Q .....	65
3.9.	El mantenimiento como fuente de rentabilidad .....	66
3.10.	Evolución del concepto de mantenimiento .....	67
3.10.1.	Mantenimiento preventivo .....	68
3.10.2.	Mantenimiento predictivo .....	68
3.10.3.	Mantenimiento detectivo .....	68
3.10.4.	Mantenimiento correctivo .....	68
3.11.	Riesgo de falla .....	68
3.11.1.	La gestión de riesgo.....	70
3.11.2.	Patrones de falla .....	70
3.11.3.	Inspección basada en riesgo .....	71
3.12.	Análisis costo versus disponibilidad por año, línea 3 de cal .....	71
3.12.1.	Evaluación financiera.....	72
3.12.2.	Análisis de resultados .....	74
3.13.	Identificación de equipos a los que se realizará mantenimiento preventivo.....	74
3.14.	Rutas VOSO a equipos de línea 3, calera planta San Miguel ...	79
3.14.1.	Buenas prácticas en la realización de los VOSO A .....	79

3.14.2.	Análisis económico sobre buenas prácticas de VOSOA.....	80
3.14.3.	Antecedentes de los equipos de calera, línea 3 .....	80
3.14.4.	Situación actual de los equipos .....	81
3.15.	Conceptos de inspección de VOSO .....	81
3.15.1.	Ver .....	81
3.15.2.	Oír .....	81
3.15.3.	Sentir .....	82
3.15.4.	Oler.....	82
3.15.5.	Importancia de la técnica VOSO .....	82
3.15.6.	Definición de VOSO .....	82
3.15.7.	Objetivo de VOSO .....	83
3.15.8.	Requisitos para realizar un VOSO.....	83
3.15.9.	Premisas para realizar un VOSO .....	84
3.15.10.	Procedimiento para realizar un VOSO .....	85
3.15.11.	Política para realizar un VOSO.....	86
3.16.	Cultura de personal de la planta San Miguel.....	87
3.17.	Equipos a los cuales se les realizará los VOSO.....	88
3.17.1.	Horno vertical de cal.....	88
3.17.2.	Molino de bolas de cal.....	88
3.17.3.	Hidratadora de cal .....	88
3.18.	Distribución por áreas y rutas de los VOSO .....	92
4.	FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO ...	97
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	97
4.2.	Metodología de capacitación.....	97
4.2.1.	Desarrollo de la actividad 1. ¿Qué es una PMR?.....	99
4.2.2.	Desarrollo de la actividad 2. ¿Qué es un aviso? .....	99

4.2.3.	Desarrollo de la actividad 3. ¿Cómo generar un aviso en SAP.....	100
4.2.4.	Desarrollo de la actividad 4.¿Cómo generar una PMR en SAP.....	100
4.2.5.	Desarrollo de la actividad 5.¿Cómo generar planes de mantenimiento en SAP .....	101
4.3.	Encuesta evaluación de instructor .....	103
CONCLUSIONES .....		105
RECOMENDACIONES .....		107
BIBLIOGRAFÍA .....		109



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama a nivel gerencial Cementos Progreso S. A. ....	3
2.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico .....	6
3.	Paso 1: obtención piedra caliza.....	7
4.	Paso 2: preparación de la piedra.....	8
5.	Paso 3: calcinación de la piedra .....	9
6.	Paso 4: hidratación de la piedra .....	9
7.	Paso 5: hidratación de la piedra .....	10
8.	Paso 6: hidratación de la piedra .....	11
9.	Etapas del proceso de producción de cal.....	11
10.	Diagrama de flujo alimentación de materia prima a la calera línea 3 .....	12
11.	Diagrama de flujo del horno vertical de cal a la calera línea 3 .....	13
12.	Diagrama de flujo de la hidratadora de cal línea 3 .....	14
13.	Evaluación de peligros y riesgos. ....	25
14.	Estimación del riesgo .....	26
15.	Señalización industrial.....	30
16.	Diagrama de inspección de seguridad .....	31
17.	Rombo NFPA 704 .....	33
18.	Desglose de HAC.....	45
19.	Indicador de estructura para realizar HAC de equipos. ....	47
20.	Diagrama de flujo de calera.....	47
21.	Estructura para realizar HAC de equipos. ....	49
22.	Clase de avisos a realizar .....	51
23.	Administración de documentos de mantenimiento. ....	52

24.	Diagrama de flujo de avisos y OT .....	53
25.	Diagrama de flujo proceso administrativo OT .....	54
26.	Diagrama de flujo de proceso administrativo de mantenimiento.....	55
27.	Diagrama de flujo proceso administrativo fase final .....	56
28.	Diagrama de flujo de proceso administrativo .....	57
29.	Indicador disponibilidad neta.....	62
30.	Indicador MTBF .....	63
31.	Indicador MTBCF.....	64
32.	Clase de equipos críticos .....	66
33.	Costo versus disponibilidad .....	73
34.	Ejemplo 1 de PMR de un equipo de la línea 3 de cal. ....	77
35.	Ejemplo 2 de PMR de un equipo de la línea 3 de cal .....	78
36.	Ejemplo 3 de PMR de un equipo de la línea 3 de cal. ....	79
37.	Clave modelo de VOSO.....	91
38.	Formato de asistencia del personal .....	102
39.	Formato de evaluaciones.....	103

## TABLAS

I.	Criterios para que el daño se materialice.....	26
II.	Control de riesgos.....	27
III.	Factores determinantes de las condiciones de trabajo .....	28
IV.	Lista de identificación de peligros .....	32
V.	Tipos de trabajo para realizar una PMR interna o externa.....	59
VI.	Tipos de frecuencias para realizar mantenimiento preventivo .....	60
VII.	Identificación de equipos a los que se realizará mantenimiento en horno.....	75
VIII.	Identificación de equipos a los que se aplicará mantenimiento en hidratadora.....	76

IX.	Identificación de equipos a los que se realizará mantenimiento en molino.....	76
X.	Ejemplo de ruta VOSO .....	89
XI.	Ejemplo de ruta VOSO lleno .....	90
XII.	Ruta 1, VOSO horno de cal.....	92
XIII.	Ruta 2, VOSO horno de cal.....	92
XIV.	Ruta 3, VOSO horno de cal.....	93
XV.	Ruta 4, VOSO horno de cal.....	93
XVI.	Ruta 1, VOSO molino de cal .....	94
XVII.	Ruta 2, VOSO molino de cal .....	94
XVIII.	Ruta 1, VOSO hidratadora de cal.....	95
XIX.	Detección de necesidades de capacitación.....	98
XX.	Programación de la detección de necesidades de capacitación.....	98





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
Q	Moneda quetzal (guatemalteca)
%	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Aviso</b>	Describe una actividad de mantenimiento ya realizada. Es una documentación exclusivamente técnica. Puede ser originada por una inspección preventiva.
<b>Buje</b>	Cojinete de suspensión que acomoda el movimiento giratorio limitado y que está generalmente compuesto por dos tubos de acero coaxiales unidos por un manguito de goma.
<b>Desgaste</b>	Es la pérdida de masa de la superficie de un material sólido, por la interacción mecánica con otro cuerpo en contacto.
<b>Disponibilidad</b>	La disponibilidad de un equipo representa el tiempo disponible de un ítem al servicio de la unidad de producción, la cual se calcula en porcentaje en un tiempo determinado.
<b>Falla mecánica</b>	Se refiere a una deficiencia que sufre una máquina causada por desajustes de su mecanismo.
<b>HAC</b>	Sistema de codificación de equipos.
<b>ISO</b>	<i>International Standard Organization.</i>

<b>MAC</b>	Mantenimiento de cemento.
<b>Mecanismo</b>	Conjunto de piezas o elementos que unidos o acoplados entre sí y mediante un movimiento, hacen un trabajo o cumplen una función.
<b>MTBF</b>	<i>Mid time between fails</i> (tiempo medio entre fallas).
<b>MTTR</b>	<i>Mid time to repair</i> (tiempo medio para reparación).
<b>OT</b>	Orden de trabajo.
<b>PMR</b>	<i>(Route preventive maintenance)</i> . Ruta de mantenimiento preventivo.
<b>Reutilización</b>	Utilizar de nuevo bienes o productos.
<b>Riesgo</b>	Dado matemáticamente por el producto de la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus consecuencias.
<b>S. A.</b>	Sociedad Anónima.
<b>SAC</b>	Sistema de administración de calidad.
<b>SAP</b>	Sistema de aplicaciones y productos para procesamientos de información.
<b>TTR</b>	Tasa de rendimiento total.

<b>Ubicación técnica</b>	Especifica la estructura y ubicación de los objetos técnicos y se identifica según HAC; las ubicaciones pueden ser una planta o una sección.
<b>VOSO</b>	Ver, oír, sentir, oler.



## RESUMEN

El presente trabajo consiste en la realización de un plan de mantenimiento preventivo para ser utilizado en la línea 3 de elaboración de cal viva y cal hidratada. En la primera parte de este trabajo se realiza una reseña histórica acerca de la empresa donde se realiza el plan de mantenimiento, la misión y visión de la empresa, metas y objetivos de la misma; también se analizan las ventajas de tener un plan de mantenimiento bien elaborado y estructurado para minimizar los costos de mantenimiento, al no detener los equipos por fallas que se pueden prevenir de forma preventiva. Se analizaron las mejores opciones para las rutas de mantenimiento (VOSO).

Se describen todos los equipos, conjuntos y subconjuntos que constituyen la línea 3 de producción de cal, desde la alimentación, hasta la descarga del material en los diferentes silos y bodegas de distribución.

En el segundo capítulo de este trabajo se describe la forma correcta de la realización de una PMR, ya sea mecánica, lubricación, instrumentista y eléctrica, con los diferentes pasos que conlleva, como cantidad de personas a realizar la PMR, tiempo estimado del trabajo, método para realizar el bloqueo en el MCC del equipo, herramienta necesaria para realizar el trabajo, y lo más importante los pasos necesarios que se deben realizar para ejecutar la PMR de forma correcta y ordenada, minimizando riesgos en la ejecución de la misma.

Al finalizar el análisis de este documento se podrá establecer la forma correcta de realizar una PMR que corresponde a una inspección preventiva, con periodos de tiempo establecidos previamente, según manual y experiencia.





# OBJETIVOS

## General

Realizar las rutas de mantenimiento preventivo en la línea tres de cal, para optimizar el tiempo que los equipos permanecen funcionando en óptimas condiciones y elaborar las rutas VOSO para los equipos de la línea tres de cal, para dar seguimiento constante a los equipos del área y así aumentar la MTBF.

## Específicos

1. Establecer de forma detallada y concreta en cada uno de los equipos de la línea tres de cal, los diversos mantenimientos que se les debe realizar durante todo un año.
2. Realizar un estudio de los equipos que se encuentran en la línea tres de cal y establecer sus ubicaciones.
3. Elaborar un diagrama donde se encuentre el flujo de equipos a los cuales se debe realizar VOSO.
4. Proponer mejoras en cuanto a eficiencia en la realización de los mantenimientos preventivos y las rutas VOSO.
5. Capacitar al equipo de ingeniería y mantenimiento para la comprensión y uso del sistema de análisis, para el desempeño de la maquinaria y la recopilación de la información que permita su correcta utilidad.



## INTRODUCCIÓN

Como ya se sabe, la producción en una empresa depende grandemente de la eficiencia y efectividad de los equipos conjuntos y repuestos en la línea de producción; si un equipo crítico se detiene también detendrá el proceso en esa línea; derivado de esto son de gran importancia los planes de mantenimiento preventivo como los VOSO; esto disminuye los paros y evita los altos costos de producción que tendría la empresa al detener sus equipos. Aumenta la eficiencia al producir, cualquier esfuerzo orientado a mejorar la eficiencia merece la pena realizarlo.

Tomando en cuenta además los costos de producción y las materias primas, las industrias cementeras están ante un desafío que requiere orientar esfuerzos a todo lo que signifique disminuir costos de producción. Siendo competencia de un Ingeniero mecánico mejorar la eficiencia de la maquinaria que interviene en el proceso.

La planta San Miguel, perteneciente a Cementos Progreso S.A. cuenta actualmente con un nuevo equipo de producción de cal (nueva línea 3 de cal) para producción de cal hidratada y viva. Por consiguiente cuenta con equipos nuevos en las áreas de mecánica, electricidad, lubricación e instrumentación, los cuales requieren de rutas de mantenimiento constante.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado se realizarán rutas de mantenimiento preventivo (PMR) y rutas VOSO (ver, oír, sentir, oler y actuar), con el fin de determinar posibles daños en los equipos antes de que sucedan; además de ello se elaborará un diagrama de flujo por el cual los mecánicos se

puedan guiar para realizar sus rutas de mantenimiento, Las bases para establecer las rutas de mantenimiento se detallarán en el transcurso del informe, Se recogerá información de campo y del Manual de operaciones de la maquinaria, y se buscará asesoría e información técnica de proveedores que prestan servicios a la empresa.

Existe variedad de piezas que pertenecen a las máquinas para repuestos; sin embargo se buscaron las más costosas y que tienen más influencia en el presupuesto.

Finalmente, se describe la herramienta que se utilizó para realizar este proyecto que sigue la línea de mejora continua.

## **1. GENERALIDADES DE CEMENTOS PROGRESO, S. A.**

La fabricación de cemento en Guatemala se empezó con la idea de crear una de las primeras fábricas cementeras en Latinoamérica; fue así como un 18 de octubre de 1899 se fundó la fábrica de cemento en el país, pese a que en ese tiempo el cemento no era la materia prima que se utilizaba para la construcción.

En 1901 se inició la comercialización del cemento producido en la primera fábrica.

A raíz del terremoto de 1917 se inició la verdadera demanda del producto, ya que todas aquellas construcciones hechas con cemento soportaron las inclemencias de tal fenómeno natural.

La creciente demanda en el mercado creó la necesidad de incrementar la producción. En 1965 se adquirió la segunda finca, situada río abajo Sanarate, El Progreso.

En 1971 se inició la construcción de la primera línea en la nueva planta. Siete años después, en 1978, se construyó la segunda línea y se legalizó el nombre que actualmente se utiliza para su comercialización. En 1996 principió la construcción de la tercera línea que arrancó en 1998.

La fábrica actualmente se encuentra situada a 46,5 kilómetros de la ciudad capital, carretera al Atlántico, Sanarate, El Progreso.

## **1.1. Visión**

Visión: “compartimos sueños, construimos realidades”<sup>1</sup>.

## **1.2. Misión**

Misión: “Producir y comercializar cemento y otros materiales para la construcción acompañados de servicios de alta calidad”<sup>2</sup>.

Abastecer con eficiencia el mercado y cultivar con los clientes una relación duradera para ser la mejor opción. Dar al personal la oportunidad de desarrollarse integralmente y reconocer su desempeño. Impulsar con los proveedores una relación de confianza, cooperación y beneficio mutuo. Contribuir al desarrollo de la comunidad además de proteger y mejorar el medio ambiente.

## **1.3. Estructura organizacional**

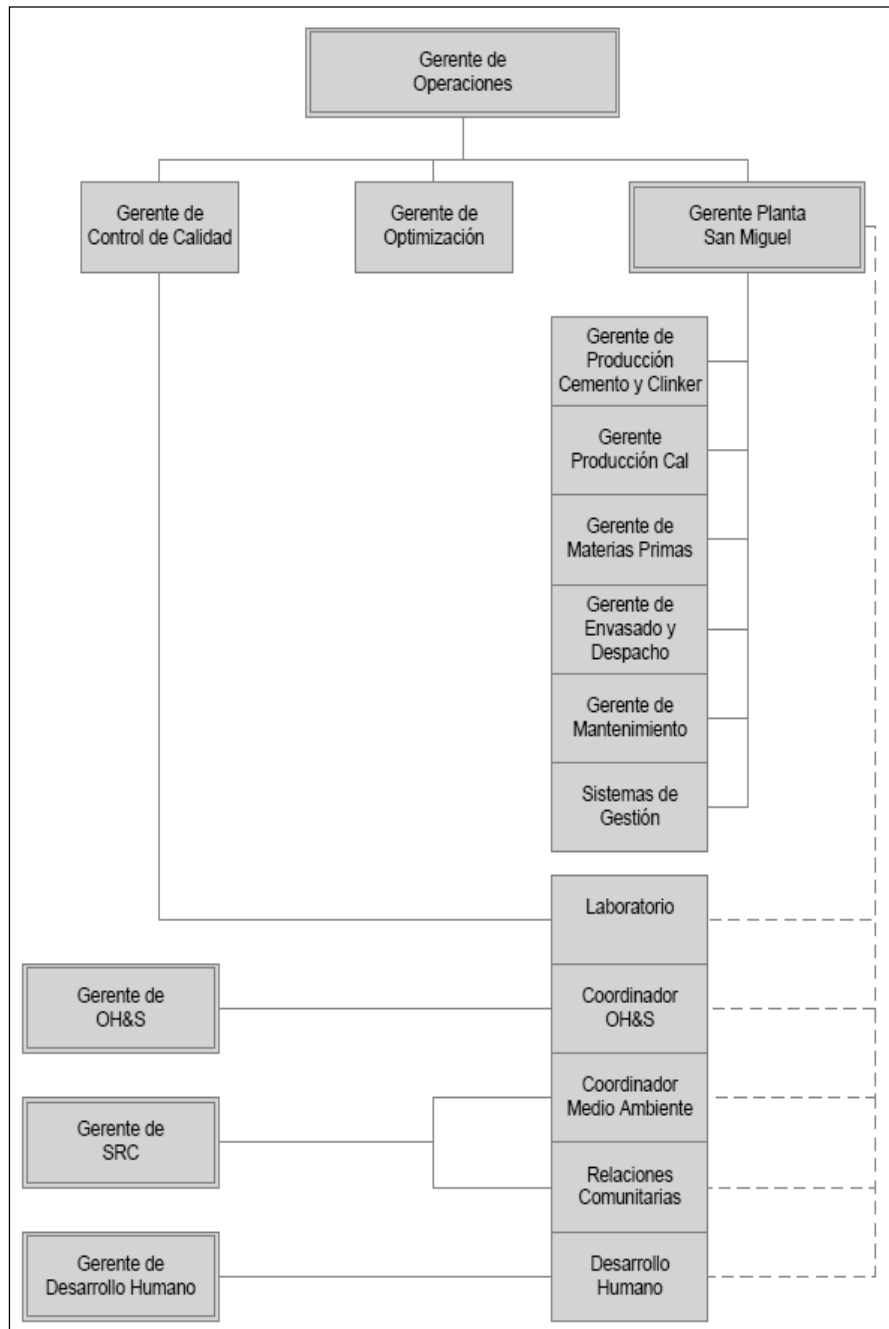
En la empresa se cuenta con una estructura organizacional muy amplia, en donde el flujo de la información se da por medio de reuniones periódicas entre los responsables de cada área.

---

<sup>1</sup>Visión <<<http://www.cempro.com/qui-nes-somos>>>.Consulta: enero de 2016.

<sup>2</sup>Misión <<<http://www.cempro.com/qui-nes-somos>>>. Consulta: enero de 2016.

Figura 1. Organigrama a nivel gerencial Cementos Progreso S. A.



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

#### **1.4. Estructura del Departamento de Mantenimiento Mecánico**

La organización del Departamento de Mantenimiento Mecánico está basada en el mantenimiento de clase mundial, el cual está orientado estratégicamente hacia un enfoque de mantenimiento proactivo, disciplinado en prácticas estandarizadas, competitivo y con índices de desempeño de clase mundial. (Ver figura 2).

El departamento se encuentra dividido por áreas; de esta manera se busca que las labores de cada área sean específicas. La división del Departamento de Mantenimiento permite planificar, coordinar, ejecutar y controlar los recursos disponibles para su mejor aprovechamiento, logrando eficiencia y efectividad en la programación de los mantenimientos de los equipos. Además permite establecer líneas de autoridad, responsabilidad y rendición de cuentas. Cada área representa una etapa del proceso de fabricación de cemento, las cuales se dividen en área de harina cruda, hornos, cemento, despacho, calera y las áreas de lubricación y predictivos.

El Departamento de Mantenimiento Mecánico está encabezado por el gerente mecánico, quien se encarga de coordinar las actividades, tomar decisiones y ser un enlace con la gerencia. Coordina las actividades llevadas a cabo por los jefes de mantenimiento (mecánico, eléctrico e instrumentista) en las diferentes áreas, brindándoles apoyo y asesoría en trabajos de mantenimiento específicos. Verifica que los trabajos de mantenimiento efectuados en las áreas se ejecuten adecuadamente. Luego están las áreas de predictivos, planificación, mantenimiento mecánico y lubricación; en predictivos se encargan de detectar con base en la condición de los equipos e inicio de fallas, lo cual permite una planificación adecuada para evitar fallas mayores.

