



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

**DISEÑO Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS,
HERRAMIENTAS Y NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, DEL
ÁREA DE MANTENIMIENTO DE CEMENTOS PROGRESO, S.A.,
PLANTA LA PEDRERA**

Marco Antonio Saz Choxín
Asesorado por: Inga. Sigríd Alitza Calderón De León

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS,
HERRAMIENTAS Y NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, DEL
ÁREA DE MANTENIMIENTO DE CEMENTOS PROGRESO, S.A.,
PLANTA LA PEDRERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MARCO ANTONIO SAZ CHOXÍN
ASESORADO POR: INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo 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 Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS, HERRAMIENTAS Y NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE CEMENTOS PROGRESO, S.A., PLANTA LA PEDRERA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, el 21 de enero de 2006.

Marco Antonio Saz Choxín

ACTO QUE DEDICO A

DIOS

LA MEMORIA DE MI PADRE

Carino Saz Sactic (†), quien creyó y visualizó este acto de antemano. Mil gracias por todo, papá.

MI MADRE

Angela Choxín Cutzán, por su amor y apoyo incondicional.

MIS HERMANOS

Efraín, Ana María, Hermelinda, Roberto, Fidelino y Ofelia, con mucho cariño.

MIS FAMILIARES

Suegros, cuñados, sobrinos y demás familia. Con aprecio.

MI ESPOSA

Siomara Saz, por su amor y compañía.

MI HIJO

Antony David Melquisedec Saz Saz

AGRADECIMIENTOS A:

Dios, digno de suprema alabanza.

Mis queridos padres, Catarino Saz Sactic (†) y Angela Choxín, que con su arduo esfuerzo y sacrificio, hicieron realidad este sueño largamente acariciado.

Mis hermanos, especialmente a Roberto y Fidelino, por su ayuda y solidaridad, quienes me respaldaron siempre para lograr este objetivo.

Mi esposa, Siomara Saz, complemento idóneo para las últimas etapas de mi carrera.

Mi asesora, Inga. Sigrid Calderón, por su colaboración en la elaboración del presente trabajo de graduación.

Al Ing. Marco Vinicio Monterroso, y a Cementos Progreso, S.A, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1 GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes históricos de la empresa.....	1
1.2 Visión y misión de la empresa.....	4
1.3 Descripción de los productos.....	4
1.4 Proceso de fabricación del cemento.....	7
2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO	
2.1 Sistema de Gestión	11
2.2 Aspectos generales de la maquinaria en la planta.....	15
2.2.1 Grúas.....	16
2.2.2 Molinos.....	18
2.2.3 Horno	20
2.2.4 Sistema de secado.....	22
2.2.5 Separador.....	23
2.2.6 Transporte de material.....	25
2.2.6.1 Gusanos transportadores.....	25
2.2.6.2 Bandas transportadoras.....	27
2.2.6.3 Elevadores.....	29

2.3	Atribuciones del taller mecánico.....	32
3	PROPUESTAS E IMPLEMENTACIÓN AL PLAN DE MANTENIMIENTO	
3.1	Equipos críticos dentro de la planta.....	35
3.2	Tipos de mantenimiento aplicados.....	39
3.2.1	Mantenimiento predictivo.....	40
3.2.2	Mantenimiento preventivo	41
3.2.3	Mantenimiento correctivo	42
3.3	Rutinas de mantenimiento.....	43
3.4	Actualización de flujogramas.....	46
4	DISEÑO Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS Y HERRAMIENTAS	
4.1	Repuestos por equipos	51
4.1.1	Clasificación de repuestos por equipos.....	51
4.1.2	Diseño de formatos para el sistema de repuestos.	54
4.1.3	Flujo del sistema de repuestos.....	57
4.2	Herramientas para mantenimiento.....	58
4.2.1	Sistema de control de herramientas.....	59
4.2.2	Inventario de herramientas.....	62
5	SEGURIDAD INDUSTRIAL DENTRO DE LA PLANTA	
5.1	Mejora de las normas de seguridad industrial.....	65
5.1.1	Matriz de riesgos del taller mecánico.....	66
5.1.2	Elementos de protección personal.....	71
5.1.2.1	Protección para trabajos de soldadura.....	74
5.1.3	Capacitación al personal operativo.....	77

5.1.3.1	Normas básicas de seguridad en la utilización de máquinas-herramientas.....	77
5.1.3.2	Seguridad en la soldadura.....	84
5.1.3.3	Seguridad en puentes-grúa.....	86
5.1.3.4	Seguridad en el uso de montacargas.....	88
5.1.3.5	Seguridad en bandas transportadoras.....	91
5.1.3.6	Seguridad en el uso de herramientas manuales.....	92
5.2	Ruido, polvo y basura como contaminantes industriales...	98
5.2.1	Ruido.....	98
5.2.2	Polvo.....	99
5.2.3	Basura.....	100
5.2.3.1	Co-procesamiento de basura	101
CONCLUSIONES		103
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Desarrollo de la producción de Cementos Progreso	3
2	Diagrama causa-efecto: fallas en plan de mantenimiento	11
3	Sistema de gestión de actividades de mantenimiento	13
4	Esquema general de un puente-grúa	17
5	Partes básicas de un molino de bolas	20
6	Esquema de un horno de <i>clinker</i>	21
7	Esquema general de un separador	24
8	Gusano transportador helicoidal	26
9	Banda transportadora	28
10	Elevador de cangilones	30
11	Organigrama del taller mecánico	33
12	Flujograma de molino de cemento	48
13	Flujograma área descarga de silos	49
14	Envasadora ventomatic	50
15	Etapas para una clasificación de repuestos	52
16	Elementos de protección personal	76
17	Uso de anteojos de seguridad	78
18	No usar ropa suelta	80
19	Sujete adecuadamente la pieza	81
20	Mantenga alejadas las manos de la máquina	82
21	Orden y limpieza, claves para prevención de accidentes	83
22	Limpie constantemente su área de trabajo	83