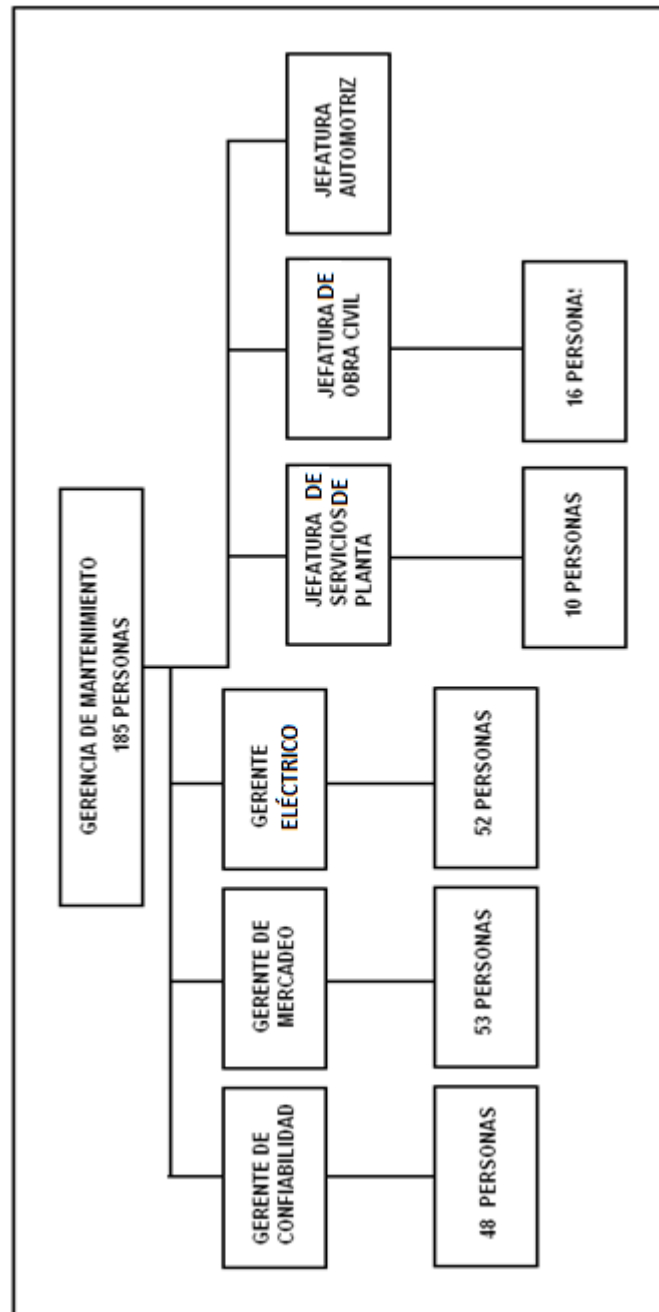


En planificación es donde se programa el plan anual de mantenimiento, que se coordina con el Departamento de Producción para realizarlo; se lleva un registro de control de las máquinas, se generan las solicitudes de materiales para mantenimiento, se coordinan todas las órdenes de trabajo y se proporciona información por medio de manuales de máquinas. Además, verifica la adecuada administración de los planes de mantenimiento y el correcto flujo de información del sistema de gestión.

El Área de Lubricación efectúa las rutas de lubricación de toda la planta, la cual integra una combinación de actividades para determinar la frecuencia, cantidad, tipo de lubricante, entre otros.

El taller de servicios generales y tornos se encarga de dar mantenimiento a los sistemas de agua y de aire comprimido y otras máquinas; los tornos están a disposición de todas las áreas de la planta, toda vez que pase por planificación. Estas áreas pertenecen al Departamento de Confiabilidad, bajo la responsabilidad del Coordinador de Mantenimiento.

Figura 2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

## 1.5. Proceso de producción de cal

Debido a que la cal debe llenar determinados requerimientos físicos y químicos, se requiere de calizas de alta pureza y de un proceso de producción controlado que asegure un producto de excelente calidad. Seguidamente se detalla el proceso de elaboración de la cal hidratada Horcalsa.

### 1.5.1. Obtención de la piedra caliza

Comprende todos los procesos que se realizan en la cantera a partir de los cuales se obtiene la piedra caliza, materia prima de este proceso. Dichos procesos consisten en:

- Estudios geológicos mineros en los que se obtiene la información geológica y geoquímica de las áreas a explotar.
- Extracción de la piedra caliza, que consiste en extraer la materia prima de las canteras.

Durante esta etapa se pone especial atención en controlar la composición química, granulometría y humedad de la materia prima, que es la piedra caliza.

Figura 3. Paso 1: obtención piedra caliza



Fuente: planta San Miguel Cementos Progreso, S. A.

### 1.5.2. Preparación de la piedra

Consiste en las trituraciones y tamizajes primarios y secundarios de la piedra caliza. Mediante dicho proceso se logra dar a las piedras el diámetro requerido para el horno de calcinación.

Figura 4. Paso 2: preparación de la piedra



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 1.5.3. Calcinación

La calcinación consiste en la aplicación de calor para la descomposición (reacción térmica) de la caliza. En este proceso se pierde cerca de la mitad de peso, por la descarbonatación o pérdida del dióxido de carbono de la caliza original. La calcinación es un proceso que requiere mucha energía para que la descarbonatación pueda ocurrir y es en este paso cuando la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) se “convierte” en cal viva ( $\text{CaO}$ ).

En la producción de Horcalza se utiliza tecnología de punta, con lo que se asegura el buen uso de la energía. En la planta San Miguel, ubicada en Sanarate, se cuenta con un horno vertical regenerativo de última generación, en el que se calcina la piedra caliza en un proceso totalmente controlado y automatizado.

Figura 5. **Paso 3: calcinación de la piedra**



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

#### 1.5.4. Hidratación

En esta etapa la cal viva (óxido de calcio) es trasladada a una hidratadora, en donde se le agrega agua al producto. Al hidratarse las piedras de cal viva se convierten en cal hidratada (polvo fino de color blanco). El mismo es un proceso exotérmico, el cual consiste en que cuando a la cal viva se le agrega agua, la reacción libera calor.

Figura 6. **Paso 4: hidratación de la piedra**



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 1.5.5. Separación

Consiste en separar de la cal hidratada los óxidos no hidratados (óxidos no hidratados como los de magnesio) y algunos carbonatos conocidos como “granaza” que no lograron ser hidratados en la etapa de hidratación.

Figura 7. Paso 5: hidratación de la piedra



Fuente: planta San Miguel Cementos Progreso, S. A.

### 1.5.6. Envasado/empaque/despacho

Finalmente, se procede al envasado del producto; el mismo se realiza por medio de una máquina especial de envasado y paletizado. La cal hidratada Horcalsa es empacada en bolsas de papel.

Todos los procesos anteriormente descritos son completamente industriales. En los mismos se llevan a cabo estrictos controles de calidad que permiten alcanzar las normas requeridas para la fabricación de cal hidratada. Para ello se determina el cumplimiento de los requerimientos químicos (dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido férrico, óxido de calcio, óxido de magnesio, óxidos no hidratados y dióxido de carbono) y de los requerimientos físicos de fineza y retención de agua, permitiendo con ello ofrecer un producto de excelente calidad.

Figura 8. Paso 6: hidratación de la piedra

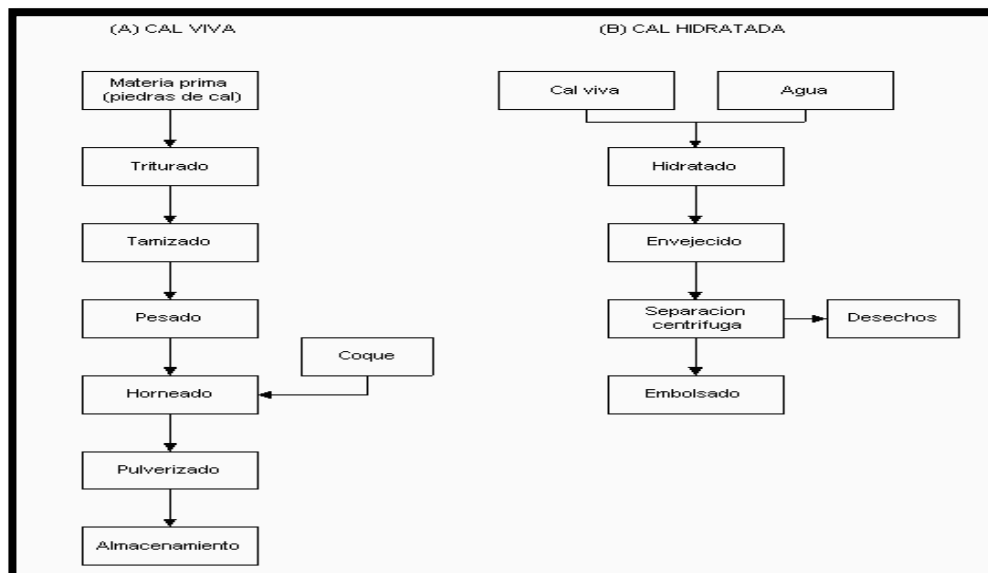


Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 1.6. Tipo de cal producida en la planta

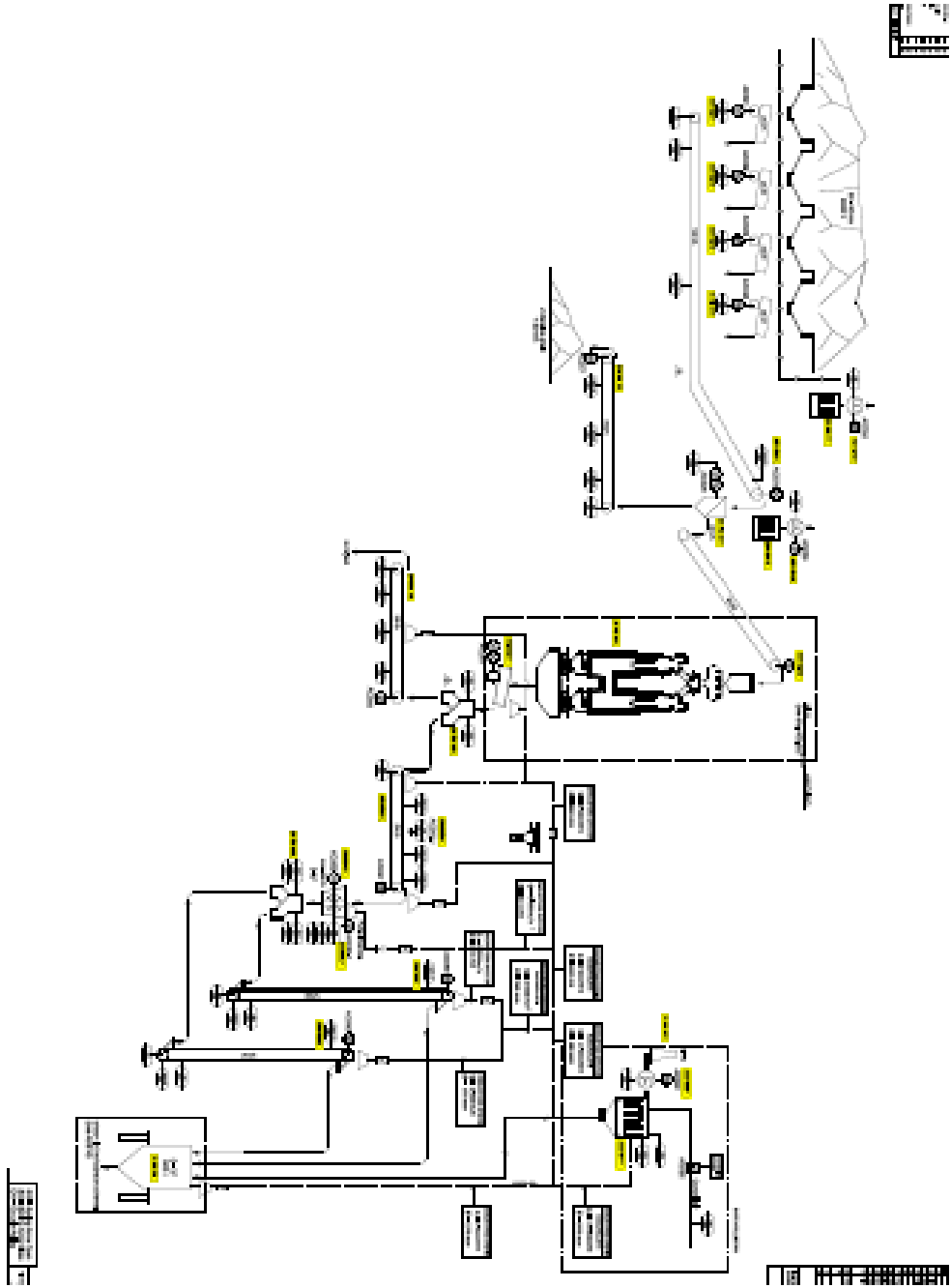
Cal Horcalsa: es una cal tipo S o especial. Cumple con las normas COGUANOR NGO 41018 cal hidratada, ANSI/ASTM C207 y C206.

Figura 9. Etapas del proceso de producción de cal



Fuente: planta San Miguel Cementos Progreso, S. A.

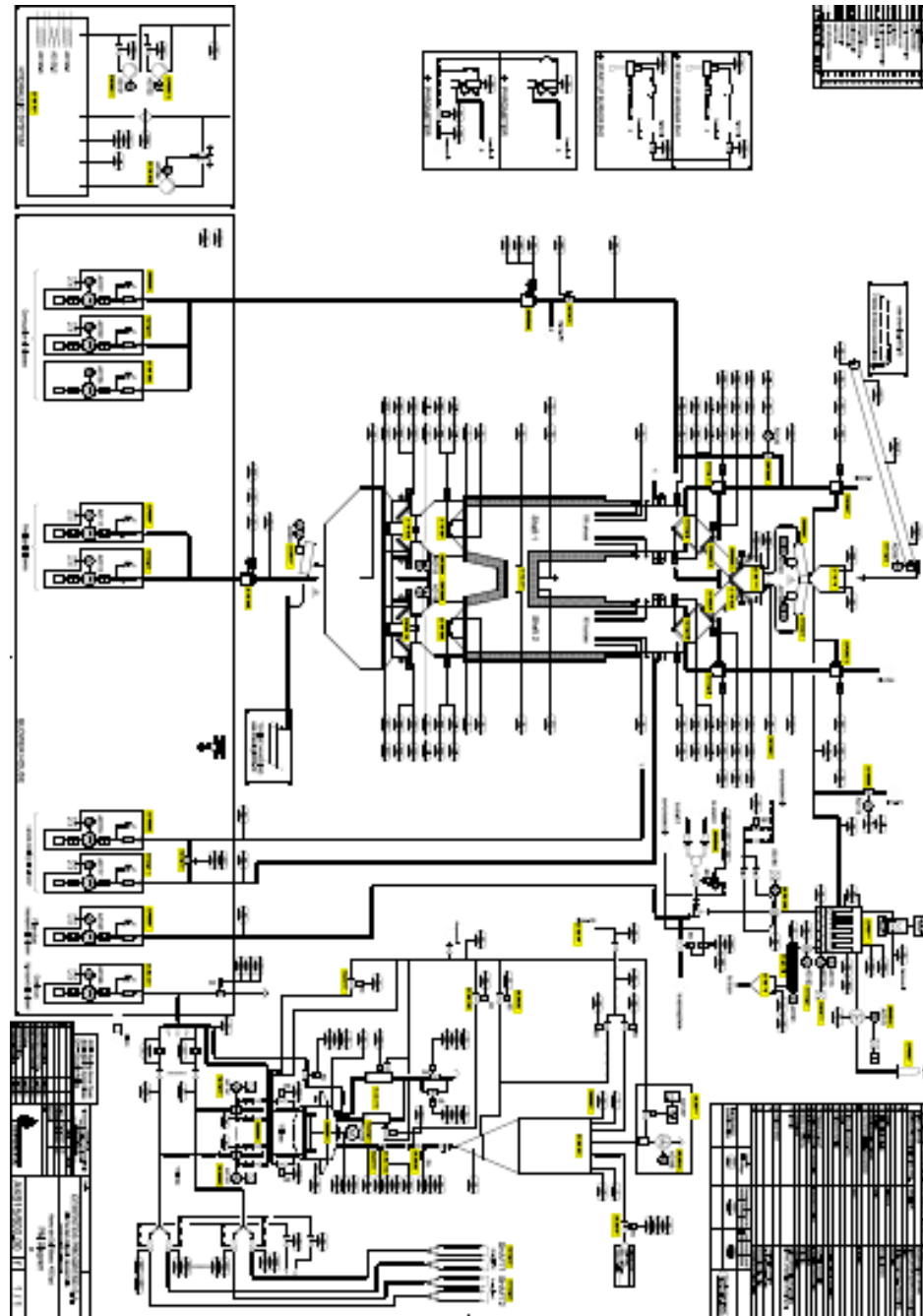
Figura 10. Diagrama de flujo alimentación de materia prima a la calera, línea 3



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

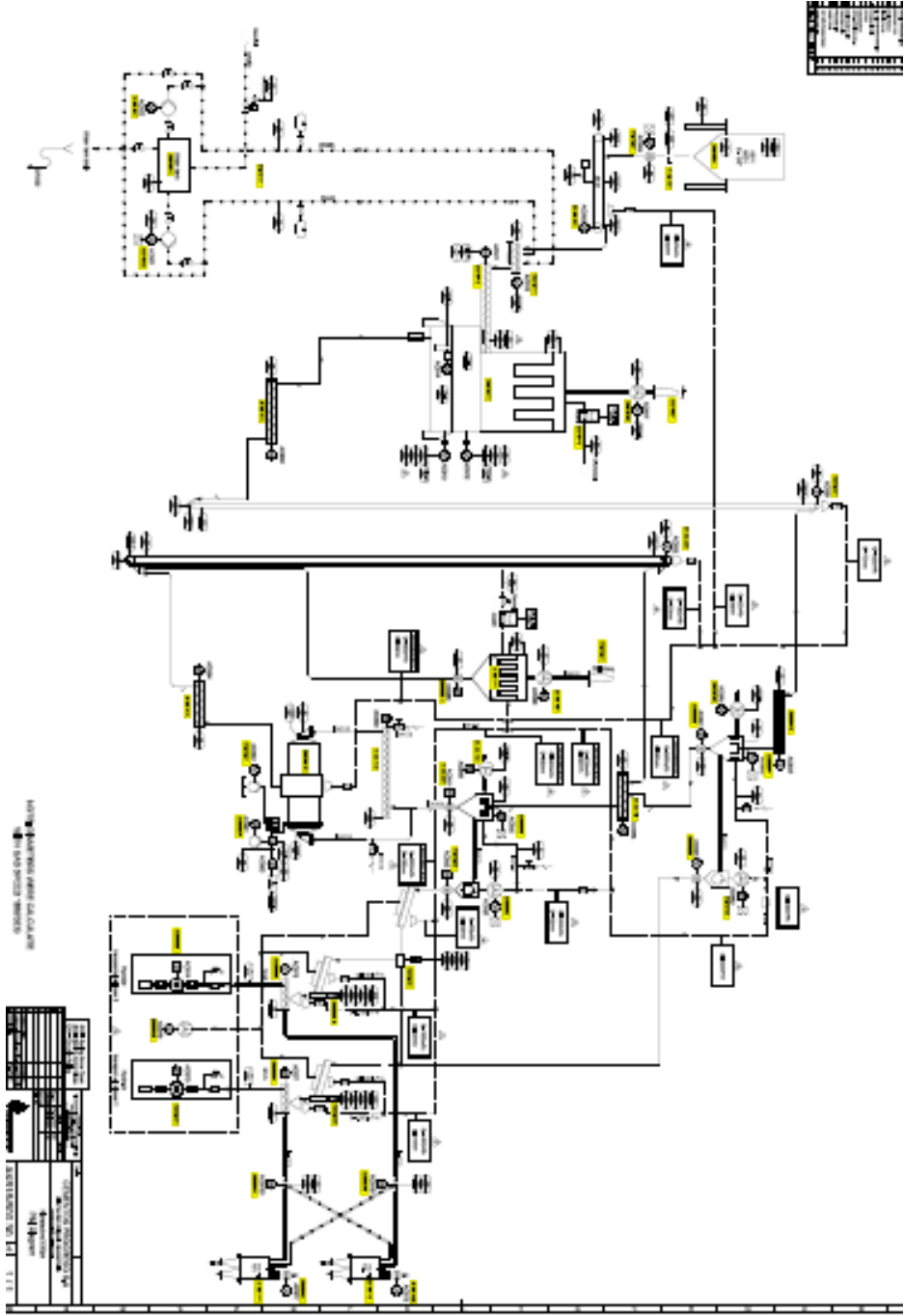


Figura 11. Diagrama de flujo del horno vertical de cal a la calera, línea 3



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

Figura 12. Diagrama de flujo de la hidratadora de cal, línea 3



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

## **1.7. Descripción del Departamento de Mantenimiento Mecánico**

En la planta San Miguel de Cementos Progreso, S.A. con el apoyo de Holcim Internacional se ha iniciado el camino hacia la práctica de un mantenimiento de clase mundial, para poder seguir siendo una empresa competitiva. Se cuenta con herramientas de software como SAP, que apoyan la gestión de mantenimiento. Se cumple con tareas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Existe una distribución de mecánicos por áreas, quienes se encargan de la ejecución de las tareas de mantenimiento indicadas por las órdenes de trabajo, las cuales son programadas por personal encargado directamente de la planificación del mantenimiento.