TABLAS

I	Clasificación de los productos fabricados por la empresa	6
II	Ubicación técnica, piezas críticas del molino de bolas 11-563	37
III	Rutinas termográficas	44
IV	Repuestos de bomba <i>fuller</i>	56
V	Herramientas para labores de mantenimiento	60
VI	Herramientas en <i>tool room</i>	63
VII	Matriz de riesgos del taller mecánico	67
VIII	Probabilidades dentro de la matriz de riesgos	70
IX	Consecuencias dentro de la matriz de riesgos	70
X	Descripción de elementos de protección personal	71
XI	Origen, riesgos y medidas preventivas en los puentes-grúas	87
XII	Riesgos y medidas preventivas en el uso del montacargas	89
XIII	Lugares críticos en la producción de polvo	100

GLOSARIO

Acto inseguro	Comportamientos y/o formas de proceder del personal sin cumplir con normas, políticas o reglamentos establecidos por la empresa en Seguridad y Salud.
<i>Clinker</i>	Es el producto enfriado de los hornos, y normalmente es granulado, de forma redondeada y de color gris oscuro.
Contaminantes industriales	Conjunto de agentes externos, que generan un ambiente artificial, molesto e incluso dañino para la salud de los trabajadores.
Co-procesamiento de la basura	Sistemas de alta complejidad en Ingeniería Ambiental, que posibilitan el uso de residuos industriales como combustibles alternativos para los hornos cementeros.
Diagramas de equipos	Conocidos como flujogramas, representan gráficamente los distintos componentes o equipos físicos utilizados en cada área específica durante la producción de cemento.
Elevadores	Altas estructuras metálicas, cuya función es recibir el material en la parte baja para “evarla” a una altura establecida y continuar con el proceso de producción.

Equipos críticos	Todo equipo cuyo fallo afecta una parte del proceso, o bien a todos los resultados de la planta.
Equipo de protección personal	Forma de control de riesgos mediante la selección de un tipo de equipo en particular, que funcionará como una barrera entre el peligro y el trabajador.
Grúas	Nave industrial compuesta por un sistema puente-grúa, destinados al transporte de materiales y cargas en desplazamientos verticales y horizontales.
Horno de <i>Clinker</i>	Cilindro horizontal largo giratorio, con un extremo para carga de material y uno o varios quemadores en el otro extremo, que transfieren calor a todo el material que ingresa.
Mantenimiento	Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas e instalaciones.
Máquinas herramientas	Combinación de máquinas y herramientas utilizadas para el mecanizado de piezas en el taller.
Matriz de riesgos	Cuadro maestro empleado para identificar los peligros en cada área de la planta, indicando el responsable, la probabilidad y consecuencia de que suceda un accidente.

Molinos	Casco de hierro forrado internamente con corazas de acero, accionado por un motor y un reductor de gran potencia, con bolas de acero en su interior para aplastar y moler el material.
Secadora	Horno similar al de <i>Clinker</i> , pero más pequeño, que cumple la función de secar el material y liberarlos de la humedad que trae de la intemperie. Sólo ocurren cambios físicos.
Separador	Formado de dos conos, uno dentro de otro. Cono de “gruesos” y cono de “finos”. Separa el material en dos direcciones: regresa al molino o sigue el proceso, según ubicación en uno u otro cono respectivamente.
Tool room	“Cuarto de herramientas”, lugar donde se encuentran almacenadas todas las herramientas necesarias para los distintos trabajos de mantenimiento.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño actual y las mejoras a tres áreas importantes del departamento de mantenimiento industrial de Cementos Progreso, S.A., Planta La Pedrera; siendo éstas, el sistema de repuestos, las herramientas manuales y las normas de seguridad industrial,

Conociendo primeramente el proceso de producción de cemento, se procedió a analizar los equipos utilizados en la fabricación del producto para conocer los repuestos de cada uno de éstos, llegando a crear formatos que permiten un mejor control de los repuestos críticos.

Del mismo modo, se desarrolló un sistema para mejorar el control de las herramientas manuales empleadas por el personal del taller mecánico en los distintos trabajos de mantenimiento.

Sabiendo la gran importancia que posee el recurso humano en la industria, se mejoraron las normas de seguridad industrial con énfasis en el personal del taller mecánico. Esto se hizo, identificando lugares de alto riesgo dentro de la planta, estableciendo el empleo de elementos de protección personal y diseñando la capacitación en el uso de equipos y herramientas.

Por lo tanto, el diseño y mejora en el sistema de repuestos, herramientas y normas de seguridad industrial, se efectuó con el fin específico de proponer e implementar un plan de mantenimiento mejorado que permita cumplir con las tareas previamente establecidas, sin interrupciones debidas a fallas en estas áreas.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar y mejorar el sistema de repuestos, herramientas y normas de seguridad industrial, para establecer un plan de mantenimiento que permita cumplir con las tareas planificadas por la alta gerencia de Cementos Progreso, S.A., Planta La Pedrera.

ESPECÍFICOS

1. Diseñar un sistema para mejorar el control de repuestos de los equipos críticos utilizados en la producción de cemento.
2. Diseñar un sistema para facilitar el control de las distintas herramientas manuales usadas por personal operativo del taller mecánico.
3. Mejorar las normas de seguridad industrial haciendo énfasis en tres áreas: identificar lugares de alto riesgo dentro de la planta, proteger al personal operativo; y capacitarlo en el uso de equipos y herramientas

INTRODUCCIÓN

El trabajo presentado a continuación, constituye el informe del proyecto realizado para superar algunas deficiencias localizadas en el área de mantenimiento industrial de Cementos Progreso, S.A., Planta La Pedrera. Dichas deficiencias se relacionan con el sistema de repuestos, herramientas y las normas de seguridad industrial. El campo de acción, se limitó al personal del taller mecánico de la empresa.

Este informe está conformado por cinco capítulos, secuenciados de manera tal que permiten comprender todo el proceso realizado en la planta. Siendo así, se inicia con las generalidades de la empresa, esto es, su historia, los productos y servicios, así como el proceso de fabricación del cemento.

En este orden, en el capítulo dos, se hace un diagnóstico de la situación actual, en donde se enfatiza la necesidad de crear mejoras que permitan cumplir con los planes de mantenimiento industrial establecidas. Del mismo modo, se hace una descripción de las principales máquinas y sus componentes, así como los defectos observados en los mismos.

En el capítulo siguiente se proponen las mejoras al plan de mantenimiento. Esto se efectúa diseñando las rutinas de mantenimiento para controlar continuamente las condiciones operativas de la maquinaria, los tipos de mantenimiento efectuados, así como la actualización de los diagramas de equipos.

El capítulo cuatro enfatiza las mejoras diseñadas para los sistemas de repuestos y herramientas indispensables en labores de mantenimiento. Se propone emplear formatos que permitan llevar un control adecuado del flujo de repuestos. Del mismo modo, se diseña un tipo de formato que permite al mecánico o encargado, conocer de antemano las herramientas manuales necesarias para realizar las labores cotidianas.

Se finaliza con las mejoras en materia de seguridad industrial. Esto se hizo trabajando tres áreas, como son: identificando los lugares de alto riesgo dentro de la planta (empleando la matriz de riesgos), protección al personal y la capacitación con respecto al uso de equipos y herramientas.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes históricos de la empresa

Carlos Federico Novella Klee fundó el 18 de octubre de 1899 la empresa Carlos F. Novella y Cía, ésta es una de las primeras fabricas de cemento en Latinoamérica. En 1901, se inició con la comercialización del cemento producido en la finca la Pedrera. La verdadera demanda del producto se inició a partir del terremoto de 1917, ya que todas las construcciones hechas con cemento soportaron las inclemencias devastadoras de dicho fenómeno natural.

La creciente demanda en el mercado del cemento creó la necesidad de aumentar la producción. En 1965 se adquirió la finca San Miguel río abajo en Sanarate, El Progreso. En 1971 se inició la construcción de la primera línea en la planta San Miguel. En 1978, se construyó la segunda línea y fue entonces cuando se legalizó el nombre de Cementos Progreso, S.A.