### **1.7.1. Objetivos del Departamento de Mantenimiento**

Asegurar la competitividad de la planta San Miguel por medio de:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeada de la función deseada.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- Maximizar el beneficio global.

Las funciones de mantenimiento están descentralizadas y existen especialistas para cada área de mantenimiento; se cuenta con un taller eléctrico y mecánico, y los departamentos de Planificación y Mantenimiento Predictivo. El Departamento de Mantenimiento Predictivo cumple una función de apoyo para las diferentes áreas de procesos y está integrado por 14 personas que se encargan de tomar las mediciones respectivas y de su análisis para planificar con las áreas de procesos, las tareas de mantenimiento.

### **1.7.2. Mantenimiento preventivo**

Son las revisiones, inspecciones, mediciones e intervenciones programadas en los equipos o sus componentes. Estas actividades pueden ser periódicas o cíclicas (diaria, semanal, mensual, anual, horas, kilómetros, entre otros).

En todo caso una actividad de mantenimiento preventivo puede o no tener como consecuencia una intervención correctiva o de cambio.

## **1.8. Características de un plan de mantenimiento preventivo**

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta.

### **1.8.1. PMR's**

Son programas de rutinas de mantenimiento establecidas de acuerdo con las condiciones de operación particulares de cada planta. Estas rutinas de mantenimiento deben ser además programadas con base en el nivel de operación de los equipos. Dependiendo del tiempo de operación pueden ser diarias, semanales, mensuales, trimestrales o anuales.

### **1.8.2. Lubricación**

Programa de lubricación para cada equipo o componente, de acuerdo con las especificaciones del fabricante y de las condiciones de operación del proceso.

### **1.8.3. Recambio periódico de partes**

Consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

### **1.8.4. Órdenes de trabajo (OT's)**

Son cuatro los tipos básicos de órdenes de trabajo, las cuales se identifican con los siguientes códigos:

- PM01: orden de mantenimiento correctivo
- PM02: orden de mantenimiento preventivo
- PM04: orden de reconstrucción
- PM06: orden de inversión (proyectos nuevos)

### **1.8.5. PM01: orden de mantenimiento correctivo**

Esta orden es creada para la ejecución de un trabajo de reparación de una falla parcial o completa de las funciones primarias o secundarias de una pieza de equipo. Esta orden también es creada para la realización de una tarea de modificación en el diseño original de un equipo, cuando se sustituyen partes que presentan características diferentes a las originales.

### **1.8.6. PM02: orden de mantenimiento preventivo**

Una orden de mantenimiento preventivo es creada para la ejecución de un trabajo de mantenimiento en un equipo, el cual se practica de forma periódica o cíclica, (horas, millas, kilómetros, diaria, semanal, entre otros).

#### **1.8.7. PM04: orden de reconstrucción**

Esta orden es creada para la ejecución de un trabajo de mantenimiento en un equipo o material, la cual contempla la reconstrucción de la pieza o equipo, el cual es almacenado para usarse en el futuro.

#### **1.8.8. PM06: orden de inversión o proyectos nuevos**

Este tipo de orden es creado cuando existe la opción de remplazar un equipo por otro de mejor eficiencia. También cuando surge la necesidad de modificar un equipo, para incrementar sus capacidades. Otro caso es cuando se da la necesidad de remplazar un equipo por otro de mayor capacidad.

## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS**

### **2.1. Seguridad industrial**

La seguridad industrial tiene por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, derivados de la actividad industrial o de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones y/o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamientos o desechos de los productos industriales. Lo que conlleva al tratamiento integral de la prevención de riesgos en la empresa con capacidad de producir daños a las personas, flora, fauna y medio ambiente, sin incurrir en costos elevados que disminuyan las utilidades de la organización y al mismo tiempo no desvíen las operaciones básicas de la misma.

### **2.2. Política de salud y seguridad**

El Departamento de Seguridad industrial es el encargado de dar lineamientos para la seguridad y salud de todos los colaboradores, pero los responsables son los gerentes de áreas, estableciendo y haciendo cumplir las políticas, normas y motivando a un mejoramiento continuo en la seguridad y salud en el lugar de trabajo. Por lo tanto, el departamento se encarga de:

- Proporcionar a las personas que desarrollan su actividad laboral en la empresa, la capacitación necesaria para implementar las normas de salud, seguridad e higiene.

- Promover prácticas de salud y seguridad para todas aquellas personas que estén en contacto con la empresa, como visitantes, proveedores y clientes.
- Medir y evaluar los resultados del desempeño de la salud y seguridad en el trabajo.

### **2.3. Norma OHSAS 18001**

Actualmente la empresa se ha propuesto regular y vigilar las condiciones de seguridad y salud en que debe desenvolverse toda actividad productiva realizada en la planta, mediante la implementación de normas internacionales relacionadas con sistemas de gestión de la prevención de riesgos laborales.

En la actualidad existen diferentes documentos de referencia para la implementación de estos sistemas de gestión de prevención, creados por distintos organismos, tanto nacionales como internacionales. La más aceptada y extendida en el mercado, tanto nacional como internacional es la especificación OHSAS 18001, la cual es un estándar voluntario publicado en 1999 por el British Standard Institute (BSI).

Su finalidad es proporcionar a las organizaciones un modelo de sistema para la gestión de seguridad y salud en el lugar de trabajo, que les sirva tanto para identificar y evaluar los riesgos laborales, los requisitos legales y otros requisitos de aplicación; como para definir la política, estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, la planificación de las actividades, los procesos, procedimientos, recursos, registros entre otros, necesarios para desarrollar, poner en práctica, revisar y mantener un sistema de gestión de seguridad y salud laboral.



Las ventajas competitivas más significativas que implican la buena gestión de la prevención de los riesgos laborales que facilita OHSAS 18001 son:

- Proporciona una mejora continua en la gestión de la prevención, mediante la integración de la misma en todos los niveles jerárquicos y organizativos, la utilización de metodologías y herramientas y actividades de mejora.
- Potencia la motivación de los trabajadores a través de la creación de un lugar y un ambiente de trabajo más ordenado y seguro mediante el fomento de la cultura preventiva.
- Facilita herramientas para disminuir los incidentes y accidentes laborales.
- Permite cumplir y demostrar que se cumple con la legalidad, lo que evita retrasos o paralizaciones de las actividades, causadas por el incumplimiento de la legislación en materia de prevención de riesgos laborales.
- Hace que la imagen de la empresa se potencie de cara a los clientes, a la sociedad y a la administración, demostrando el compromiso de la organización con la seguridad y salud de los colaboradores.

#### **2.4. Reglas cardinales OH&S**

La seguridad y salud ocupacional (OH&S, *Occupational health and safety*) se refiere a la legislación, políticas, procedimientos y actividades que apuntan a proteger la salud, la seguridad y el bienestar de toda la gente en el lugar de trabajo.

La OH&S, contempla cinco reglas cardinales que todos los colaboradores de la empresa deben de cumplir:

- No incumplir ni alterar ninguna medida de seguridad, ni permitir que alguien lo haga.
- Las reglas sobre uso de equipos de protección personal (EPP), correspondientes a una tarea determinada, deben cumplirse en todo momento.
- Los procedimientos de aislamiento y bloqueo deben cumplirse siempre.
- Está prohibido trabajar bajo el efecto del alcohol y de drogas.
- Se debe informar sobre todas las lesiones e incidentes ocurridos.

## **2.5. Evaluación de riesgos**

Se entiende por evaluación de riesgo que entraña la salud y seguridad de los trabajadores, la posibilidad de que se verifique un determinado peligro en el lugar de trabajo.

Con la evaluación de riesgos se consigue el objetivo de facilitar al Departamento de Seguridad Industrial la toma de medidas adecuadas para cumplir con su obligación de garantizar la seguridad y protección de la salud de los trabajadores, las cuales consisten en:

- Prevención de los riesgos laborales
- Información a los trabajadores

- Formación a los trabajadores
- Organización y medios para poner en práctica las medidas necesarias

## **2.6. Tipos de riesgos**

Los riesgos por su naturaleza se clasifican en: físicos, químicos, ergonómicos, biológicos y psicosociales.

### **2.6.1. Físicos**

Su origen está en los distintos elementos del entorno de los lugares de trabajo: ruido, iluminación, ventilación, radiaciones y temperaturas anormales; también aquellos que se presentan por el uso de máquinas, corriente eléctrica, entre otros.

### **2.6.2. Químicos**

Gases, polvo, neblinas, humos, además todos los productos químicos que al tener contacto directo con ellos provocan una reacción inmediata, afectando el organismo.

### **2.6.3. Ergonómicos**

Sobre esfuerzo, posición del cuerpo, entre otros.

### **2.6.4. Biológicos**

Microorganismos patógenos como: virus, bacterias, hongos, entre otros.

### **2.6.5. Psicosociales**

Estrés, frustración, comportamiento de las personas en forma negativa y su relación con los demás.

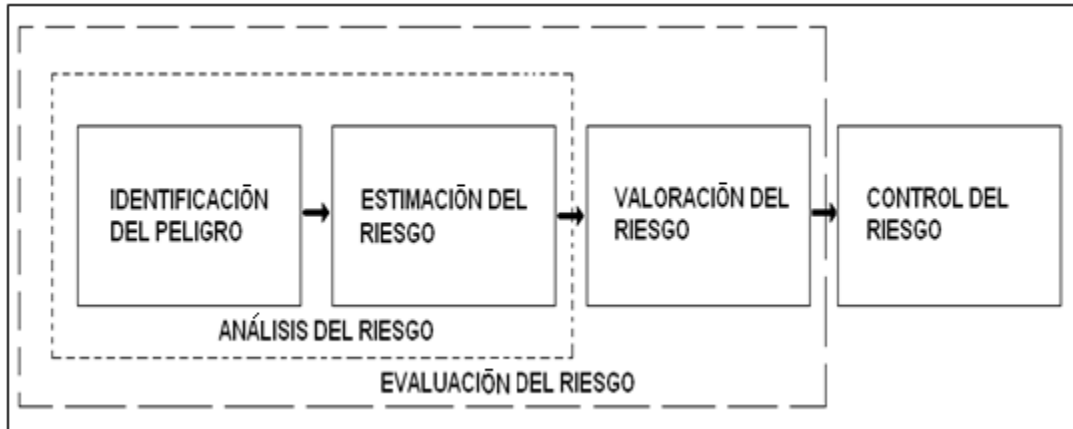
## **2.7. Fases de la evaluación de riesgos**

La evaluación del riesgo comprende las siguientes etapas:

- Identificación de riesgos.
- Identificación de los trabajadores expuestos a los riesgos que entrañan a los elementos peligrosos.
- Evaluar cualitativa o cuantitativamente los riesgos existentes.
- Analizar si el riesgo puede ser eliminado, y en caso de que no pueda serlo, decidir si es necesario adoptar nuevas medidas para prevenir o reducir el riesgo las cuales se sintetizan en.
  - Análisis de los riesgos, que comprende las fases de identificación de peligros y estimación de los mismos.
  - Valoración de los riesgos, que permitirá enjuiciar si los que fueron detectados resultan tolerables.

El departamento de seguridad industrial queda obligado a controlar el riesgo, en el caso de que la evaluación realizada se deduzca que el/los riesgo/s resulte/n tolerables. En el siguiente esquema se representa lo anteriormente expuesto.

Figura 13. **Evaluación de peligros y riesgos**



*Fuente: CORTEZ, José. Técnicas de prevención de riesgos laborales. p. 133.*

### **2.7.1. Análisis de riesgos**

Tiene como objetivo la identificación de los accidentes que puedan ocurrir en la empresa, así como el cálculo de sus consecuencias y los daños producidos. (Ver tabla I).

Comprende las siguientes actuaciones:

- Identificación de los peligros y riesgos, teniendo en cuenta operaciones, fallos técnicos, errores humanos, intervenciones no autorizadas, entre otros.
- Cálculo de las consecuencias basadas en la estimación de los valores que puedan alcanzar las diferentes variables que intervienen en los fenómenos peligrosos.
- Calcula la vulnerabilidad que los fenómenos peligrosos suponen para las personas, el medio ambiente y los bienes.

Tabla I. **Criterios para que el daño se materialice**

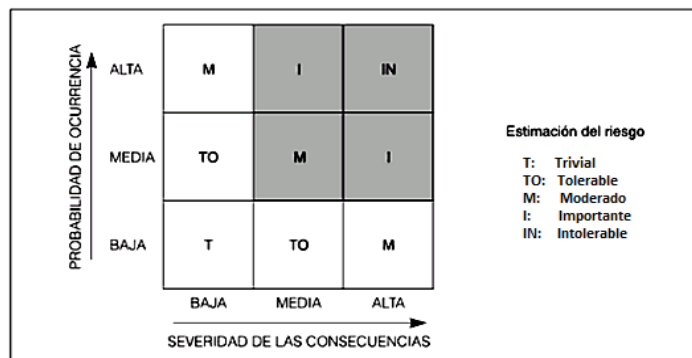
PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS
<b>Alta:</b> siempre o casi siempre	<b>Alta:</b> extremadamente dañina (amputaciones, intoxicaciones, lesiones muy graves, enfermedades crónicas graves, entre otros.)
<b>Media:</b> algunas veces	<b>Media:</b> dañino (quemaduras, fracturas leves, sordera, dermatitis, entre otros)
<b>Baja:</b> raras veces	<b>Baja:</b> ligeramente dañino (cortes, molestias, irritaciones de ojo por polvo, dolor de cabeza, entre otros)

Fuente: CORTEZ, José. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. p. 133.

### 2.7.2. Valoración del riesgo

A la vista de la magnitud del riesgo obtenida en la etapa anterior, podrá emitirse el correspondiente juicio acerca de si el riesgo analizado resulta tolerable o por el contrario deberán adoptarse acciones encaminadas a su eliminación o reducción.

Figura 14. **Estimación del riesgo**



Fuente: CORTEZ, José. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. p. 133.

### 2.7.3. Control del riesgo

Concluida la evaluación de riesgos deberán establecerse las medidas de control a adoptar, así como su forma de implementación y seguimiento. En la siguiente tabla se indican las acciones a adoptar para controlar el riesgo, así como la temporización de las mismas. (Ver tabla II).

Tabla II. Control de riesgos

<b>RIESGO</b>	<b>ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN</b>
<b>Trivial</b>	No se requiere acción específica
<b>Tolerable</b>	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejores, que no supongan una carga económica importante.  Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantenga la eficacia de las medidas de control.
<b>Moderado</b>	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implementarse en un periodo determinado.  Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
<b>Importante</b>	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
<b>Intolerable</b>	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducirlo, debe prohibirse el trabajo.

Fuente: CORTEZ, José. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. p. 118.

## 2.8. Evaluación de condiciones de trabajo

Existe diversidad de metodologías para evaluar las condiciones de trabajo, las cuales deben ser desarrolladas de manera sencilla y de fácil aplicación, y que contengan los factores determinantes de las condiciones de trabajo. En la siguiente tabla se incluyen los factores de riesgos más importantes en evaluar.

Tabla III. Factores determinantes de las condiciones de trabajo

<b>ENTORNO FÍSICO</b>	Ambiente térmico Ruido Iluminación Vibraciones
<b>CARGA FÍSICA</b>	Postura Carga dinámica
<b>CARGA MENTAL</b>	Apremio del tiempo Complejidad-rapidez Atención Minuciosidad
<b>ASPECTOS PSICOSOCIALES</b>	Iniciativa <i>Status</i> social Comunicación Cooperación Identificación con el producto
<b>TIEMPOS DE TRABAJO</b>	

Fuente: CORTEZ, José. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. p. 136.

## 2.9. Señalización industrial

La señalización constituye una de las técnicas de prevención que más rendimiento aporta, ya que permite identificar los peligros y disminuir los riesgos, para la seguridad y la salud de los trabajadores.



La señalización de seguridad y salud en el trabajo deberá utilizarse cuando el análisis de riesgos existentes de las situaciones de emergencias previsibles y de las medidas preventivas adoptadas, pongan de manifiesto la necesidad de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una situación de emergencia que requiera medidas de prevención o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

Hay que insistir que la señalización en sí no constituye ningún medio de la protección, sino que solo debe cumplir la misión de prevenir daños, actuando sobre la conducta humana, debiendo cumplir para que sea eficaz con las siguientes características:

- Atraer la atención de quien la recibe y provocar su respuesta de forma inmediata.
- Dar a conocer el peligro de forma clara, con una única interpretación y con la suficiente antelación.
- Informar sobre la forma de actuar en cada caso concreto, para lo cual debe ser conocida de antemano.
- Posibilidad real de su cumplimiento.

Los señalamientos que se observan en área de la calera línea 3 se incluyen en la figura siguiente:

Figura 15. **Señalización industrial**



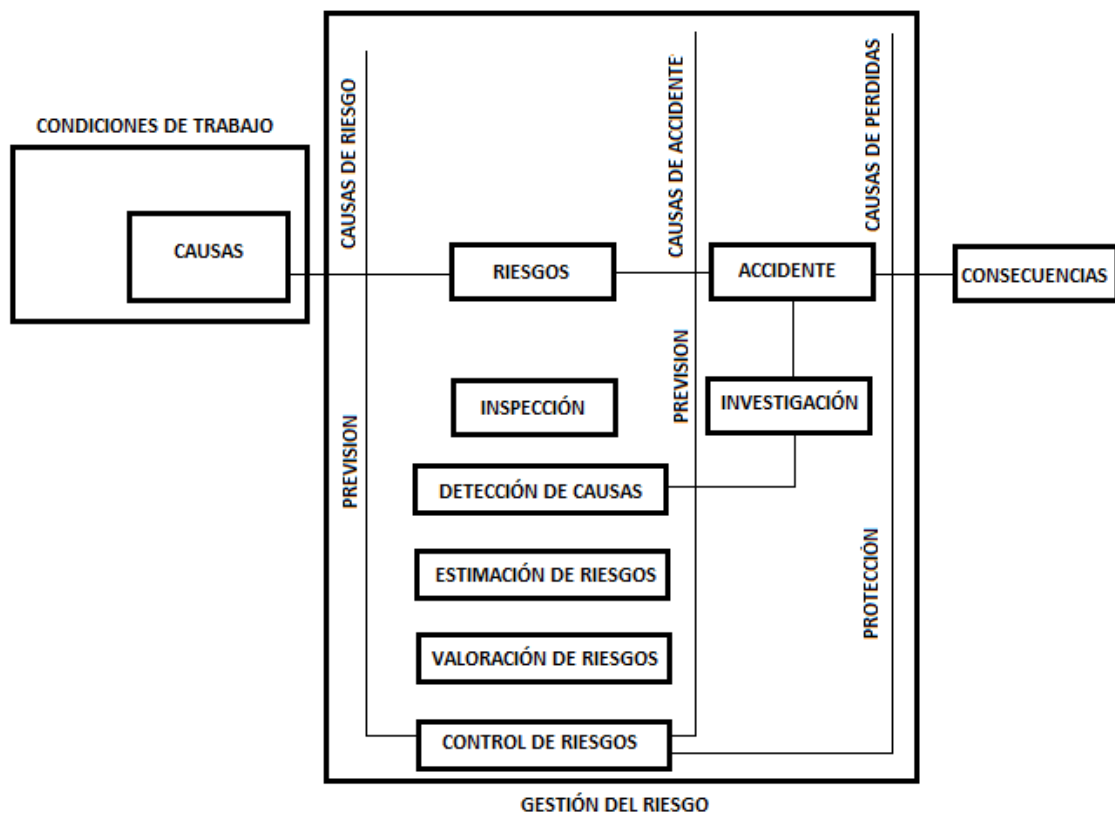
Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

## 2.10. Inspecciones de seguridad

Por inspecciones de seguridad se entiende la técnica analítica que consiste en el análisis detallado de las condiciones de seguridad (maquinaria, instalaciones, herramienta, entre otros), a fin de descubrir las situaciones de riesgo que se derivan de ellas (condiciones peligrosas o prácticas inseguras) con el fin de adoptar las medidas adecuadas para su control, evitando el accidente (prevención) o reduciendo los daños materiales o personales derivados del mismo (protección).