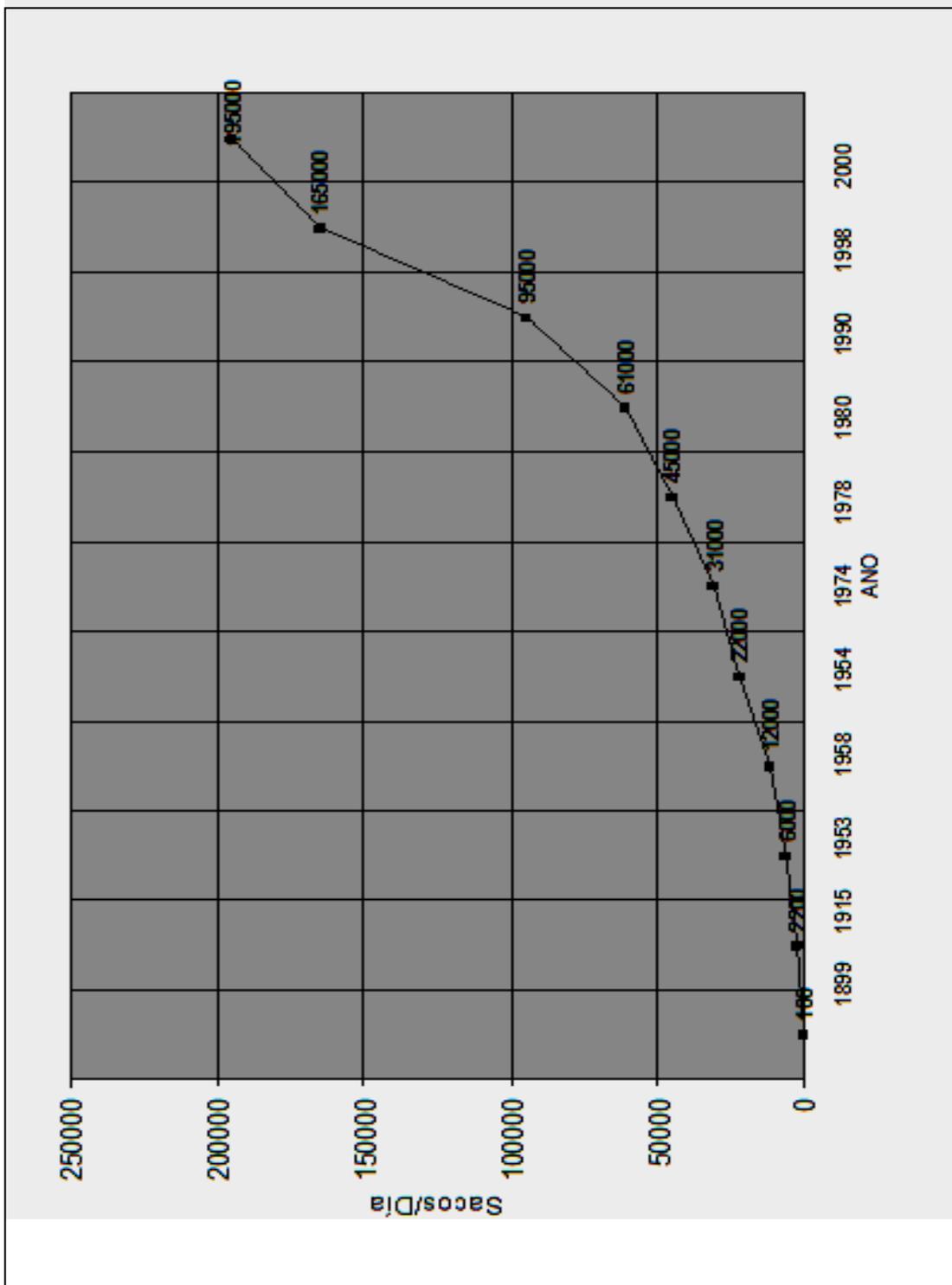
La empresa

- Año 1899: el Ingeniero Carlos Federico Novella Klee, funda la empresa “Carlos F. Novella y Cía”, con una producción de 100 sacos al día.
- Año 1915: se establece “Novella Cement Co.”, con sede en New York y capital norteamericano. Su producción es de 500 sacos diarios.
- Año 1953: se cambia la razón social de la empresa a “Cementos Novella S.A”. su capacidad de producción aumenta a 6,000 sacos diarios.
- Año 1958: se instala un nuevo horno en La Pedrera, y su capacidad aumenta a 12,000 sacos diarios.

- Año 1964: se instala otro horno en la Pedrera, lo que aumenta su capacidad a 22,000 sacos diarios.
- Año 1974: inicia la producción de planta San Miguel. La empresa produce 31,000 sacos diarios.
- Año 1978: la empresa cambia su razón social a "Cementos Progreso S.A". Con sus dos plantas incrementa su capacidad a 45,000 sacos diarios
- Año 1980: inicia producción la segunda línea en San Miguel. La capacidad de producción de la empresa, se incrementa a 61,000 sacos diarios.
- Año 1990: la empresa aumenta su capacidad de producción a 95,000 sacos diarios.
- Año 1998: inicia operaciones la tercera línea en San Miguel, se incrementa la producción a 155,000 sacos diarios.
- Año 2000: la empresa aumenta su capacidad de producción a 195,000 sacos diarios.

Para tener un panorama más claro de la creciente demanda del producto a través de los años y por consiguiente, el desarrollo de la producción de la empresa, a continuación se presenta gráficamente este comportamiento.

Figura 1. Desarrollo de la producción de Cementos Progreso



Fuente: Departamento de Producción

1.2 Visión y misión de la empresa

La visión actual de la empresa es el eslogan que la caracteriza, “compartimos sueños, construimos realidades”.

La misión de la empresa literalmente enuncia: “producimos y comercializamos cemento y otros materiales para la construcción acompañados de servicios de alta calidad”. Nos proponemos:

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

1.3 Descripción de los productos

Los productos fabricados por la empresa, pueden clasificarse en dos grandes grupos: cemento y cal.

1.3.1 Cemento

Es tan común escuchar la palabra “cemento”, sin embargo, profundizando la información, se obtienen valiosos detalles acerca del producto que fabrica y comercializa la empresa.

El cemento es un polvo fino y de color gris, que al ser mezclado con agua, forma una pasta que se endurece y es capaz de unir materiales entre sí. Como se endurece por la acción del agua, se dice que es hidráulico. Gracias a este endurecimiento y a sus características físicas y químicas, el cemento es capaz de alcanzar diferentes grados de resistencia, haciéndolo un producto ideal para la construcción y fabricación de materiales para esta industria. En Guatemala, los cementos más utilizados en la construcción son el 4,000 y el 5,000 PSI, aunque existen otros tipos de cementos como el Tipo V y el Tipo H, que tienen usos específicos.

1.3.2 Cal

La cal es uno de los materiales conocidos por el hombre desde la antigüedad, podría decirse que se conoce desde la prehistoria. Se presenta como un polvo blanco y fino. Las cales que se comercializan en Guatemala, no son hidráulicas (no se endurecen por la reacción con el agua), sino que se les llama aéreas, ya que endurecen por la acción del dióxido de carbono (CO_2) presente en el aire.

La empresa fabrica dos tipos de cal la denominada cal hidratada Horcalsa y la cal especial para ingenios.

Puesto que la producción de la empresa trabaja en función de las necesidades del mercado, hasta la fecha la variedad de productos con sus distintas aplicaciones se pueden resumir de la manera siguiente.

Tabla I Clasificación de los productos fabricados por la empresa

<u>Producto: cemento</u>	
Cemento 4000 PSI	<p>Cemento Progreso 4000 PSI puede usarse en todo tipo de construcciones, siendo su empleo ideal y más económico en construcciones que no requieren de muy alta resistencia inicial, como viviendas aisladas o en serie y construcciones pequeñas. Tiene una moderada resistencia química a aguas y suelos agresivos y un moderado calor de hidratación, lo que lo hace más adaptable a la variedad climática y ambiental típica del país.</p>
Cemento 500 PSI	<p>Cemento Progreso 5000 PSI es utilizado en la industria de la construcción, para la fabricación de bloques, tubos, viguetas, paneles y otros elementos prefabricados de concreto. Es ideal para construcciones que requieren alta resistencia como puentes, edificios y grandes construcciones.</p>
Cemento para fabricar Block	<p>Cemento Progreso para fabricar Block-secado rápido, viene a mejora aún más los requerimientos de una rama importante de la construcción como lo es la dedicada a la fabricación de <i>blocks</i>. Una de las cualidades fundamentales de este producto es el secado rápido</p>
Cemento tipo V	<p>Es un Cemento <i>Portland</i> fabricado para ser utilizado especialmente en casos donde se requiera un concreto con alta resistencia al ataque de sulfatos, como es el caso de obras expuestas al agua del mar, al ambiente marino o a suelos y aguas con alto contenido de sulfatos. Por esta razón en otros países se conoce como "cemento marino".</p>
Cemento clase H	<p>Este es un Cemento <i>Portland</i> sin adiciones hecho para ser utilizado en perforaciones de pozos de petróleo a profundidades de hasta 2400 m. Con retardantes, dispersantes y acelerantes, puede usarse en un amplio rango de profundidades y temperaturas.</p>
Cemento UGC	<p>Cemento Progreso para Uso General en la Construcción es ideal para zapatas, cimientos, columnas, paredes, vigas, losas, morteros, suelo cemento y demás aplicaciones.</p>
Cemento para sabieta	<p>El cemento de más reciente aparición. Los usos recomendados son para la fabricación de sabieta, pegar blocks, pegar fachaletas y usos similares</p>
<u>Producto: cal</u>	
Cal hidratada Horcalsa tipo especial	<p>Es una cal hidratada en polvo elaborada de calizas con alto contenido de carbonato de calcio, calcinadas e hidratadas adecuadamente. La cal hidratada, químicamente es un hidróxido de calcio, diferenciándose así de la cal viva cal cocida que es un óxido de calcio.</p>
Cal hidratada tipo especial para ingenios	<p>Es una cal hidratada elaborada con calizas de alto contenido de calcio, calcinadas e hidratadas por medio de procesos tecnificados y controlados, lo cual garantiza su alto grado de pureza y calidad. Es utilizado por los ingenios azucareros del país por ser un producto necesario y de bajo costo empleado en su proceso de producción.</p>

1.4 Proceso de fabricación del cemento

Aunque el proceso de fabricación de cemento ha ido cambiando con el avance de la tecnología, para obtenerlo; son indispensables los siguientes pasos

- Extracción de materia prima
- Trituración
- Homogenización y pre-homogenización
- Molienda de harina cruda
- *Clinkerización*
- Molienda de cemento
- Empaque y despacho.

1.4.1 Extracción de materia prima

Las principales materias primas para la fabricación de cemento provienen directamente de las canteras cercanas a la planta La Pedrera. Estas consisten en piedra caliza y esquisto que son extraídos utilizando explosivos o tractores.

Para controlar la calidad de los materiales se cuenta con un modelo geoestadístico computarizado de la composición química de la cantera, lo que asegura la utilización racional de los recursos a corto, mediano y largo plazo.

1.4.2 Trituración y prehomogenización

Esta segunda etapa del proceso consiste en la reducción del tamaño de los minerales provenientes de las canteras por medio de trituración, los cuales pueden tener tamaños hasta de 1 metro de diámetro.