Siguiendo la ruta de los accidentes se puede ver cómo la inspección actúa detectando causas (y estimando los riesgos, con el fin de adoptar las medidas de control más adecuadas en función de la magnitud del riesgo obtenido. (Ver figura 16).

Figura 16. **Diagrama de inspección de seguridad**



Fuente: CORTEZ, José. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. p. 141.

### 2.10.1. Lista de identificación de peligros

Para realizar de forma eficaz la inspección de seguridad, resulta conveniente contar con una guía o lista de inspección, que informe y recuerde

los puntos que deben ser inspeccionados (agentes materiales causantes de los accidentes de trabajo).

Al identificar y evaluar los riesgos de trabajo es necesario controlarlos en:

- La fuente; que es donde se genera el riesgo
- El medio; se pueden controlar las barreras
- El trabajador; mediante el uso de elementos de protección

En la siguiente lista se presentan algunos factores de riesgos que deben de ser inspeccionados en todas las áreas de reductores. Ver tabla IV.

**Tabla IV. Lista de identificación de peligros**

Instalaciones generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de locales</li> <li>• Estado de pisos</li> <li>• Pasillos y superficies de tránsito</li> <li>• Orden y limpieza</li> <li>• Señalización</li> <li>• Huecos en los suelos</li> <li>• Caída de materiales</li> </ul>
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características técnicas</li> <li>• Antigüedad</li> <li>• Modificaciones y limitaciones</li> <li>• Estado de las protecciones</li> <li>• Sistema de seguridad</li> <li>• Periodicidad del mantenimiento preventivo</li> </ul>
Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado</li> <li>• Utilización</li> <li>• Almacenamiento</li> </ul>

Continuación de la tabla IV.

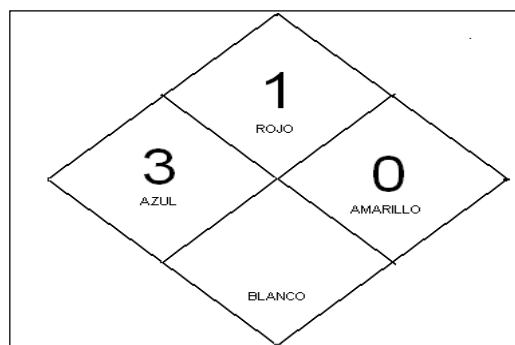
Condiciones medioambientales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura</li><li>• Ventilación</li><li>• Iluminación</li><li>• Polvos, gases, humos entre otros.</li><li>• Ruidos, vibraciones entre otros.</li></ul>
Carga de trabajo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esfuerzos</li><li>• Cargas</li><li>• Posturas</li><li>• Nivel de atención, entre otros.</li></ul>

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 2.10.2. Rombo NFPA

La norma NFPA 704 es el código que explica el "diamante de fuego" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el fuego, utilizado para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos. Es importante para ayudar mantener el uso seguro de productos químicos. Ver figura 17.

Figura 17. Rombo NFPA 704



Fuente: *Manual de OH&S*, p. 25.

El rombo está conformado por cuatro divisiones de diferentes colores que interpretan los diferentes tipos de riesgos.

- El azul hace referencia a los riesgos para la salud
- El rojo indica el peligro de inflamabilidad
- El amarillo los riesgos por reactividad: es decir, la inestabilidad del producto.
- A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo)
- Por su parte, en la sección blanca pueden haber indicaciones especiales para algunos materiales, indicando si son oxidantes, corrosivos, reactivos con agua o radiactivos.

## **2.11. Equipo de protección personal**

Se entiende por protección personal o individual la técnica que tiene como objetivo el proteger al trabajador frente a agresiones externas, ya sean del tipo físico, químico o biológico, que se puedan presentar en el desempeño de la actividad laboral.

Para la clasificación del equipo de protección personal se tendrán en cuenta, los riesgos que existen y las de cuerpo que puedan afectar por causa de este riesgo, en su trabajo.

En la selección del equipo de protección personal y de la dotación personal, el seleccionado no solamente dará el conveniente grado de protección, sino también de comodidad en su uso, y es obligación mantenerlo en buen estado. Los principales elementos se presentan a continuación:

### **2.11.1 Protección de cabeza**

Se necesita en aquellos lugares donde exista peligro de impacto y penetración de objetos que caen o vuelan y de choque eléctrico. Se utiliza tanto un casco que reúna ciertas normas y condiciones de seguridad del mismo, como el que sea resistente a tensiones de corrientes altas, apto para reducir la fuerza de impactos y resistente a la corrosión.

### **2.11.2. Protección auditiva**

Uno de los factores más importantes que se debe tomar en cuenta para la selección de equipo protector de oídos es la capacidad que tiene de reducir el nivel de decibeles al que se está expuesto. Existen dos tipos de protectores acústicos:

- Protectores auditivos externos (orejeras y cascos)
- Protectores auditivos internos (tapones y válvulas)

### **2.11.3. Protección respiratoria**

La utilización de protección respiratoria se hará en aquellas áreas que presentan ambientes respirables limitados por polvos, o en ambientes deficientes de oxígeno y con contaminación por neblinas, gases o humos.

Se debe contar con mascarillas desechables, las cuales tienen una resistencia baja a la respiración pero una buena detección de polvo.

#### **2.11.4. Protección visual**

Entre los factores a tener en cuenta a seleccionar el protector visual contra impactos, rayos ionizantes y polvos se incluyen: la protección que brinda, la comodidad con que podrá ser usado y la facilidad de mantenerlo en buenas condiciones. Se debe contar con gafas de seguridad con protección lateral, vidrio plástico con recubrimiento en policarbonato, gafas de seguridad para soldar con oxiacetilénico provisto de lentes para proteger de los rayos ultravioleta, lumínicos e infrarrojos.

#### **2.11.5. Protección de manos**

Se debe utilizar protección para las manos donde exista peligro derivado del manejo de materiales pesados, corrosivos, cortantes, abrasivos, superficiales calientes, entre otros. Los materiales más comúnmente usados para su fabricación son: cuero, caucho, hilo, nitrilo, látex o PVC. Los elementos de protección de manos utilizados en la empresa se relacionan en las fichas de protección manos.

#### **2.11.6. Protección de cuerpo**

Se utiliza el cinturón de seguridad para trabajos que requieren estar en alturas. Para su selección se deben considerar dos usos:

#### **2.11.7. Normal**

Se le aplican al cinturón tensiones relativamente leves, las que habitualmente son sometidas en el trabajo de alturas y que rara vez excederán el peso total estático del usuario.



### **2.11.8. Emergencia**

Se refiere a retener con seguridad al hombre al caerse, sometiendo el cinturón a una carga de impacto que sobrepasa en muchas veces el peso del usuario.

### **2.11.9. Protección de pies**

Se debe utilizar el calzado de seguridad para proteger los pies de los trabajadores en caída de objetos pesados, o aprisionamiento de los dedos de los pies bajo grandes cargas. Este calzado de seguridad tendrá puntera dura y deberá cumplir con las normas de seguridad y diseño establecidas.

## **2.12. Medidas de seguridad tomadas por el personal**

Comprende las medidas de formación, establecimiento de procedimientos de trabajo seguros, mantenimiento, y suministro de protección individual. Se toman aproximadamente dos minutos en analizar una tarea para identificar, evaluar y mitigar riesgos en el trabajo que se realizará. Cuando se identifican riesgos que no se pueden controlar, se deben de comunicar al Departamento de Seguridad Industrial. El éxito de la identificación de peligros y evaluación de riesgos depende de cada uno de los trabajadores. A continuación se especifican acciones generales que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de cualquier actividad laboral.

### **2.12.1. Acciones a tomar antes de cada trabajo**

- Observar el área de trabajo y sus alrededores
- Analizar qué es lo que se va a realizar

- Observar lo que está sucediendo en los alrededores

#### **2.12.2. Acciones a tomar en cuenta durante cada trabajo**

- Estar siempre atento.
- Al realizar una tarea rutinaria es posible hacerla de un modo automático, pudiendo provocar un accidente.
- Tomar descansos regulares y cortos durante tareas largas, para concentrarse de nuevo en el ambiente y peligros relacionados.
- Cuando se está por finalizar, pensar qué se requiere para completar la tarea de forma segura.

#### **2.12.3. Acciones a tomar cuando la tarea ha finalizado**

- Observar el área de trabajo
- Controlar cualquier peligro que pudo ser producto del trabajo
- Pensar en el trabajo

### **2.13. Técnicas de seguridad aplicadas a los equipos principales**

Son las medidas de seguridad que deben tomarse para proteger a las personas contra los riesgos.

#### **2.13.1. Aislamiento y bloqueo de equipos**

Cualquier colaborador puede sufrir lesiones serias al exponerse a fuentes de energía (cinética, mecánica, eléctrica, entre otros.). Para evitarlo, las normas OH&S indican siete reglas sobre aislamiento y bloqueo.

- Coordinar: antes de iniciar, debe contactarse a una persona competente para asegurarse del correcto aislamiento del equipo.
- Aislar: el equipo involucrado debe estar aislado de una fuente de energía para evitar explosiones o electrocución. Se deben inspeccionar posibles fuentes de energía acumuladas en resortes, transformadores, sistemas neumáticos, entre otros; el uso de paros de emergencia no debe considerarse como aislamiento.
- Aseguramiento y bloqueo: el equipo utilizado para aislar debe estar asegurado en su posición por medio de un candado, removiendo la conexión o instalando una barrera física.
- Comprobar: antes de comenzar debe realizarse una inspección visual y/o intentar arrancar el equipo. Se debe verificar mecánicamente la ausencia de energía, tensión y movimiento. También la ausencia de voltaje, presión y flujo entre los conductores, con la instrumentación requerida para la debida inspección.
- Notificar: anotar todos los bloqueos en el permiso de trabajo, firmados por los encargados y por quien los autoriza. Todo dispositivo con bloqueo debe estar etiquetado con los datos de la persona que realiza la tarea.
- Inmovilizar: deben inmovilizarse los equipos móviles que puedan liberar energía durante el trabajo, asegurando de que los dispositivos de bloqueo usados resistan la fuerza a que puedan someterse.
- Señalizar: las áreas de trabajo deben señalizarse y prohibir el paso a través de ellas.

## **2.14. Medidas de prevención a adoptar frente a los peligros**

Uno de los factores que más influencia ejerce en la prevención de accidentes es precisamente el orden y limpieza en las áreas de trabajo. La falta de las normas más elementales de conservación del adecuado orden y limpieza en las áreas de trabajo constituye una de las principales causas de accidentes.

Durante la realización de una PMR es necesario que exista un adecuado espacio alrededor de los trabajos que se realizan. A continuación se señalan las medidas que deben tenerse en cuenta para evitar accidentes:

- Retirar los objetos que obstruyan el paso.
- No apilar materiales en lugares de tránsito.
- Eliminar rápidamente los desechos.
- Hacer que las líneas de conducción sean áreas, elevadas o subterráneas.
- Hacer que los recipientes que contienen líquidos tóxicos o inflamables, queden herméticamente cerrados.
- Evitar los pisos resbaladizos.

Un buen servicio de inspección y mantenimiento debe garantizar que los medios de protección se encuentren siempre en perfecto estado de funcionamiento.

### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

#### **3.1. Partes de una orden de mantenimiento preventivo**

Una orden de trabajo es un documento escrito que la empresa le entrega a la persona que corresponda y que contiene una descripción pormenorizada del trabajo que debe llevar a cabo.

##### **3.1.1. Encabezado de formato de una PMR**

- Esquina superior izquierda el logo de la empresa.
- En el centro se coloca el nombre de la empresa, el área a la que pertenece el equipo al cual se realizará la PMR, el HAC del equipo y la periodicidad con la que se efectúa.
- En la esquina superior derecha lleva el HAC del equipo, el del área del equipo, la fecha de emisión de la PMR, y el número de páginas.
- Información superior de una PMR
  - HAC y nombre del equipo
  - Ubicación del equipo, incluido el nivel en el que encuentra
  - Mano de obra requerida para la ejecución de la PMR
  - Tiempo estimado para la ejecución de la PMR
  - Frecuencia de realización de la PMR

### **3.1.2. Datos de seguridad de una PMR**

- Esta parte de la PMR está constituida primero por el equipo de protección personal que debe de llevar cada mecánico al momento de realizar una PMR.
- Medidas de seguridad que se deben contemplar para la realización de la PMR, como bloquear los equipos, avisar al control central y colocar la tarjeta de identificación de los equipos que se están bloqueando.
- Coloca el HAC del equipo, la ubicación MCC ósea la ubicación en el panel del cuarto eléctrico para que sea rápida su ubicación al momento de bloquear y desbloquear.
- Hacer el recordatorio de que se debe de coordinar con las demás áreas la realización de la PMR.
- Equipo de seguridad: esta área describe el equipo de seguridad que es obligatorio al momento de realizar la PMR, con la finalidad de que el colaborador esté lo más protegido posible y esto reduzca el riesgo de una lesión.

### **3.1.3. Medidas de seguridad**

- En esta área se muestran las medidas de seguridad que se deben ejecutar previo a la ejecución de la PMR, como avisar a control central de la calera, bloquear con candado y colocar tarjeta de identificación en los equipos que se intervendrán.

- Coordinar con personal eléctrico, instrumentación y de lubricación las actividades a realizar.

#### **3.1.4. Herramienta específica a utilizar en la realización de la PMR**

- En esta área se muestra la cantidad exacta de las herramientas a utilizar para que no exista confusión.
- La descripción de la herramienta a utilizar, si es una llave el número.

#### **3.1.5. Actividades a realizar en una PMR**

- Lo primero que se coloca en este segmento es el nombre del equipo, el equipo principal al que pertenece y el número de HAC del equipo.
- Posteriormente se coloca el nivel en el que se encuentra el equipo.
- El siguiente paso es colocar todas las actividades detalladas que se van a realizar en la PMR del equipo en particular, indicando las llaves que se utilizarán en cada paso; mientras más detallado sea el procedimiento es mejor para el mecánico que lo realizará.

#### **3.1.6. Detalles finales de una PMR**

- Para los detalles finales se escribe el mismo enunciado en todas las PMR; la idea es que si se puede corregir algún problema en campo, que lo haga el mecánico y lo reporte; si no se puede, se debe de generar un aviso M2 para que sea programado.

- Algo que es muy importante decir y los mecánicos deben de tener claro es que se debe de hacer limpieza después de cualquier PMR que se realice.
- Al final de toda PMR es necesario recordarle al mecánico las normas de ambiente y cómo se deben tratar tanto los residuos peligrosos como los no peligrosos, según la norma de ambiente SAA.
- También se le informa a los mecánicos cómo actuar en caso de derrames o fugas, con un manual en donde se indiquen las normas SAA y un área para que puedan escribirse observaciones.

### **3.2. Sistema de codificación de equipos**

Es un sistema de identificación que permite la definición de la fiabilidad, actividad y costo de cada equipo. Es un requerimiento básico para la historia de equipos.

Describe:

- El parque de máquinas a mantener
- Su ubicación física
- Su identificación según HAC

Es requerida la elaboración de un inventario preciso de maquinaria con un sistema de identificación (HAC), antes de iniciar la implantación. Es importante diseñar e instalar físicamente etiquetas a los equipos, antes de iniciar la implantación al momento de la elaboración del inventario físico de estos.



Recopilar la documentación técnica sobre los equipos y asegurar el acceso a dicha información al equipo del proyecto.

Figura 18. **Desglose de HAC**

<b>SM</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>TF</b>	<b>3</b>
Planta	Área (cemento)	Sección (alimentación)	Línea	-	Equipo (gusano)	Número de equipo

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1. Clasificación y registro de activos

- La clasificación y registro de activos consiste en la identificación precisa del equipo y máquinas. El maestro de equipos debe ser lo más claro posible y de uso común para todos los involucrados.
- Es requerida la elaboración de un inventario preciso de maquinaria con un sistema de identificación (HAC), antes de iniciar la implantación.
- Es importante diseñar etiquetas e instalarlas físicamente a los equipos antes de iniciar la implantación, al momento de la elaboración del inventario físico de estos.
- Recopilar la documentación técnica sobre los equipos y asegurar el acceso a dicha información al equipo del proyecto.

### **3.2.2. Ubicación técnica**

- Especifica la estructura y ubicación de los objetos técnicos y se identifica según HAC; las ubicaciones pueden ser una planta o una sección.
- Los equipos se instalan en las ubicaciones técnicas

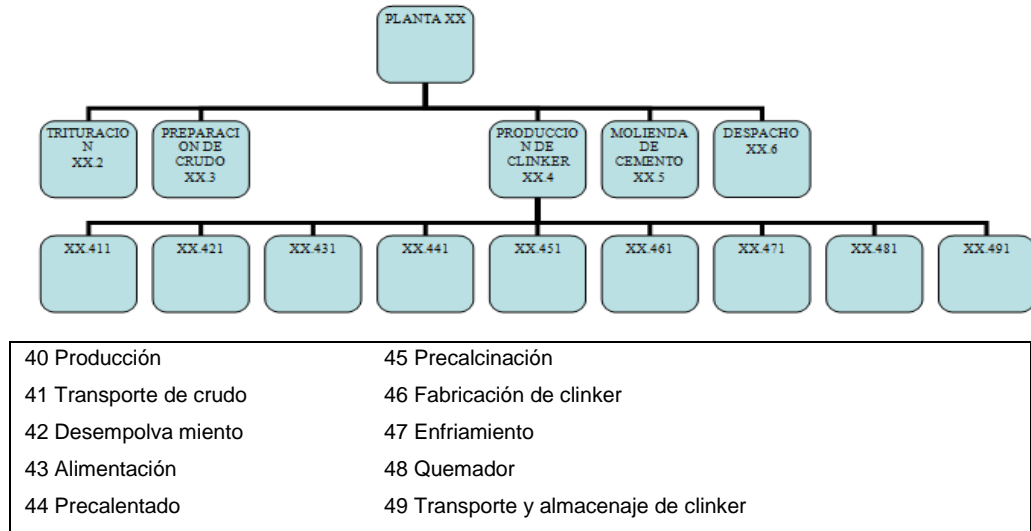
### **3.2.3. Funciones de las ubicaciones técnicas**

- Emplazamiento
- Código ABC
- Puesto de trabajo responsable
- Planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento
- Historia de instalación y uso de equipos
- Contadores y puntos de medida.

### **3.2.4. Indicador de estructura**

- La estructura es definida así: XX.XXN-XXN
- Los dos primeros caracteres se refieren a la planta. Los siguientes tres al grupo. Los últimos tres, al activo.

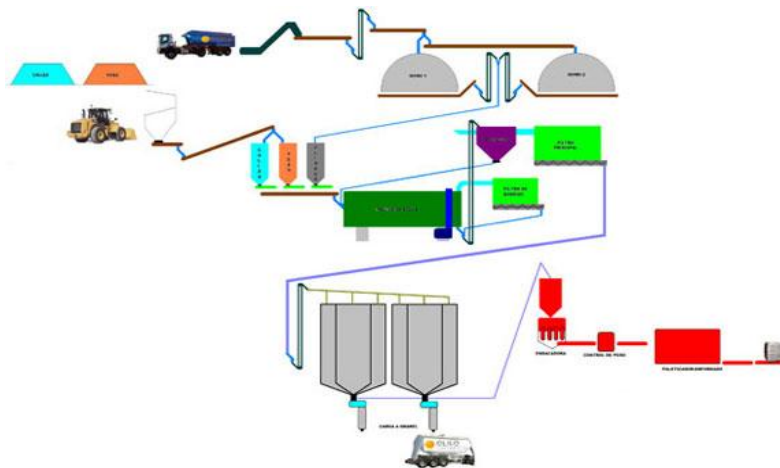
Figura 19. **Indicador de estructura para realizar HAC de equipos**



Fuente: elaboración propia, empleando Word.

Nota: la numeración que se presenta en la parte superior hace referencia a las áreas de producción y su respectiva codificación.

Figura 20. **Diagrama de flujo de calera**



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### **3.3. Equipos a los cuales se les realiza MP**

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25 %, reduce 30 % los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50 %.

#### **3.3.1. Gestión de equipos**

- Activo que desarrolla una función específica para el proceso de producción autónomo; está sujeto a recibir mantenimiento y requiere control de costos.
- Gestión individual de equipos.
- Planeación de mantenimiento preventivo.
- Registro de las reparaciones de mantenimiento.
- Seguimiento individual de costos.
- Historial técnico.
- Reporte de los tiempos de empleados.

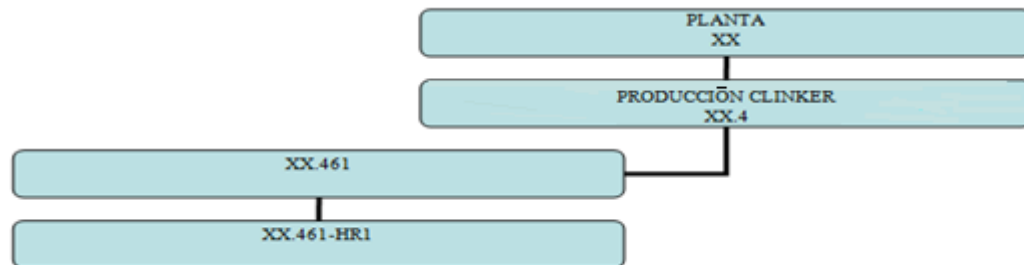
#### **3.3.2. Equipos críticos**

- Son aquellos equipos que cuando fallan por más de X horas, paran la producción.
- El resultado de la falla de este tipo de equipos puede ser la posibilidad de cumplir con la seguridad del personal y protección del medio ambiente.
- La falta de reparación inmediata de un equipo de este tipo provocará un daño significativo a este o a otro elemento del equipo.
- No existe otro equipo disponible para sustituirlo.
- El equipo necesita cuidados especiales o externos.

### 3.3.3. Conjuntos

- Los conjuntos se definen en la estructura de mantenimiento
- Los equipos pueden contener diversos conjuntos
- Los conjuntos no tienen su propia historia de uso como los equipos
- Se usan para reducir la complejidad de equipos al dividirlos por sistemas.

Figura 21. Estructura para realizar HAC de equipos



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

### 3.4. Conceptos de mantenimiento

El mantenimiento se enfrenta principalmente con requerimientos de:

- Mayor disponibilidad y fiabilidad
- Reducción de costos
- Aumentar la vida útil de equipos
- Mayor seguridad
- Mejorar la calidad del producto
- Consideración del medio ambiente

### **3.4.1. Ventajas del sistema de gestión de mantenimiento**


- Utiliza un sistema de información basada en un conjunto de documentos y herramientas. El objetivo es implementar la efectividad del plan y mejorar sus resultados.
- Todos en la organización trabajan de manera conjunta buscando un fin común; de esta manera se consigue el alineamiento de la organización.
- El alineamiento vertical permite que las acciones que se desarrollen en busca de los objetivos se realicen desde todas las unidades operativas de la organización, consiguiendo con ello que los diferentes niveles trabajen de manera coordinada.

### **3.4.2. Tipos de avisos de mantenimiento**


- Aviso de avería: describe un estado de falla de un objeto mantenimiento, normalmente representa una avería o emergencia.
- Solicitud de mantenimiento: actividad o una medida de mantenimiento, la cual puede estar sujeta a aprobación del ejecutante.
- Aviso de actividad: describe una actividad de mantenimiento ya realizada. Es una documentación exclusivamente técnica. Puede ser originada por una inspección preventiva.

Figura 22. Clase de avisos a realizar

**AVISOS**



Herramienta que se utiliza para describir la condición de un equipo en la planta que requiere mantenimiento. Documenta el trabajo realizado y analiza las causas de tiempos de parada, partes que fallan y daños provocados por las fallas.



CLASES DE AVISOS	ACCIONES A TOMAR
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviso M1</b> Indica requisición de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviso M1</b> Se genera la OT y se programa.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviso M2</b> <b>Reporte de avería o mal funcionamiento.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviso M2</b> Si la falla <b>NO</b> es severa, se genera OT y se programa. Si la falla <b>SI</b> es severa, el responsable decide: a) Si genera una OT y se ejecuta inmediatamente. b) Si genera una OT y se programa</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviso M3</b> Reporte de una actividad (mantenimiento, revisión, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviso M3</b> Se revisa, documenta y deriva.</li> </ul>

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

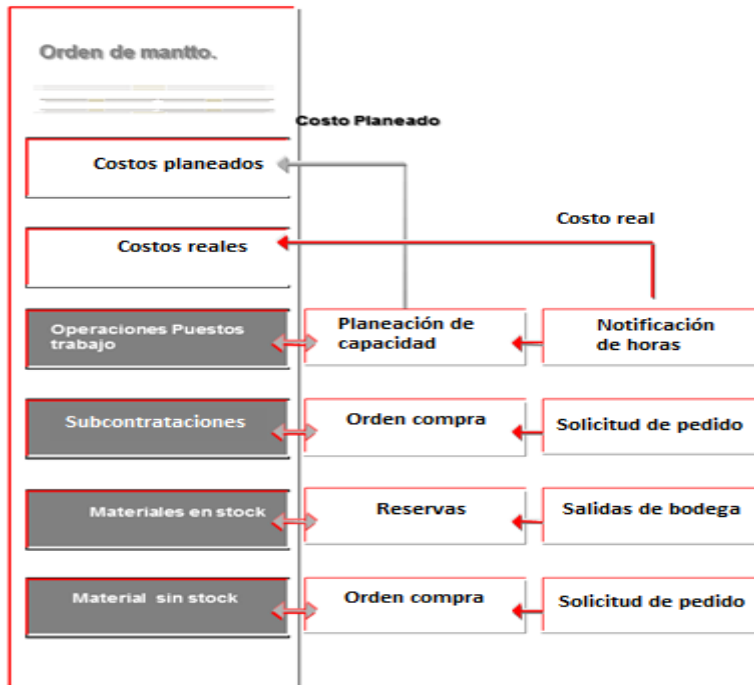
### 3.5. Definición general de orden de trabajo

Las órdenes de trabajo (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee, entre otras.

#### 3.5.1. Orden de trabajo

La orden de trabajo se usa para planear las tareas de mantenimiento, con detalle, permite dar seguimiento a todo el proceso de mantenimiento; existen varias clases de órdenes, de las cuales en este proceso solo se hará referencia a las clases PM01 la PM02.

Figura 23. **Administración de documentos de mantenimiento**



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.5.2. **Orden correctiva de trabajo (clase de orden PM01)**

Una orden correctiva de trabajo o clase PM01, puede ser creada por un aviso (reporte de avería, M2, o solicitud de mantenimiento, M1) o directamente (sin que exista un aviso); como su nombre lo indica, es la utilizada para corregir fallas en los equipos.

Esta clase de orden identifica qué se tiene que hacer para remediar un mal funcionamiento, reportado en un aviso.



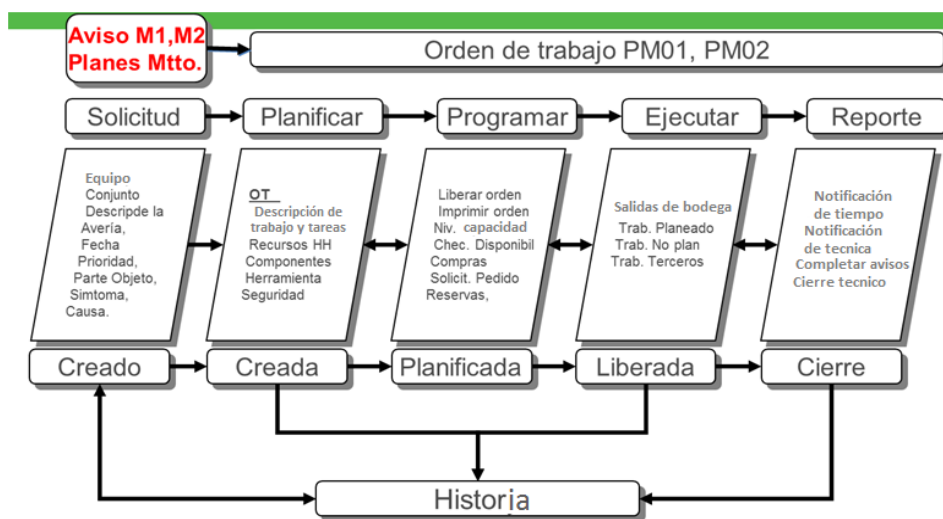
### 3.5.3. Orden preventiva de trabajo (clase de orden PM02)

Las órdenes preventivas de trabajo en un gran porcentaje son creadas de manera automática desde los planes de mantenimiento, por SAP, con base en una estrategia de mantenimiento basada, ya sea en el calendario o en actividades controladas por puntos de medida. Esta clase de orden identifica y permite planificar todas las actividades de mantenimiento que deben ejecutarse para preservar las condiciones normales de funcionamiento de los equipos.

### 3.5.4. Proceso funcional de orden de trabajo

Instrucción detallada y escrita que define el trabajo que debe realizarse por la organización del mantenimiento en la planta. Existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información.

Figura 24. Diagrama de flujo de avisos y OT



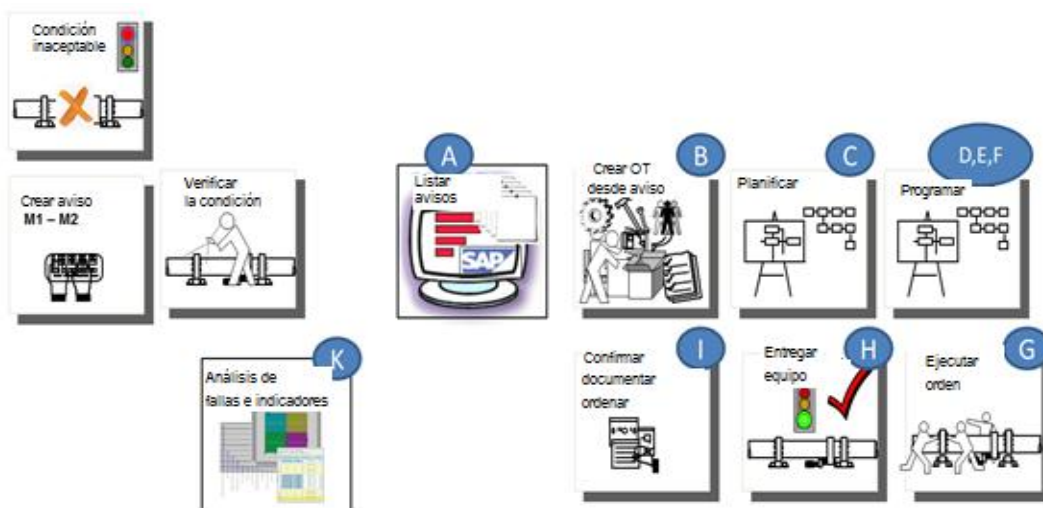
Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.5.5 Flujo de la orden de trabajo

Se desarrolla el proceso a través de las fases siguientes:

- Listar y analizar avisos (M1 y/o M2) en modo MODIFICAR
- Crear orden de trabajo
- Planificación de tareas y recursos para la orden
- Autorización de la orden
- Asignación de componentes a la orden
- Norma de liquidación, liberación y disposición de recursos
- Ejecución del trabajo y prueba del equipo
- Entrega del equipo
- Documentación de la orden
- Cierre de la orden
- Análisis de fallas e indicador

Figura 25. Diagrama de flujo proceso administrativo OT

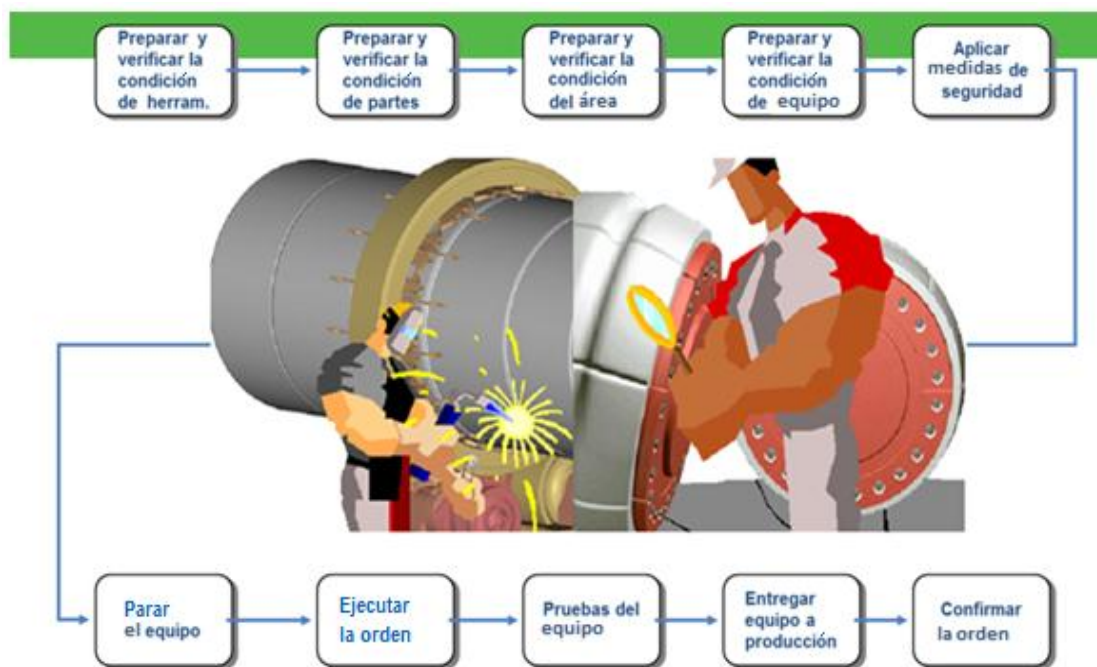


Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.5.6. Ejecución de orden y entrega de equipo

El primer paso en la diagramación es determinar los límites del proceso que se analizará. Luego se deben establecer los productos que salen del proceso y los insumos que entran. Resulta muy importante no tratar de detallar demasiado conservando el mismo nivel de detalle en todo el diagrama; mezclar actividades detalladas con actividades resumidas, normalmente, conduce a confusiones. Una vez que se tiene un diagrama con un nivel de detalle uniforme, cada uno de estos cuadros de actividad puede ser considerado un proceso; los diagramas de dichos cuadros constituyen el siguiente nivel de detalle. De esta forma se puede penetrar poco a poco en el detalle, hasta donde resulte conveniente.

Figura 26. Diagrama de flujo de proceso administrativo mantenimiento

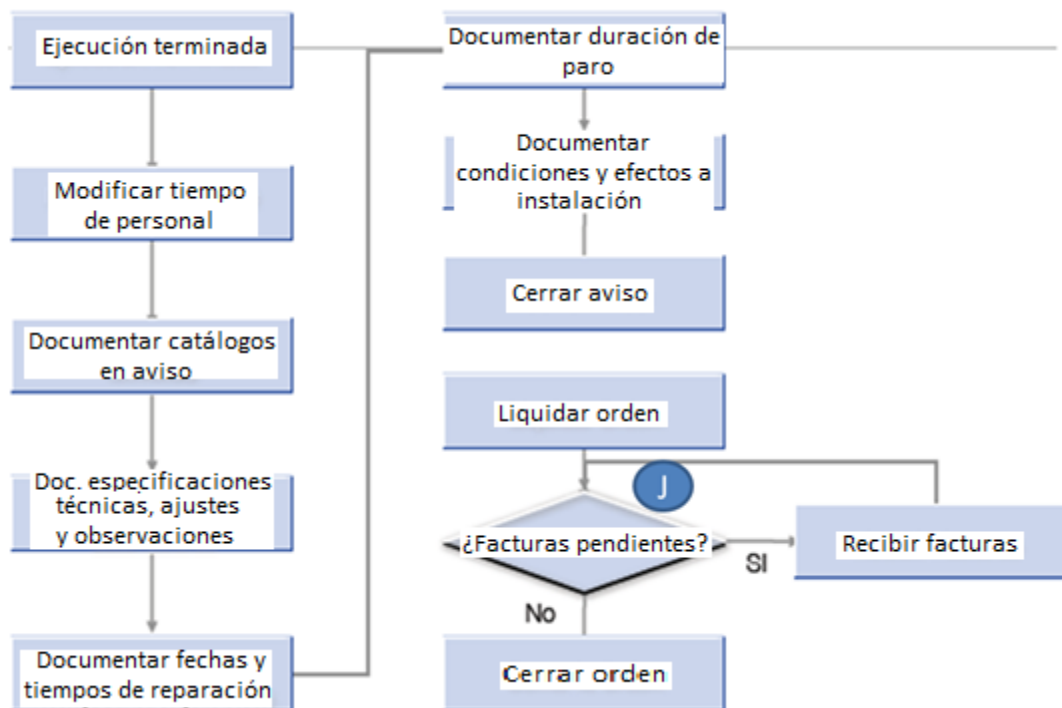


Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.5.7. Documentación y cierre de orden de trabajo

Para cerrar una orden de trabajo se deben seguir los pasos que se muestran a continuación en el diagrama de flujo. Es importante seguir los pasos de cierre de orden a cabalidad para tener un buen registro de los trabajos realizados y el historial de los repuestos, y que el planificador se pueda dar una idea de lo ejecutado en el paso en el equipo en cuestión. También puede servir para tener noción del costo involucrado en la reparación del equipo.

Figura 27. Diagrama de flujo proceso administrativo fase final



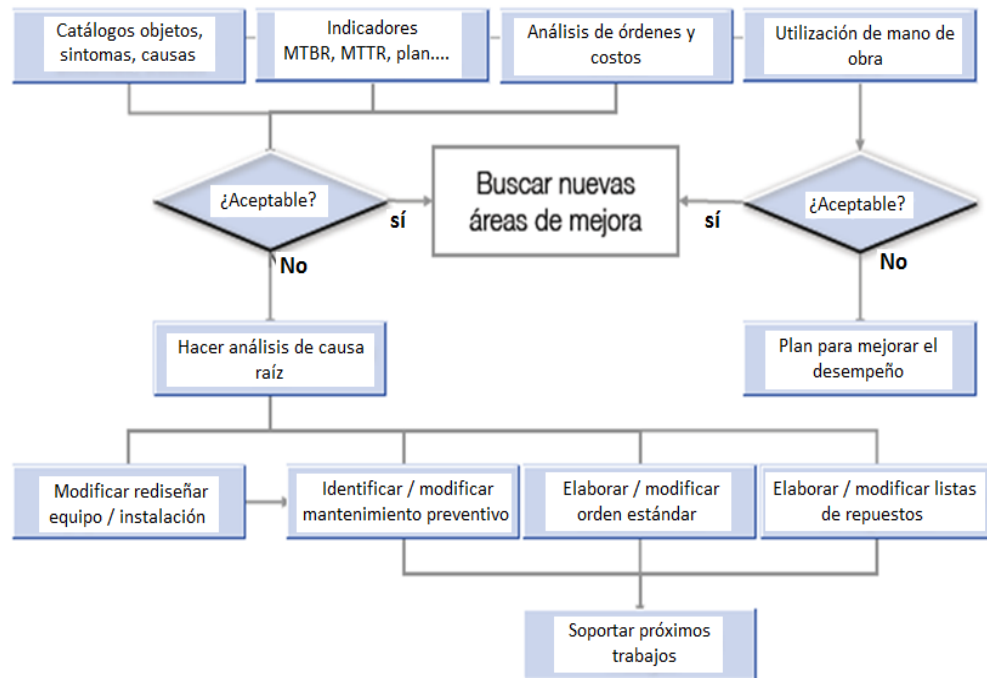
Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.5.8. Análisis de fallas e indicadores

Es el estudio sistemático y logístico de las fallas, para determinar la probabilidad, causa y consecuencia de las mismas.

Cuando un producto ingenieril cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas de vidas, paradas imprevistas de planta, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación. En razón de sus aspectos legales, los resultados de los análisis de fallas pueden ser usados como base de litigaciones y reclamos de seguros.

Figura 28. Diagrama de flujo de proceso administrativo



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### **3.6. Mantenimiento preventivo**

En las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la revisión y reparación, que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, en oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, entre otros. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

#### **3.6.1. Planes basados en tiempo**

Se considera que los equipos requieren de ciertas actividades de mantenimiento que se deben ejecutar cada mes. Algunas otras actividades se deben ejecutar cada tres meses; otras, cada seis meses o cada año.

#### **3.6.2. Operaciones OT internas o externas**

Cualquier acción operativa debe estar soportada por este documento, debiendo incluir datos, como ya se dijo en la entrada relativa a causa de fallo, para poder identificar causas, fallo y síntomas.

Tabla V. **Tipos de trabajo para realizar una PMR interna o externa**

<b>TRABAJO INTERNO</b>		<b>TRABAJO EXTERNO</b>	
Clave de control: PM01 o similar		Clave de control: PM02 o similar	
Contenido:	Puesto de trabajo Clave de operación Carga necesaria Datos operación Datos de impuestos	Contenido:	Proveedor Grupo de compras Precio neto Organización de compras Registro - Infoventas

Fuente: elaboración propia.

### **3.6.3. Tipos de planes de mantenimiento preventivo**

- Planes en función de días naturales. Días de calendario de fábrica
- Planes en función de la actividad desarrollada como horas operadas
- Con estrategia de mantenimiento preventivo

### **3.6.4. Frecuencias de mantenimiento**

Existen dos formas de indicar la frecuencia con la que debe realizarse una tarea de mantenimiento:

- Siguiendo periodicidades fijas, es decir, indicando el espacio de tiempo que debe transcurrir entre intervenciones.
- Determinándola a partir de las horas de funcionamiento.