Durante esta etapa pueden efectuarse la primera mezcla entre calizas y esquistos, de acuerdo a estándares químicos según el tipo de cemento a producirse. La composición química de la mezcla de minerales es determinada en línea, a través de un analizador de neutrones, lo que permite que durante el proceso de trituración se realicen los ajustes continuos en la proporción de materiales.

1.4.3 Molienda de harina cruda

Durante este proceso continúa la reducción de tamaño y el secado de los minerales previo a ser sometidos a altas temperaturas en los hornos. Los molinos reciben los minerales triturados y pre-homogenizados, y en ellos se realiza simultáneamente la mezcla y pulverización de los mismos. El producto es un polvo muy fino, por ello es llamado “harina cruda”, con la composición química adecuada para el tipo de cemento que se esté produciendo y con la menor variación posible, para lo que se somete a una homogenización final en silos especiales.

1.4.4 *Clinkerización*

La harina cruda proveniente de los silos es alimentada a hornos rotatorios en los que el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450°C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio y hierro, que se combinan para formar compuestos nuevos que son enfriados rápidamente en la parte final del horno. Al producto enfriado de los hornos se le da el nombre de “clinker” y normalmente es granulado, de forma redondeada y de color gris oscuro. El horno de *clinker* utiliza combustibles derivados del petróleo, carbón, *pet coke* y otros combustibles alternativos.

1.4.5 Molienda de cemento

El siguiente paso en el proceso de producción de cemento es la molienda del *clinker* producido en los hornos, en forma conjunta con otros minerales que le confieren propiedades específicas al cemento. El yeso, por ejemplo, es utilizado para el tiempo de fraguado (o endurecimiento) de la mezcla de cemento y agua, para permitir su manejo. También se pueden adicionar otros materiales como las puzolanas o arenas volcánicas, las que producen concretos más duraderos, impermeables y con menor calor de hidratación que un cemento *Portland* ordinario compuesto sólo por *clinker* y yeso.

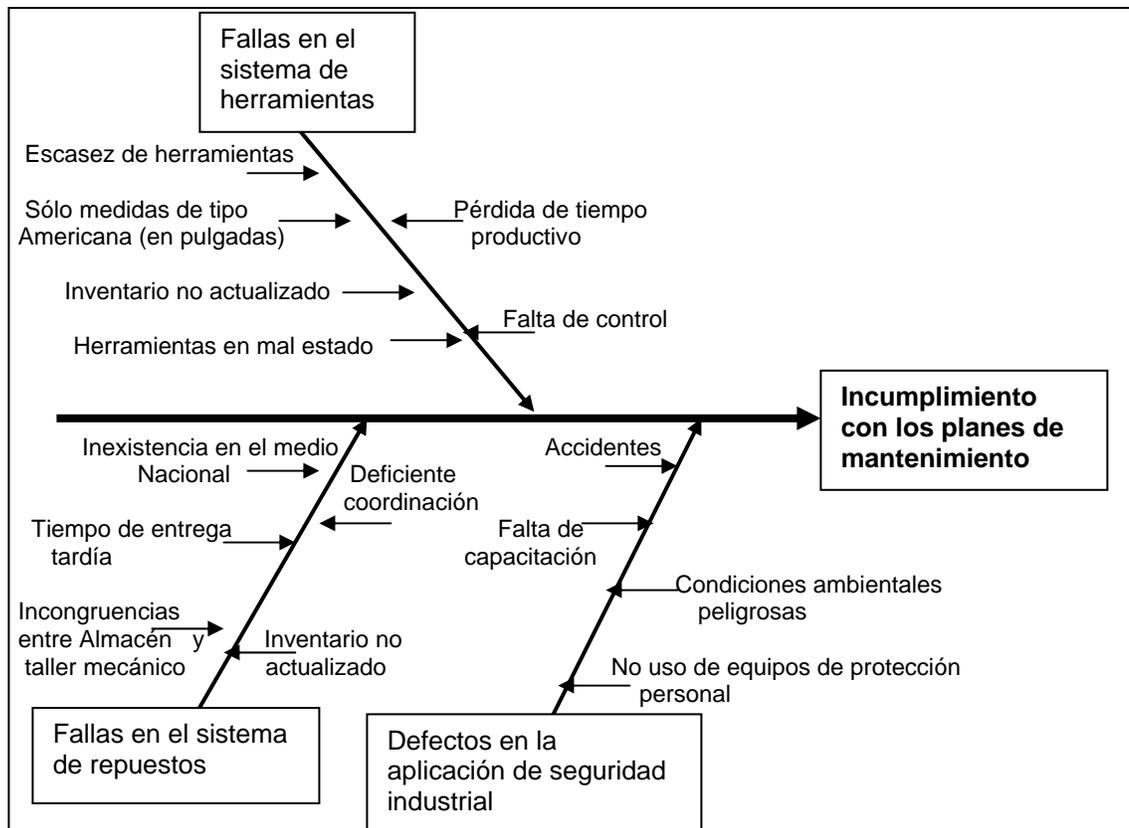
1.4.6 Empaque y despacho

Finalmente, el cemento producido y almacenado en silos puede ser despachado en pipas a granel para los grandes consumidores, o envasado en sacos. El peso neto utilizado tradicionalmente en Centro América para el cemento en sacos es de 42.5 kilogramos (93.7 libras).