### **3.6.5. Frecuencias de planes de mantenimiento**

El plan de mantenimiento de una instalación es el conjunto de tareas preventivas que hay que realizar en esta antes de que ocurra un fallo.

Precisamente con la intención de evitarlo. Además de determinar las tareas, hay que fijar la frecuencia con la que se realiza cada una de ellas. Existen tres formas de determinar la frecuencia, y además, esta puede indicarse en forma de periodos fijos de tiempo o en función de las horas de funcionamiento.

Tabla VI. **Tipos de frecuencias para realizar mantenimiento preventivo**

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	
<b>Posición de mantenimiento</b>	
<b>Hoja de ruta</b>	
<b>Operaciones</b>	
	<b>1M Servicio mecánico</b>
	<b>3M Servicio mecánico</b>
	<b>6M Servicio mecánico</b>
	<b>1A Servicio mecánico</b>

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### **3.6.6. Métodos para definir las frecuencias en planes de mantenimiento**

- Métodos estadísticos: la primera es compleja, y no siempre (más bien rara vez) se dispone de datos suficientes como para realizar un estudio estadístico adecuado (distribución de Weibull).
- Modelos matemáticos: son modelos complejos, y de nuevo, un Departamento de Mantenimiento no siempre dispone de tales modelos, ni es capaz de desarrollarlos. El fabricante de la pieza puede disponer de tales modelos o de herramientas suficientes para determinar la vida de



cada componente, aunque desde luego no son técnicas sencillas de aplicar ni ofrecen resultados irrefutables.

- Basándose en la experiencia de los técnicos que deben elaborar el plan de mantenimiento: seguramente esta es la forma más habitual de realizarlo, sencillamente porque las dos anteriores resultan de una complejidad excesiva para un departamento de mantenimiento habitual. Se requiere por tanto cierta experiencia a la hora de redactar un plan, o en su defecto, aprovechar la experiencia de otros.

### **3.7. Análisis de retorno de inversión por mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo basado en condición (predictivo) ha demostrado ser de utilización imprescindible dentro de la industria (mantenimiento centrado en fiabilidad).

Las "mejores prácticas" en mantenimiento predictivo exigen la utilización de todas las técnicas disponibles, a fin de detectar cualquier posible modo de fallo de los equipos y sistemas a mantener, consiguiendo así los muchos beneficios que se derivan de una correcta gestión.

Como se sabe, las técnicas más utilizadas son: vibración, termografía, captación de ultrasonidos, análisis de aceites, análisis del circuito de motores (MCA) e inspección sensorial.

#### **3.7.1. Indicadores de efectividad**

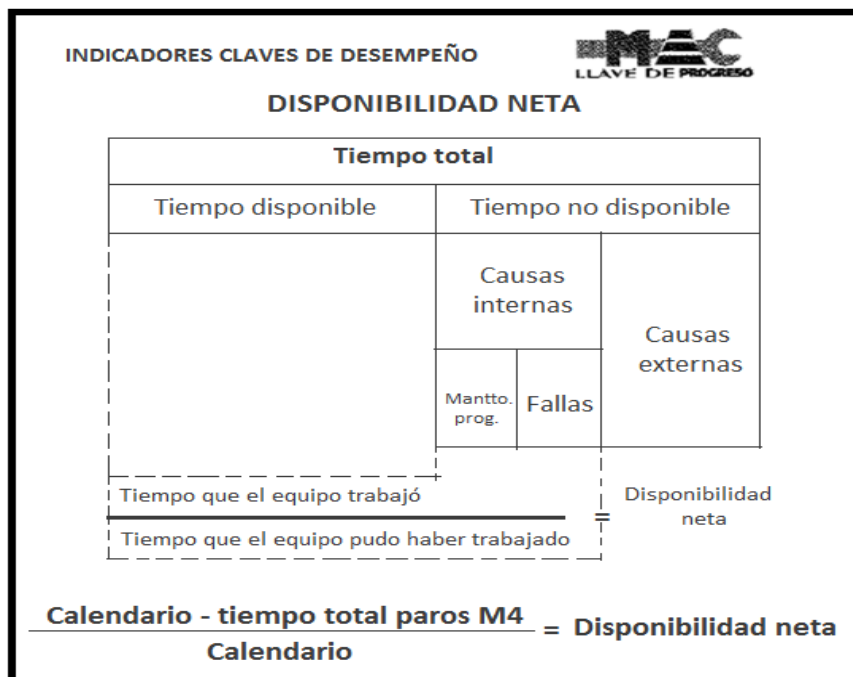
Los indicadores de efectividad son utilizados para evaluar la gestión de los equipos. Son de gran utilidad para la toma de decisiones y el establecimiento de

metas. Deben ser creados informes precisos y específicos del desempeño de los equipos, algunos de los cuales deben ir acompañados de gráficos fáciles de interpretar, de acuerdo con el nivel de gestión.

### 3.7.2. Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo representa el tiempo disponible de un ítem al servicio de la unidad de producción; la misma se calcula en porcentaje en un tiempo determinado. Relación entre la diferencia de número de horas del período considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento para cada ítem observado, y el número total de horas del período considerado

Figura 29. **Indicador disponibilidad neta**

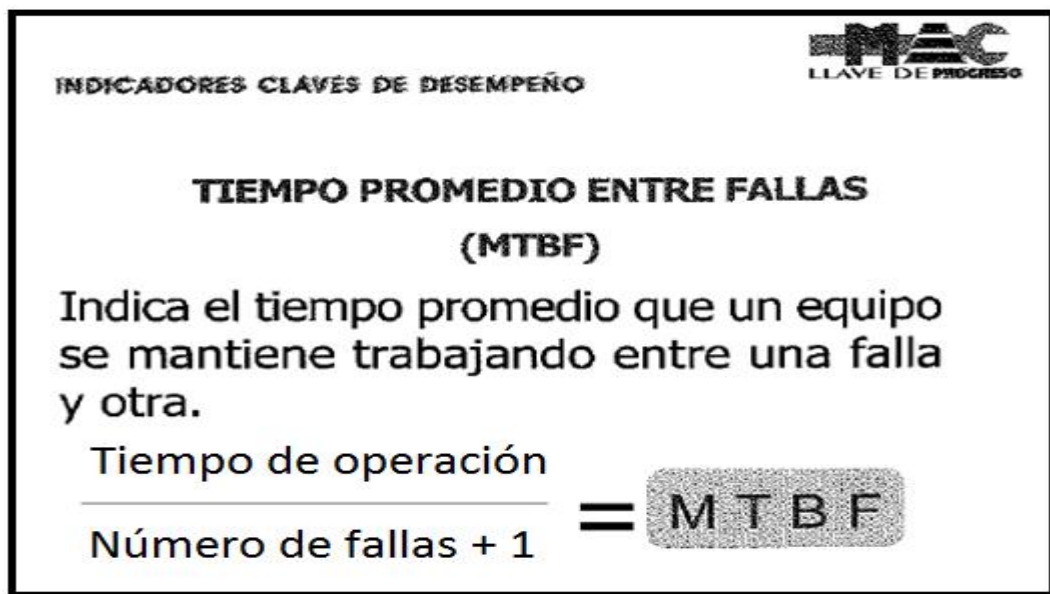


Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.7.3. Indicador MTBF

Tiempo promedio entre fallas: relación entre el producto del número de ítem, por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en cada uno de esos ítems en el periodo observado.

Figura 30. Indicador MTBF



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.7.4. Indicador MTBCF

Tiempo promedio entre fallas por la misma causa: indica el tiempo promedio que un equipo se mantiene trabajando entre fallas por la misma causa.

Figura 31. Indicador MTBCF



Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de la falla.

### 3.8. Clasificación de equipos según su criticidad

Una planta de cemento comprende muchos tipos diferentes de maquinaria, pero ¿cuáles son los más importantes para el proceso y que por ende requieren mayor atención? Para priorizar y enfocar las actividades de mantenimiento se debe asignar un nivel de criticidad a cada equipo de la planta. Para este efecto se ha desarrollado una definición bajo el estándar MAC-SAP.

### **3.8.1. Criticidad A**

Es todo aquel equipo que como resultado de una falla, provoca el paro inmediato del equipo principal de la línea de producción.

### **3.8.2. Criticidad B**

Es todo aquel equipo que como resultado de una falla, provoca el paro de la línea de producción en las veinticuatro horas siguientes.

### **3.8.3. Criticidad C**

Equipo que cuando falla no afecta la producción dentro las 24 horas siguientes.


### **3.8.4. Criticidad Q**

Equipo que como resultado de una falla, afecta la calidad del producto; dependiendo de la criticidad del equipo, así será la atención que se le preste para el control de su conducta.

Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que son el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, con base en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

Figura 32. **Clase de equipos críticos**

**EQUIPOS CRÍTICOS**

  
CEMENTOS PROGRESO

**Los equipos se pueden clasificar dependiendo del efecto sobre la seguridad de las personas, el medio ambiente, la producción de la planta y otros equipos al producir una falla:**

- Equipos críticos clase “A”: equipo que por mal funcionamiento o falla afecta significativamente la seguridad de las personas, el medio ambiente, o producción de toda la planta.
  
- Equipos críticos clase “B”: equipo que por mal funcionamiento o falla ocasiona una interrupción en la operación de su área, sin tener consecuencias significativas sobre la seguridad de la persona, al medio ambiente o la producción de la planta.
  
- Equipos críticos clase “C”: es aquel que al fallar no ocasiona interrupción en la operación de su área, no tiene efecto sobre la seguridad del personal, ni sobre el medio ambiente.

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### **3.9. El mantenimiento como fuente de rentabilidad**

Para evaluar la gestión del mantenimiento, se han de definir claramente los objetivos que el mantenimiento pretende conseguir. Estos objetivos se

fijarán en función de los objetivos de la empresa (rentabilidad en mercados competitivos). La mejor manera de saber si dichos objetivos se consiguen o no y cómo contribuyen a mejorar la competitividad de la empresa es cuantificarlos en términos monetarios.

Hoy en día, las estrategias del mantenimiento están encaminadas a garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de las unidades, equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costos de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente.

Los factores críticos de éxito de la gestión del mantenimiento son la disponibilidad y la eficiencia, que van a indicar la fracción de tiempo en que las unidades o equipos están en condiciones de servicio (disponibilidad) y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.

La disponibilidad se ha de tener cuando se requiere, lo cual no quiere decir que haya de ser por igual en todos los recursos (unidades), pues depende mucho de la criticidad de los mismos, y esa criticidad puede variar según las condiciones del mercado. Tener una disponibilidad demasiado elevada en recursos (unidades) que no la necesitan, solo ocasiona un exceso de costos, al hacer un uso excesivo de los recursos de mantenimiento. La mejora en los dos ratios de disponibilidad y eficiencia y la disminución de los costos de mantenimiento suponen el aumento de la rentabilidad de la empresa y por tanto tiene influencia directa sobre las utilidades.

### **3.10. Evolución del concepto de mantenimiento**

Antes de esta mirada a aspectos del mantenimiento revisemos algunas definiciones básicas:

### **3.10.1. Mantenimiento preventivo**

Tarea que involucra cambios/reconstrucciones de partes/equipo bajo una base regular, sin importar el estado de las mismas.

### **3.10.2. Mantenimiento predictivo**

Busca mediante inspecciones periódicas determinar cuándo cambiar o reconstruir una parte/equipo en función del estado actual de los mismos.

### **3.10.3. Mantenimiento detectivo**

Busca detectar la ocurrencia de fallas ocultas en equipos de protección y/o respaldo.

### **3.10.4. Mantenimiento correctivo**

Restitución del equipo al estado operativo óptimo después de la ocurrencia de una falla.

## **3.11. Riesgo de falla**

Matemáticamente, es dado por el producto de la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus consecuencias.

El objetivo fundamental del mantenimiento es preservar la función y la operabilidad, optimizar el rendimiento y aumentar la vida útil de los activos, procurando una inversión óptima de los recursos. Este enfoque del mantenimiento es resultado de una evolución importante a través del tiempo.



La literatura distingue entre estas tres generaciones diferentes de mantenimiento. Cada una de las cuales representa las mejores prácticas utilizadas en una época determinada.

En los últimos años se ha vivido un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento. Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían:

- Herramientas de ayuda a la decisión, como estudios de riesgo, modos de falla y análisis de causas de falla.
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición.
- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la confiabilidad y mantenibilidad.
- Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

A estos usos, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías de mantenimiento hasta la actualidad, de tal forma que actualmente se puede hablar de una “cuarta generación” del mantenimiento.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallas utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias de la falla, sino que se debe encontrar la causa de esa falla para eliminarla y evitar así que se repita.

Asimismo, existe una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y confiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto.

Otro punto importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento. Aparte de estas características descritas anteriormente, existen otros dos temas importantes dentro del mantenimiento actual, cuya importancia ha aumentado de manera muy importante en los últimos años

### **3.11.1. La gestión del riesgo**

Cada día cobra más importancia la identificación y control de los posibles sucesos que presentan una baja probabilidad, pero consecuencias graves; sobre todo en organizaciones que operan en industrias con riesgo.

El mantenimiento se está viendo como un participante clave en este proceso. En el pasado, este tipo de sucesos se controlaban simplemente con una extensión de los sistemas de gestión de seguridad y medio ambiente implantados en cada empresa.

Sin embargo, existe una creciente percepción de que la aplicación de estos sistemas de gestión a los sucesos de “baja probabilidad / consecuencias graves” no es efectiva, por lo que es necesario desarrollar otras metodologías.

### **3.11.2. Patrones de falla**

Las nuevas investigaciones están cambiando muchas de las tradicionales creencias sobre la relación existente en una máquina entre el envejecimiento y la falla. En particular se ha demostrado que para muchos equipos existe muy poca relación entre el tiempo de operación y la probabilidad de falla.

El enfoque inicial del mantenimiento suponía que la probabilidad de que una máquina falle aumenta según el tiempo de operación, siendo mayor la probabilidad de falla en la “vejez” de la máquina.

La segunda generación de mantenimiento introdujo el concepto de “mortalidad infantil”. De esta forma la tasa de fallas de una máquina puede ser representada con una curva de bañera, existiendo, por tanto, más probabilidad de falla durante el principio y el final de su vida útil.

### **3.11.3. Inspección basada en riesgo**

Un capítulo especial se abre con esta técnica, que establece patrones de inspección de equipos estáticos (calderas, líneas de transmisión, entre otros) en función de su riesgo asociado; nuevas aproximaciones permiten usar software para tomar en cuenta también el estado actual del equipo, lo que desencadena una continua optimización por costo/riesgo y no una frecuencia de inspección fija.

Los reportes económicos han sido cuantiosos, además de los beneficios por disponibilidad y producción. También es posible optimizar con este tipo de técnicas la frecuencia de búsqueda de fallas ocultas (pesquisa de fallas, mantenimiento detectivo).

### **3.12. Análisis costo versus disponibilidad por año, línea 3 de cal**

A continuación se muestra una gráfica de cómo se daban los costos versus el rendimiento por cada año, a partir de cuándo se implementaron las PMRs en el área de calera, específicamente en la línea 3 de cal, a la cual se le realiza el plan de mantenimiento.

Como puede observarse en los datos que se tienen en el 2008 que aún no se tenía implementado el plan de mantenimiento no existían rutinas específicas, ni PMRs oficiales en el área el costo del mantenimiento, el cual es más elevado comparado con los años siguientes y su disponibilidad es menor.

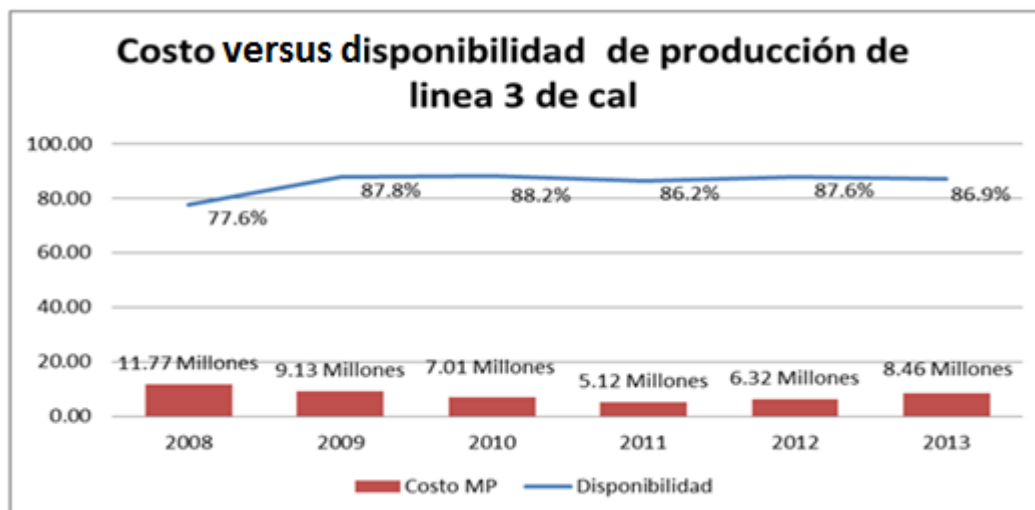
### **3.12.1. Evaluación financiera**

En la gráfica se puede observar la tendencia de los costos desde el 2008 al 2013. Se puede apreciar un crecimiento acelerado de la disponibilidad de los equipos del área de calera línea 3. Así también una disminución del costo por mantenimiento correctivo; sin embargo el costo por mantenimiento preventivo se ha elevado, lo que ha provocado un alza en los costos totales de mantenimiento. Las pérdidas por paros en la producción se pueden calcular multiplicando el tiempo total de paros provocados por fallas mecánicas (en horas) por la tasa de producción promedio por hora en el área de cal.

Es importante mencionar que al tener alta disponibilidad de los equipos, estos pueden operar por más tiempo y sin interrupciones, cumpliendo con los objetivos de la empresa.

La tasa de producción promedio de cal en el período de junio 2012 a julio 2013 es de 18 Tm/h. El total de horas de paro por fallas mecánicas en el período de julio 2012 a junio 2013 en el área de cal línea 3, es de 25,15 horas (datos extraídos de tabla de porcentajes de fallas y mantenimiento por área). De esta cuenta se tiene lo siguiente,  $18 \text{ Tm/h} \times 25,14\text{h} = 452,52 \text{ Tm}$ . Como resultado se ve una pérdida de la producción por paros debidos a fallas mecánicas de 452,52 Tm.

Figura 33. Costo versus disponibilidad



Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

En cuanto a las estrategias para conseguir la disminución de los costos totales de mantenimiento se considera que con la implementación del plan de mantenimiento se puede hacer este más eficiente, que es principalmente el rubro más elevado. Además, se podrá conseguir una disminución de mantenimiento correctivo. La meta actual es disminuir los costos totales por tonelada en un 5,5 % (metas costo USD por Tm).

El total de horas de paro por fallas mecánicas desde trituración a molinos de cemento en el periodo estimado de junio 2003 a mayo 2004 es de 320,37; según se considera por el tipo de fallas que con la aplicación de las técnicas de monitoreo de condiciones, tomando en cuenta que se va a adicionar un total de 1,476 equipos nuevos al programa, lo que equivale a un 57% más de equipos, respecto de la cantidad actual que se monitorea, y según cálculos realizados por Holcim se podrá evitar un 10% del total de fallas mecánicas. Lo que da como resultado una disminución de 32,04 horas.

Si se multiplica este resultado por la producción promedio se tiene 32,04 hrs.x172 Tm. de *clinker*/h = 5510Tm. de *clinker*. Puede verse que se tendrá un aumento aproximado de 5,510 Tm. /anuales.

### **3.12.2. Análisis de resultados**

Al analizar los resultados obtenidos se puede decir que la planta San Miguel se encuentra en una posición aceptable; esto como resultado de los esfuerzos que se han hecho para la mejora de los programas de mantenimiento que le permitan ser una planta competente, y conscientes de que el mantenimiento es una fuente de ingresos cuando los recursos son administrados en forma eficiente y las actividades son efectivas y eficaces.

Desde luego, existen aspectos en los que se puede mejorar; causa por la cual se han hecho los estudios de las condiciones actuales de desempeño de los programas de mantenimiento y sus resultados, y como consecuencia, se han hecho las recomendaciones respectivas en secciones anteriores.

De la implementación de las recomendaciones anteriores y de la disposición de cada uno de los integrantes de la organización para realizar la actividades correspondientes, depende el avance que se pueda obtener respecto del monitoreo de condiciones.

### **3.13. Identificación de equipos a los que se realizará mantenimiento preventivo**

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, entre otras, encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema.