2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento industrial, es responsable directo del correcto funcionamiento de toda la maquinaria empleada en la industria. Para lograr esto, la alta gerencia se apoya en un sistema de gestión previamente diseñado, en donde se encuentran los lineamientos, planes y estrategias de producción y mantenimiento a seguir. Aquí, se incluyen, por consiguiente, los distintos planes de mantenimiento, para atender las múltiples necesidades que se presentan. Sin embargo, no siempre se cumple con la programación establecida, debido a factores como los presentados en la gráfica siguiente.

Figura 2. Diagrama causa-efecto: fallas en plan de mantenimiento



Es necesario, por consiguiente, atender los puntos claves presentados en el gráfico anterior, para evitar fallas en los planes de mantenimiento y producción, estratégicamente diseñados dentro del denominado sistema de gestión de la planta.

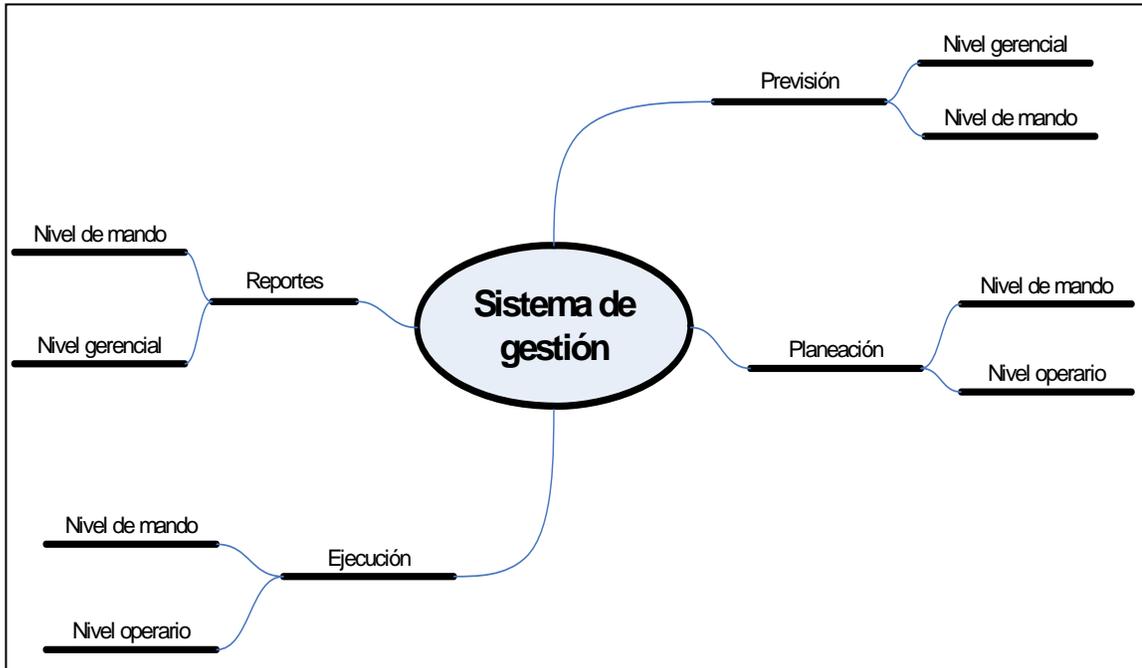
2.1 Sistema de gestión

Una de las tareas importantes del sistema de gestión es que determina cómo debe ser el flujo de información de las actividades de mantenimiento. Para esto, divide las actividades en tres grupos o niveles de tiempo de ejecución.

- El nivel 1, Operario: incluye todas las actividades que se deben realizar diariamente y que son designadas a todas las personas que se encuentran en el nivel operario, como el personal de mantenimiento del área, mecánicos o electricistas.
- El nivel 2 contiene todas las actividades semanales y que deben ser realizadas por las personas que están dentro del nivel de Mandos, como por ejemplo las personas encargadas de la planificación del mantenimiento y supervisores mecánicos.
- El nivel 3, Gerencial: el nivel más alto y realizan una revisión mensual con gráficas que demuestren los resultados en relación con los costos de mantenimiento, rendimiento total, entre otras cosas.

A la vez, las distintas actividades están ubicadas en cuatro grupos, los cuáles son: previsión, planeación, ejecución y reportes. La relación existente entre estos grupos y las actividades que realizan, se muestran en la figura siguiente.

Figura 3. Sistema de gestión de actividades de mantenimiento



En función del flujo de información, cada actividad representada en esta figura, abarca lo siguiente:

2.1.1 Previsión

2.1.1.1 Nivel gerencial

Es el encargado del presupuesto anual de producción, contemplado dentro del plan anual de producción. El mantenimiento es un auxiliar imprescindible de producción, y se complementan entre sí para lograr objetivos afines. Dentro del plan anual de producción, se obtiene información como:

- Períodos de paros programados de las máquinas e instalaciones para adaptar la planificación del mantenimiento preventivo y correctivo a éstos períodos.
- Horas de marcha prevista en las máquinas, para decidir la intensidad del mantenimiento preventivo e incluso su necesidad.