Tabla VII. **Identificación de equipos a los que se realizará mantenimiento en horno**

<b><u>HORNO</u></b>		
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>
22-413-CS1	FAJA DE TRANSPORTE PIEDRA CALIZA	Trimestral
22-413-CS1	FAJA DE TRANSPORTE PIEDRA CALIZA	Semestral
22-413-CS1	FAJA DE TRANSPORTE PIEDRA CALIZA	Trimestral
22-413-CS2	FAJA DE RECHAZO DESCARGA ZARANDA	Semestral
22-413-CS2	FAJA DE RECHAZO DESCARGA ZARANDA	Trimestral
22-413-CS3	FAJA DE ALIMENTACION HORNO	Semestral
22-413-CS3	FAJA DE ALIMENTACION HORNO	Trimestral
22-413-CS4	FAJA RECHAZO DE GRUESO PIEDRA CALIZA	Semestral
22-413-CS4	FAJA RECHAZO DE GRUESO PIEDRA CALIZA	Trimestral
22-413-CV1	ZARANDA VIBRATORIA	Semestral
22-413-CV1	ZARANDA VIBRATORIA	Trimestral
22-463-CG1	CARGADOR RETRACTIL TOLVA DE CENIZA	Semestral
22-463-FT1	COLECTOR PRINCIPAL DEL HORNO	Semestral
22-463-FT1	COLECTOR PRINCIPAL DEL HORNO	Semestral
22-463-FT2	COLECTOR DE POLVO SOBRE TOLVA DE CENIZA	Semestral
22-463-FT3	COLECTOR DE POLVO BAJO TOLVA DE CENIZA	Semestral
22-463-HV1	HORNO VERTICAL DE CAL LINEA #3	Semestral
22-463-SR1	SOPLADOR #1 COMBUSTION HORNO	Trimestral
22-463-SR1	SOPLADOR #1 COMBUSTION HORNO	Semestral
22-463-SR2	SOPLADOR #2 COMBUSTION HORNO	Semestral
22-463-SR2	SOPLADOR #2 COMBUSTION HORNO	Trimestral
22-463-SR3	SOPLADOR #3 COMBUSTION HORNO	Semestral
22-463-SR3	SOPLADOR #3 COMBUSTION HORNO	Trimestral
22-463-SR4	SOPLADOR TRANSPORTE DE CENIZAS	Semestral
22-463-SR4	SOPLADOR TRANSPORTE DE CENIZAS	Semestral
22-463-SR4	SOPLADOR TRANSPORTE DE CENIZAS	Trimestral

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Identificación de equipos a los que se aplicará mantenimiento en hidratadora**

<b>HIDRATADORA</b>		
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>
22-533-AV1	VIBRADOR DE DESCARGA A HORNO	Semestral
22-543-351	SILO METAL GAL VIVA	Semestral
22-543-CS1	FAJA ALIMENTACION HIDRATADORA	Semestral
22-543-CS1	FAJA ALIMENTACION HIDRATADORA	Trimestral
22-543-FT2	COLECTOR DE POLVO HIDRATADORA	Trimestral
22-543-HY1	HIDRATADORA #3	Trimestral

Fuente: elaboración propia.


Tabla IX. **Identificación de equipos a los que se realizará mantenimiento en molino**

<b>MOLINO</b>		
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>
22-563-EC1	ELEVADOR ALIMENTACIÓN MOLINO DE BOLAS	Trimestral
22-563-EC1	ELEVADOR ALIMENTACIÓN MOLINO DE BOLAS	Semestral
22-563-EC1	ELEVADOR RECIRCULACIÓN MOLINO	Anual
22-563-EC2	ELEVADOR RECIRCULACIÓN MOLINO	Trimestral
22-563-FT1	COLECTOR DE POLVO MOLINO DE BOLAS	Trimestral
22-563-FT1	COLECTOR DE POLVO MOLINO DE BOLAS	Semestral
22-563-MB1	MOLINO DE BOLAS	Semestral
22-563-MB1	MOLINO DE BOLAS	Trimestral
22-563-MB1	MOLINO DE BOLAS	Anual

Fuente: elaboración propia.



Figura 34. Ejemplo 1 de PMR de un equipo de la línea 3 de cal

	Rutina De Mantenimiento Inspeccion Inmestral Mecanica Cementos Progreso S.A., Planta Calera Línea 3	Area 22-463-HV1 Equipo 22-413-CS1	
	22-413-CS1 Faja Transportadora túnel.	Fecha Revisión	11/07/2013
		No. Revisión	0
		Fecha Emisión	14/08/2010
Página 1 de 3			

**22-413-CS1 Faja transportadora túnel.**  
**Ubicación Nivel # 1 Alimentación Zaranda nivel 2.**

Mano de obra requerida: 2 Personas.  
 Tiempo Estimado: 5 Horas.  
 Frecuencia: Trimestral.

**EQUIPO DE PROTECCIÓN**  
 Casco, botas de seguridad, lentes googles, mascarillas, tapones auditivos, guantes.

**MEDIDAS DE SEGURIDAD**  
 1 Avisar a control central, bloquear con candado y colocar tarjeta de identificación al equipo.  
 2 **NOTA:**  
**USAR LLAVE RITAL PARA HABRIR EL GABINETE Y PODER BLOQUEAR.**  
 AC 025 22-413-CS1 (Ubicación en MCC 1M1 H16)  
**(Dispositivo Máster lock S430) y Candado Dieléctrico.**

3 Coordinar con personal eléctrico, instrumentación y de lubricación las actividades a realizar.  
**HERRAMIENTAS Y MATERIALES.**

Cant.	Descripción
1	Llave cola corona 3/4"
1	Llave cola corona 1/2"
1	Llave cola corona 9/16"
1	Copas de 1/2", 9/16", 3/4"
1	Rach de 1/2"
1	lámpara de mano
1	Cepillo de alambre
1	Extensión con foco
1	Brocha de 3"
1	Martillo de 2 Lbs.
1	Manguera de 1/4" (para aire comprimido)
1	Metro
1	Cangrejo 12
1	Llave 1/4"

**ACTIVIDADES A REALIZAR EN 8 HORAS.**  
 22-413-CS1 Faja Transportadora Del Túnel  
**NIVEL 2.**  
 1. Abrir registró con la mano de tolva lado transmisión y Verificar desgaste del chifle de descarga:  
 a) Si hay desgaste en coraza tomar medidas de la o las corazas para que la fabriquen y se cambia en próxima oportunidad.

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

Figura 35. Ejemplo 2 de PMR de un equipo de la línea 3 de cal

b) Revisar graduación del raspador del rodo lado tracción que esté pegado a la faja si está despegado graduarlo por lado afuera se le pasa cepillo de alambre al tornillo se le aplica aflojalotodo y con cangrejo 12 o llave cola corona de 27mm. O 1.1/16" se deja pegado a la faja.

2. Con llave cola corona ¼", o 13 mm.copa y ratch de ¼" Se desmonta el cobertor Se verifica el desgaste, fisuras, tornillos flojos de las poleas y alineamiento de las poleas. A las fajas de transmisión se le verifica el desgaste, fisuras, grietas, tensión.

3. Si necesita tensión o cambio de fajas, tomar medidas en las cuatro esquinas para dejarlas igual y se afloja las tuercas de los tornillos tensores con cangrejo # 18 y con aliñador laser se alinean las poleas.

OBSEVACIÓN: sise cambian las fajas hacer OT. Con aviso M2 para sacar las fajas del almacén.

4. Revisión de guías de contrapeso: visualmente verificar si tiene desgaste las guías y determinar el cambio cuando ya tiene demasiado desgaste.

**Nivel 1.**

5. Revisión y ajuste del raspador lado libre o lado rodo cola.  
a. verificar que este completo el elemento raspador y que esté bien graduado.  
b. La graduación consiste en que el elemento raspador esté completamente pegado a la faja.

6. Si los faldones laterales presentan desgaste, hacer OT. Con Aviso M2 y cambiarlos.

7. Revisión del estado de la banda, fisuras y desgaste.

8. Asegurar que el registro quede bien sellado.

9. Quitar candado de bloqueo del equipo, avisar a control central que el equipo queda disponible.

Si se encuentra alguna anomalía en puntos anteriores, corregir si es factible su corrección inmediata, en caso contrario avisar al MECANICO EXPERTO para generar el aviso M2 correspondiente para su reparación.

Al término del trabajo realizar limpieza del área

**DOCUMENTO DE REFERENCIA SAA:**  
Al término del trabajo asegurar que los residuos generados sean dispuestos correctamente según lo establecido en los siguientes catálogos:

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

Figura 36. Ejemplo 3 de PMR de un equipo de la línea 3 de cal

a) Residuos peligrosos SAA-SM-UG-CA-3 y  
 b) Residuos no peligrosos SAA-SM-UG-CA-04

**DOCUMENTO DE ATENCION DE ACCIDENTES O FALLAS SAA:**  
 En caso de ocurrir un derrame o fuga proceder conforme a lo establecido en el procedimiento SAC-SM-AI-PR-04  
 PLAN DE EMERGENCIA

Observaciones:

---



---



---

Revisó:	Aprobó:	Autorizó:
Ing. Alberto Trujillo.	Ing. Enrique López Ing. Víctor Blanco.	Ing. Victor Blanco.

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.14. Rutas VOSO a equipos de línea 3, calera planta San Miguel

Los equipos del área de calera de la línea 3 son nuevos, por lo que los antecedentes de los equipos no se pueden dar, más que indicar que están en funcionamiento constante y por lógica no presentan fallas recientes.

#### 3.14.1. Buenas prácticas en la realización de los VOSOA

Para iniciar las rutas VOSOA siempre se hace desde la parte más complicada de la ruta hacia la parte más fácil, para que al final se termine con la misma fuerza y detalle con la que se inicia. Siempre tomar en cuenta que lo más importante en esta inspección es el detalle en el reporte, el cual si está bien analizado por el planificador y mecánico predictivo, puede significar realizar un mantenimiento preventivo que permita seguir en operación constante.

### **3.14.2. Análisis económico sobre buenas prácticas de VOSOA**

Hoy en día las estrategias del mantenimiento están encaminadas a garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de las unidades, equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costos de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente.

Los factores críticos de éxito de la gestión del mantenimiento son la disponibilidad y la eficiencia, que van a indicar la fracción de tiempo en que las unidades o equipos están en condiciones de servicio (disponibilidad) y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.

La disponibilidad se ha de tener solo cuando se requiere, lo cual no quiere decir que haya de ser por igual en todos los recursos (unidades), pues depende mucho de la criticidad de los mismos, y esa criticidad puede variar según las condiciones del mercado. Tener una disponibilidad demasiado elevada en recursos (unidades) que no la necesitan solo ocasiona un exceso de costos, al hacer un uso excesivo de los recursos de mantenimiento.

### **3.14.3. Antecedentes de los equipos de calera, línea 3**

Todos los equipos del área de calera de la línea 3 son nuevos; en resumen los equipos principales son el horno principal, la hidratadora y la trituradora; el molino de bolas es marca MAERZ, importado desde Alemania; los sopladores del sistema son marca ROBUSCHI, todos los equipos son nuevos, por lo que se hace necesario realizar un plan de mantenimiento preventivo y rutas VOSOA.

#### **3.14.4. Situación actual de los equipos**

Los equipos del área de calera de la línea 3 son nuevos, por lo que los antecedentes de los equipos no se pueden dar, más que indicar que los equipos están en funcionamiento constante y por lógica no presentan fallas recientes.

#### **3.15. Conceptos de inspección de VOSO**

Son técnicas basadas en los sentidos humanos para la detección de fallas en los equipos; se aplican con el equipo en marcha, para tener una apreciación inmediata de la condición de los equipos. Cuando se necesita dejar constancia de una condición específica, se requiere el uso de cámaras fotográficas, moldes, videos, entre otros.

##### **3.15.1. Ver**

Es simplemente la utilización de la vista para la detección de fugas, humo o cambios de color de superficies por recalentamiento y toda aquella anomalía que puede ser observada a simple vista.

##### **3.15.2. Oír**

El análisis del ruido (ondas sonoras en el rango audible) de una máquina, como técnica de monitoreo de su condición mecánica, es menos usada que el análisis de vibraciones, debido a la interferencia entre el ruido directo de otras máquinas cercanas. Su principal aplicación es en el monitoreo de máquinas muy pequeñas donde no se podría ubicar un sensor de vibraciones, o donde la

masa agregada por el sensor de vibraciones alteraría la dinámica propia de la máquina.

### **3.15.3. Sentir**

Utilización del tacto para detectar vibraciones o temperaturas anormales.

### **3.15.4. Oler**

Uso del olfato para detectar fugas y recalentamiento.

### **3.15.5. Importancia de la técnica VOSO**

La inspección VOSO es importante porque no todo puede vigilarse mediante sensores. La inspección VOSO permite la posibilidad de evaluar la condición física general. Una evaluación general no puede hacerse con un solo instrumento.

### **3.15.6. Definición de VOSO**

Las rutas lógicas de inspección (VOSO) son las guías de inspección donde se describen los equipos y sus componentes. Las instrucciones son tan explícitas como sea posible, y tienen por objeto evitar que algún elemento de los equipos se quede sin inspeccionar, y se hacen de acuerdo con la distribución física de los equipos en la planta.

### **3.15.7. Objetivo de VOSO**

Identificar cada equipo (máquina o infraestructura) que tenga alguna desviación, en su fase inicial con el propósito de ser capaces de preparar el reacondicionamiento de la manera más segura y económica, teniendo como fin la preparación y adquisición de recursos con el menor impacto en términos de pérdidas de producción y deterioro de la condición de los equipos, así como también todas las condiciones inseguras de las instalaciones o equipos.

### **3.15.8. Requisitos para realizar un VOSO**

- Generar de rutas en sitio (mecánicas, eléctricas, instrumentación y lubricación).
- Generar rutas por cada función (especialidad).
- Considerar condiciones de seguridad y mantenibilidad.
- Ser tan específicos como sea posible.
- Inspeccionar las áreas y los equipos sistemáticamente de acuerdo con la frecuencia establecida.
- Identificar las desviaciones en forma temprana, para tener tiempo suficiente desde la generación del aviso y orden hasta la ejecución, para permitir la preparación y adquisición de materiales y/o servicios a través del sistema de reservas y programar oportunamente un paro con producción.

- Hacer el seguimiento adecuado a los avisos generados.
- Apoyar cuando sea necesario en las reparaciones.
- Comprobar la correcta operación de los equipos una vez se hayan reparado.

### **3.15.9. Premisas para realizar un VOSO**

- Las rutas lógicas de inspección se utilizarán sistemáticamente como guías para la identificación de desvíos en los equipos de planta.
- Las rutas se crean identificando los equipos y los componentes de estos.
- Las especificaciones se detallan a nivel de componente.
- Existen rutas para cada función (eléctrico, instrumentación, mecánico, y lubricación) y se han confrontado entre sí para asegurar la consistencia, garantizando que no se han dejado elementos sin inspeccionar; asimismo se han considerado las condiciones de seguridad en cada especialidad.
- Las rutas se inician desde arriba hacia abajo y desde la parte más alejada del taller.
- La duración máxima de la ejecución de la ruta no excede de 4 horas.
- La ruta la inicia y la termina la misma persona.
- Sistemáticamente se llevan a cabo las inspecciones de equipos utilizando las rutas lógicas de inspección (VOSO) y el plan de mantenimiento preventivo.



- Para cada equipo que presente desvíos (problemas), se crea el aviso correspondiente.
- Dependiendo de la gravedad del desvío, el visitador de preventivo debe informar inmediatamente (a través del radio o cualquier otro medio) al coordinador responsable y/o encargado de área de corregir el desvío y una vez que el solicitante se ha asegurado, que se ha tomado la acción correspondiente, se crea el aviso en el sistema y se sigue el procedimiento de emergencia.
- Si el desvío no se considera urgente, se procederá a la creación del aviso para posteriormente notificar verbalmente al coordinador responsable y/o encargado de área.
- La descripción del aviso debe ser lo más claro posible, y en su caso deberá incluir datos como números de parte de los elementos a reparar, código de almacén, y alguna información adicional que identifique el repuesto.
- El coordinador responsable y/o encargado de área deberá hacer una evaluación técnica y económica del trabajo solicitado.
- En caso no fuera factible la ejecución del trabajo solicitado, deberá informar al solicitante las razones por las cuales no procede dicho trabajo.
- Para los trabajos donde sí es factible la ejecución, los avisos serán convertidos en órdenes.

#### **3.15.10. Procedimiento para realizar un VOSO**

- Revisión física de los equipos en planta.

- Revisión física y documentación de sus componentes.
- Especificación de las instrucciones (por función) de la inspección, incluyendo valores medidos en la medida de lo posible.
- Comprobación de la consistencia de los instructivos.
- Distribución de actividades de inspección por día, considerando toda la semana.
- Carga de datos y programación en SAP PM.
- Generación semanal de las rutas lógicas (VOSO).
- Ejecución sistemática de las rutas lógicas (VOSO).
- Elaboración de avisos a mantenimiento.
- Seguimiento a la evolución de las fallas reportadas y certificación de la programación de órdenes de mantenimiento.
- Apoyo en la ejecución del trabajo y prueba del equipo (en caso necesario).
- Entrega del equipo.
- Análisis de la falla.

#### **3.15.11. Política para realizar un VOSO**

- La ejecución de las rutas lógicas de inspección será según se han programado.

- Los visitantes serán responsables de la detección de desviaciones y la generación de los avisos.
- En casos de urgencia, se notificará de manera directa a los responsables de la ejecución.

Cada equipo que presente desviaciones deberá ser reportado a través de los avisos de mantenimiento correspondientes

### **3.16. Cultura de personal de la planta San Miguel**

En la planta San Miguel de Cementos Progreso S. A., específicamente en el área de producción de cal, se puede observar un estado de motivación positiva, deseo de cooperación y participación del personal, lo cual es beneficioso para la implementación de cualquier proyecto y es un factor que se puede aprovechar para el mejoramiento del programa de monitoreo de condiciones.

En los niveles jerárquicos superiores se percibe una cultura de adaptación a los cambios, y al uso de tecnologías y herramientas de avanzada que permitan a la empresa mantenerse en un nivel de competencia acorde a las exigencias de los nuevos mercados, con clientes más exigentes. Están en la disposición de hacer la inversión de los recursos necesarios para el éxito de los proyectos, siempre que se justifiquen adecuadamente.

Se tiene claro que existen nuevos competidores y que la manera de mantener la participación en el mercado es cumpliendo con las exigencias de los clientes y siendo innovadores en cuanto a nuevos y mejores productos que cumplan con los estándares de calidad y precios; que permitan ser una buena opción para el cliente. En cada uno de los demás niveles se percibe un clima

de receptividad de las obligaciones asignadas para el desarrollo de las actividades necesarias, con el objetivo de lograr que tengan el éxito propuesto. Se puede ver que los equipos de trabajo se sienten comprometidos con las metas para que estas tengan el mayor alcance.

### **3.17. Equipos a los cuales se les realizará los VOSO**

La calera de planta San Miguel se encuentra conformada por 3 líneas de producción de cal, línea 1, línea 2 y línea 3, la cual está sometida a análisis en este informe. Esta línea se divide en tres partes que son las más importantes:

#### **3.17.1. Horno vertical de cal**

Es el encargado de calentar la piedra caliza; este horno cuenta con dos cubas que se turnan para transportar y calentar el material, es un proceso en el cual el material se apila verticalmente.

#### **3.17.2. Molino de bolas de cal**

Este se encarga de moler el material para dejarlo a la granulometría adecuada, para su comercialización; este procedimiento se realiza por medio de un acorazado que tiene el molino en toda la parte interna y bolas de acero de diferente diámetro que al entrar en contacto con el material y las corazas del molino, muelen el material comprimiendo en repetidas ocasiones.

#### **3.17.3. Hidratadora de cal**

En la hidratadora la cal viva (óxido de calcio) es trasladada a una hidratadora en donde se le agrega agua al producto; al hidratarse la piedra de

cal viva se convierte en cal hidratada (polvo fino de color blanco); el mismo es un proceso exotérmico, el cual consiste en que cuando a la cal viva se le agrega agua la reacción libera calor.

Tabla X. Ejemplo de ruta VOSO

22-463-HR1 HORNO 3 CALERA		
RUTA VOSO MECÁNICA Y LUBRICACIÓN		
RUTA UNIFICADA		
Realizada por:	FECHA	
22-413-CS1 FAJA DE TRANSPORTE PIEDRA CALIZA	si	no
¿ Hay alguna condición insegura ?		
¿ Hay buena iluminación ?		
¿ Está limpia el área ?		
¿ Está la tornillería completa ?		
¿ Limpiar el número de Hac's ?		
¿ Está colocado y en buen estado el cobertor del rodo cola ?		
¿ Se ven apretadas las chumaceras ?		
¿ Se encuentra en buen estado los tornillos tensores ?		
¿ Se ve la faja en buen estado ?		
¿ Está el raspador en buen estado ?		
¿ Está en buen estado el mecanismo del raspador lado cola ?		
¿ Limpiar chumaceras ?		
¿ Está limpia la tubería o grasera de chumaceras ?		
¿ Están engrasadas las chumaceras ?		
¿ Hay vibración anormal en chumaceras de rodo cola ?		
¿ Hay ruido anormal en chumaceras del rodo de cola ?		
¿ Hay tornillos flojos en chumaceras del rodo de cola ?		
¿ Hay temperatura anormal en chumaceras del rodo de cola ?		
¿ Que temperatura tiene la chumacera lado norte ?		
¿ Hay daño en uniones de la faja ?		
¿ Que temperatura tiene la chumacera lado sur ?		

Fuente: elaboración propia, empleando Project.

Tabla XI. Ejemplo de ruta VOSO lleno

<b>22-463-HR1 HORNO 3 CALERA</b>		
<b>RUTA 1 VOSO MECÁNICA</b>		
<b>Nota: estos equipos paran y arrancan sin previo aviso tener mucho</b>		
Realizada por:	Fecha	
<b>NIVEL 1</b>		
<b>FAJA 22-413-CS1 Cola de faja ( Los rodillos estan numerados lado plantas MAK)</b>		
Hay alguna condición insegura (Barandas, Accesos, Material Derramado, entre otros)	si	no
Está en buen estado la faja transportadora (Desgaste, Unión, entre otros)	si	no
Está en buenas condiciones cojinetes y rodo de cola (Desgaste, Suciedad, entre otros)	si	no
Esta en buenas condiciones rascador (Hule, Estructura, Posición entre otros)	si	no
Esta en buen estado estructura de Chifles, Tolvas, Faldones, rodos a lo largo de faja	si	no
Comentarios:		
<b>22-413-AV1 VIBRADOR (ALIMENTADOR # 1)</b>		
Hay alguna condición insegura (Barandas, Accesos, Material Derramado, entre otros)	si	no
<b>Motor</b>		
Hay condiciones anormales en motor (Vibración, Ruido, Cables, Base, entre otros)	si	no
Temperatura ( °C )	si	no
<b>Estructura</b>		
Hay desgaste, fisuras, roturas en ( tornillos, tolva, cables de tension, resortes (4) entre otros)	si	no
Hay daños en compuerta de cadena y polea (Desgaste, Fisuras, Fugas, entre otros)	si	no
Comentarios:		

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

Figura 37. Clave modelo de VOSO

CLAVE MODELO		VOSO
La técnica VOSO se realiza con el equipo en marcha y a intervalos muy cortos, la mayoría de los equipos de la planta están afectos a esta práctica		
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco de protección</li> <li>• Lentes protectores</li> <li>• Mascarilla</li> <li>• Botas (punta de acero y suela antideslizante)</li> <li>• Tapones para oídos(si el ruido es excesivo)</li> </ul>	
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo en marcha, tener cuidado con partes móviles</li> </ul>	
Indicaciones		
Ver:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza del área y de los equipos</li> <li>• Que los equipos cuenten con guardas y elementos de protección</li> <li>• Observar que los procesos sean normales</li> <li>• Que no existan fugas o derramamientos de material, líquidos hidráulicos, aceites lubricantes, agua, entre otros.</li> <li>• Que los indicadores de temperatura, nivel y presión, se encuentren entre los parámetros normales de operación</li> <li>• Que no existan excesos o falta de grasa</li> <li>• Que no existan cambios súbitos de temperaturas en los equipos</li> <li>• Que no existan elementos flojos</li> <li>• Revisar que no exista corrosión</li> </ul>	
Oír:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no hayan ruidos anormales</li> <li>• Ruidos excesivos por vibraciones, resequedad (falta de lubricación), elementos flojos o mal ajustados, entre otros.</li> </ul>	
Sentir:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que los equipos móviles no vibren de manera anormal, que no existan temperaturas elevadas</li> </ul>	
Oler:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas excesivas, fugas, entre otros.</li> </ul>	
<p><b>NOTA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar mediante un AVISO M2 en el sistema</li> <li>• Avisar a encargado del área o a control central</li> <li>• En caso de necesitar un diagnóstico hacer análisis con instrumentos</li> </ul>		

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 3.18. Distribución por áreas y rutas de los VOSO

Lo más recomendable al hacer la distribución de las rutas VOSO es iniciar por el equipo que se encuentra más lejos, para que al finalizar sea más fácil para el mecánico.

Tabla XII. Ruta 1, VOSO horno de cal

<b>HORNO DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 1</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-413-CS1	FAJA DE TRANSPORTE PIEDRA CALIZA
22-413-CS2	FAJA DE RECHAZO DESCARGA ZARANDA
22-413-CS3	FAJA DE ALIMENTACIÓN HORNO
22-413-CS4	FAJA RECHAZO DE GRUESO PIEDRA CALIZA
22-413-CV1	ZARANDA VIBRATORIA
22-463-CG1	CARGADOR RETRACTIL TOLVA DE CENIZA
22-463-FT1	COLECTOR PRINCIPAL DEL HORNO

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Ruta 2, VOSO horno de cal

<b>HORNO DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 2</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-463-FT2	COLECTOR DE POLVO SOBRE TOLVA DE CENIZA
22-463-FT3	COLECTOR DE POLVO BAJO TOLVA DE CENIZA
22-463-HV1	HORNO VERTICAL DE CAL LINEA #3
22-463-SR1	SOPLADOR #1 COMBUSTIÓN HORNO
22-463-SR2	SOPLADOR #2 COMBUSTIÓN HORNO
22-463-SR3	SOPLADOR #3 COMBUSTIÓN HORNO
22-463-SR4	SOPLADOR TRANSPORTE DE CENIZAS
22-463-TL1	TOLVA DE CENIZA

Fuente: elaboración propia.



Tabla XIV. Ruta 3, VOSO horno de cal

<b>HORNO DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 3</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-483-BC1	BOMBA DE DIÉSEL
22-483-SR1	SOPLADOR #1 ENFRIAMIENTO HORNO
22-483-SR2	SOPLADOR #2 ENFRIAMIENTO HORNO
22-483-SR3	SOPLADOR #1 ENFRIAMIENTO DE LANZAS
22-483-SR4	SOPLADOR #2 ENFRIAMIENTO DE LANZAS
22-L93-DE1	DEPÓSITO DE PET COKE
22-L93-FT1	COLECTOR DE POLVO #1 DEPÓSITO DE PET COKE
22-L93-FT2	COLECTOR DE POLVO #2 DEPÓSITO DE PET COKE

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Ruta 4, VOSO horno de cal

<b>HORNO DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 4</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-L93-SR1	SOPLADOR TRANSPORTE DE PET COKE HORNO
22-L93-SR2	SOPLADOR MÓVIL DESCARGA PIPA A TOLVA
22-L93-RM1	AGITADOR TOLVA DE PET COKE
22-L93-TY1	TOLVA DOSIFICADORA DE PET COKE
22-533-CS1	FAJA ALIMENTACIÓN TRITURADORA
22-533-TS1	TRITURADORA DE MARTILLOS
22-543-FT1	COLECTOR DE POLVO TOLVA 500 TN
22-543-EC1	ELEVADOR #1 DE CAL VIVA

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Ruta 1, VOSO molino de cal

<b>MOLINO DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 1</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-563-EC1	ELEVADOR ALIMENTACIÓN MOLINO DE BOLAS
22-563-EC2	ELEVADOR RECIRCULACIÓN MOLINO
22-563-FT1	COLECTOR DE POLVO MOLINO DE BOLAS
22-563-MB1	MOLINO DE BOLAS
22-563-SP1	SEPARADOR #1 MOLINO
22-563-SP2	SEPARADOR #2 MOLINO
22-563-TF1	GUSANO DESCARGA DE HIDRATADORA
22-563-TF2	GUSANO DE ALIMENTACIÓN A SEPARADOR 1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Ruta 2, VOSO molino de cal

<b>MOLINO DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 2</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-593-AZ1	REGUERA DISTRIBUCIÓN A REGUERAS AZ2 Y AZ3
22-593-AZ3	REGUERA DESCARGA A BOMBA TRANSPORTE
22-593-BN1	BOMBA TRANSPORTE #1 DE CAL
22-593-BN2	BOMBA DE TRANSPORTE
22-593-FT1	COLECTOR DE POLVO #1 SILO CAL HIDRATADA
22-593-FT2	COLECTOR DE POLVO #2 SILO CAL HIDRATADA
22-593-SR1	SOPLADOR DE AIRE A BOMBA DE TRANSPORTE #1
22-593-SR2	SOPLADOR DE AIRE TRANSPORTE CAL HIDRATADA

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Ruta 1, VOSO hidratadora de cal

<b>HIDRATADORA DE CAL LÍNEA 3</b>	
<b>Ruta 1</b>	
<b>HAC</b>	<b>Descripción</b>
22-533-AV1	VIBRADOR DE DESCARGA A HORNO
22-543-351	SILO METAL CAL VIVA
22-543-CS1	FAJA ALIMENTACIÓN HIDRATADORA
22-543-FT2	COLECTOR DE POLVO HIDRATADORA
22-543-HY1	HIDRATADORA #3
22-543-IJ1	SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA HIDRATADA

Fuente: elaboración propia.



## **4. FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO**

### **4.1. Diagnóstico de detección de necesidades de capacitación**

Esta fase explica la forma en que se realizó la detección de necesidades de capacitación de los mecánicos que participaron en el proyecto MAC – SAP de la empresa Cementos Progreso S.A.

La detección de necesidades de capacitación permitió obtener información sobre las áreas de oportunidad en cuanto a los temas de las capacitaciones a realizarse, para incidir en el mejoramiento del desempeño de sus funciones laborales y profesionales, además de orientar sus acciones al cumplimiento de los objetivos del proyecto MAC - SAP.

### **4.2. Metodología de capacitación**

La primera actividad realizada fue una entrevista sencilla a todo el personal del proyecto MAC - SAP, en la cual se preguntó sobre los temas en que podrían actualizarse. Existió mayor comunicación con el coordinador del proyecto, y se proporcionó información importante sobre los temas de más interés.

Posteriormente se procedió a diseñar una entrevista no estructurada que sería aplicada a todo el personal mecánico del proyecto MAC - SAP, con el fin de obtener la información que permita detectar las necesidades de cada uno de ellos. Una vez diseñados, se procedió a la planificación de la capacitación,

programando el calendario de capacitaciones de los temas a impartir al personal.

Tabla XIX. **Detección de necesidades de capacitación**

Número de actividad	Actividad
1	¿Qué es una PMR?
2	¿Qué es un aviso?
3	¿Cómo generar un aviso en SAP?
4	¿Cómo generar una PMR en SAP?
5	¿Cómo generar planes de mantenimiento en SAP?

Fuente elaboración propia.

Tabla XX. **Programación de la detección de necesidades de capacitación**

Programación de planificación							
Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1			X				
2				X			
3					X		
4						X	
5							X

Fuente elaboración: propia.

Se puede observar la programación de la planificación, según las necesidades de capacitación, por lo que a continuación se muestra una explicación sobre cómo fueron desarrolladas.

Involucrados en todas las capacitaciones:

- Mecánicos del proyecto MAC - SAP
- Eléctricos del proyecto MAC - SAP
- Instrumentistas del proyecto MAC – SAP
- Lubricadores del proyecto MAC - SAP

#### **4.2.1. Desarrollo de la actividad 1. ¿Qué es una PMR?**

En este caso se impartió la capacitación autorizada por el Ing. Oscar Calderón, quien fue el responsable de programar el tiempo, el salón y los recursos para el desarrollo de la actividad y presentarla al personal del proyecto MAC - SAP, abarcando conceptos básicos de gestión de mantenimiento y qué es una PMR:

- ¿Qué es una PMR?
- Tipos de PMR
- Importancia de realizar PMR para evitar fallas
- El papel de una PMR en un plan de mantenimiento

#### **4.2.2. Desarrollo de la actividad 2. ¿Qué es un aviso?**

En este caso se impartió la capacitación autorizada por el Ing. Oscar Calderón, quien fue el responsable de programar todo para el desarrollo de la actividad y presentarla al personal del proyecto MAC - SAP, abarcando conceptos básicos de gestión de mantenimiento y qué es un aviso:

- ¿Qué es un aviso?
- Tipos de avisos

- Importancia de realizar avisos para evitar fallas
- El papel de los avisos en un plan de mantenimiento.

#### **4.2.3. Desarrollo de la actividad 3. ¿Cómo generar un aviso en SAP?**

En este caso se impartió la capacitación autorizada por el Ing. Oscar Calderón, quien fue el responsable de programar el tiempo, el salón y los recursos para el desarrollo de la actividad y presentarla al personal del proyecto MAC - SAP, abarcando conceptos básicos de gestión de mantenimiento y cómo generar un aviso en SAP:

- ¿Cómo generar un aviso en SAP?
- Pasos para generar un aviso
- Forma correcta de llenar un aviso en SAP
- Responsables de dar seguimiento a los avisos

#### **4.2.4. Desarrollo de la actividad 4. ¿Cómo generar una PMR en SAP?**

En este caso se impartió la capacitación autorizada por el Ing. Oscar Calderón, quien fue el responsable de programar el tiempo, salón y los recursos para el desarrollo de la actividad y presentarla al personal del proyecto MAC - SAP, abarcando conceptos básicos de gestión de mantenimiento y cómo generar una PMR en SAP:

- ¿Cómo generar una PMR en SAP?
- Pasos para generar una PMR
- Forma correcta de llenar una PMR



- Responsables de dar seguimiento y planificar las PMR

#### **4.2.5. Desarrollo de la actividad 5. ¿Cómo generar planes de mantenimiento en SAP?**

En este caso se impartió la capacitación autorizada por el Ing. Oscar Calderón, quien fue el responsable de programar el tiempo, el salón y los recursos para el desarrollo de la actividad y presentarla al personal del proyecto MAC - SAP, abarcando conceptos básicos de gestión de mantenimiento y cómo generar planes de mantenimiento en SAP



- ¿Cómo generar un plan de mantenimiento en SAP?
- Pasos para generar un plan de mantenimiento en SAP
- Responsables de dar seguimiento a los planes de mantenimiento
- Formato de asistencia del personal

El cumplimiento al 100 por ciento de las capacitaciones deberá ser verificado a través del control de asistencia; este se convertirá en registro.

- Formato de evaluaciones: el personal deberá ser evaluado a través de un formato. La disponibilidad se ha de tener cuando se requiere, lo cual no quiere decir que haya de ser por igual en todos los recursos (unidades), pues depende mucho de la criticidad de los mismos, y esa criticidad puede variar según las condiciones del mercado. Tener una disponibilidad demasiado elevada en recursos (unidades) que no la necesitan ocasiona un exceso de costos, al hacer un uso excesivo de los recursos de mantenimiento.

- La mejora en los dos ratios de disponibilidad y eficiencia y la disminución de los costos de mantenimiento suponen el aumento de la rentabilidad de la empresa y por tanto tienen influencia directa sobre las utilidades.
- El cumplimiento al 100 por ciento de las capacitaciones deberá ser verificada a través del control de asistencia; este se convertirá en registro.

Figura 38. **Formato de asistencia del personal**

		<b>Lista de Asistencia a Cursos o Eventos</b> 		
Evento	<b>Reunión MP a molino SM.563-MR1</b>		<i>Charla de seguridad:</i>	
Departamento que organiza	<b>Mantenimiento</b>		Hoja:	
Fecha				
Hora Inicio	Hora Final			
No.	Correlativo	Nombre del Participante	Área de Trabajo	Firma
1				
2				
3				

Fuente: planta San Miguel, Cementos Progreso, S. A.

### 4.3. Encuesta evaluación de instructor

Frente a cada una de las afirmaciones o preguntas, se debe seleccionar la opción según sea su grado de acuerdo o desacuerdo (por favor no marcar más de una respuesta por pregunta y contestar todas las preguntas del cuestionario) Los resultados aportarán elementos para la evaluación integral y el mejoramiento (esta información es anónima y totalmente confidencial y su uso está orientado al mejoramiento). Gracias por su colaboración.

Figura 39. Formato de evaluaciones

EL PROFESOR:	PREGUNTA	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi nunca
1.	Demostró actualización en los temas de la asignatura / actividad académica (en sus aspectos teóricos y/o prácticos).				
2.	Promovió espacios para la participación de los estudiantes en su clase.				
3.	Promovió el desarrollo de un pensamiento crítico constructivo.				
4.	Ofreció una orientación clara a las preguntas de los estudiantes				
5.	Promovió que los estudiantes asumieran la responsabilidad de su propio aprendizaje.				
6.	El trabajo asignado por el profesor para desarrollar fuera de clase, fue pertinente para el curso.				
7.	Retroalimentó a los estudiantes respecto a su desempeño a lo largo del curso.				
8.	Asistió puntualmente a las sesiones y actividades programadas.				
9.	Cumplió con lo previsto en el plan de la asignatura o la actividad académica.				
10.	Entregó oportunamente (de acuerdo con las fechas límite de reporte de notas establecidas en el calendario académico) los resultados de la evaluación de los trabajos, informes y exámenes				
11.	Mostró interés en atender las inquietudes de los estudiantes.				
12.	Se muestra respetuoso y tolerante hacia los demás y hacia ideas divergentes.				
13.	Empleó una metodología que facilitó su aprendizaje y la comprensión de los temas				
14.	Favoreció la interacción con los estudiantes a través de tecnologías de la información y la comunicación.				

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Para el diseño de un plan de mantenimiento es necesario conocer todos los equipos que se tienen en la línea de producción con la finalidad de tener control total del MP preventivo; esto garantiza tener la menor cantidad de paros en la producción.
2. Es necesario tener una rutina de inspección preventiva de equipos, variando la periodicidad con la que se realiza y las frecuencias, dejando constancia de lo observado en las órdenes de trabajo para poder darle seguimiento continuo.
3. Es necesario inspeccionar los equipos en marcha por medio de los VOSOA para poder detectar posibles fallas en el funcionamiento; previo a que se dé un paro de emergencia, se deben inspeccionar ruidos anormales, temperaturas y desgaste, en la medida de lo posible.
4. Es necesario contar con un departamento de planificación que se encargue de monitorear la retroalimentación de las órdenes de trabajo y los avisos que realizan los mecánicos destinados a las rutinas de mantenimiento, para poder prevenir fallas en los equipos que puedan ocasionar paros de los equipos, afectando a la producción.
5. Cuando se detiene un equipo que se detecta con algún desperfecto para realizar un mantenimiento preventivo; esto garantiza que la línea de producción continúe trabajando sin tener paros de emergencia que provocan el incumplimiento de alguna entrega del producto que se está

fabricando, dándole mayor rentabilidad a la empresa y más confianza a los clientes.

## RECOMENDACIONES

Al jefe de Control de Mantenimiento:

1. Dar seguimiento continuo al plan de mantenimiento que se realizó para garantizar el buen funcionamiento de los equipos del área de línea 3 de cal.
2. Tener comunicación constante con personal de mantenimiento predictivo, para poder dar seguimiento a lo que se encuentra en las rutinas de inspección VOSOA, en los equipos de línea 3 de cal.
3. Involucrar a personal de turno en las inspecciones VOSOA, para tener más cobertura e información relevante que pueda ser útil para detectar una posible falla.

Al personal de la planta:

4. Aprovechar las PMR que se dejaron al máximo, porque de eso depende que los equipos fallen o se mantenga funcionando de buena manera; realizar los pasos que describe la PMR al pie de la letra para garantizar el objetivo de cada una, que es prevenir fallas potenciales.
5. Retroalimentar de forma clara las PMR's para tener detalles específicos del seguimiento de los posibles problemas que puedan tener los equipos; esto ayudará a tener un mejor panorama y a preparar repuestos y planificar personal y tiempo para un mantenimiento preventivo.





## BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene A. BAUMEISTER, Theodore. *Manual del Ingeniero Mecánico*. 9a. ed. México: McGraw-Hill, 1995. 2108 p.
2. CORTEZ. José. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. 9a ed. España: TEBAR, S.L., 2007. p16 .
3. División Sector Industria y de la Construcción. *Manual de mantenimiento*. Colombia: Divulgación Tecnológica, 1991. 89 p.
4. Gebr. Pfeiffer AG. *Manuales de Maerz de equipos nuevos de línea tres de cal*. México, 2009. 60 p.
5. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. *Mantenimiento industrial avanzado*. 2a ed. España: Editorial FC, 2005. 225 p.
6. LEVITT, Joel. *Preventive and productive maintenance*. 2a ed. New York: Industrial Press Inc. 2003. 345 p.
7. LINDLEY R. Higgins .*Maintenance engineering handbook*. 6a ed. Estados Unidos: McGraw Hill, 2007. 105 p.
8. Planta San Miguel Cementos Progreso S. A. *Planos y manuales técnicos de operación de equipos*. Guatemala: Cementos Progreso, 2008. 15 p.