- Se informa de averías que se han producido, determinando la urgencia que para producción implica la máquina o instalación afectada, en virtud de la carga de trabajo asignada y de la dificultad de sustitución.
- Importancia relativa de cada máquina o instalación, para programar de acuerdo con ella las visitas y reparaciones.

2.1.1.2 Nivel de mando

En este nivel se discute y programa el plan mensual de producción. Esto se hace consultando el plan anual de producción, mediante reuniones semanales, en donde se trata de acomodar las actividades de mantenimiento para la semana siguiente a la que se está viviendo, con el fin de no interferir con las metas de producción establecidas.

2.1.2 Planeación

Aquí, se coordinan los requerimientos de mantenimiento y paros mayores. Todos los paros mayores deben planificarse con bastante anticipación, basándose en el plan anual de producción. Es necesario en esta etapa, proyectar adecuadamente el personal y los repuestos necesarios para estos paros mayores. Es necesaria la intervención directa de personal de niveles de mando y operativo.

2.1.3 Ejecución

Se ejecutan las actividades planeadas en la etapa anterior. Se posee participación principalmente de personal de nivel operario y de niveles de mando para la supervisión de las actividades.

2.1.4 Reportes

Tanto la labor de mantenimiento a efectuar como la efectuada, se comunica por medio de reportes, empleando para ello hojas con un formato ya establecido en donde se detallan los puntos más relevantes de la labor, tales como nombre del mecánico, fecha de ejecución, tipo de máquina, número de pieza, y demás observaciones. Los niveles de mando y gerencial son los encargados de la comprobación de la finalización de la actividad planificada previamente.

De las conclusiones a que se llegan a través de este sistema de gestión, surgen las distintas planificaciones de mantenimiento, cuyas actividades se ejecutan por el personal del taller mecánico. De aquí, que surgen los denominados mantenimiento anual, el de 1000 horas, el de 13 semanas, y otros; cuya denominación depende del tiempo cuando es necesaria alguna labor.

Una vez definidas las funciones y la manera de cómo se lleva a cabo las labores de este departamento, se procede enseguida a conocer las distintas maquinas y equipos cuyo cuidado y atención, recae directamente en éste ente.

2.2 Aspectos generales de la maquinaria empleada en la planta

Se hace imprescindible durante la fabricación del cemento, el empleo de maquinaria distinta las cuáles cumplen funciones específicas según su diseño. Dentro de éstas, se destacan por su función los denominados puentes-grúa, los molinos de bolas, el sistema de secado, el horno de *clinker*, los separadores, y los mecanismos encargados del transporte de material en todo el proceso de producción.

2.2.1 Grúas

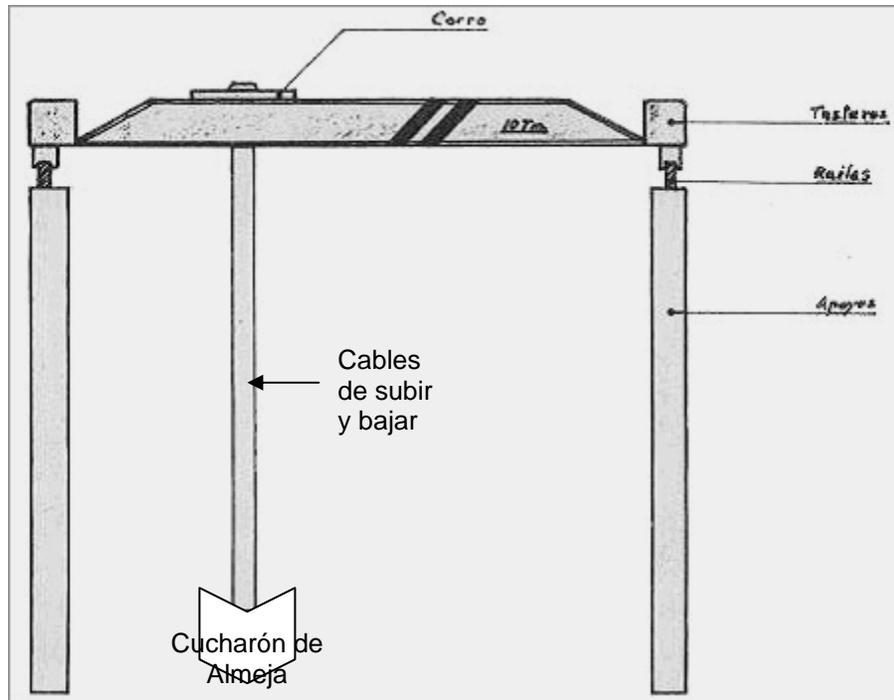
En la planta, se le da el nombre de grúa a la nave industrial compuesto por un sistema puente-grúa. Los puentes-grúa son aparatos destinados al transporte de materiales y cargas en desplazamientos verticales y horizontales empleadas en los distintos depósitos en el interior de la industria. Se cuentan con tres puentes-grúa, las cuales constan de dos vigas móviles sobre carriles, apoyadas en columnas, a lo largo de dos paredes opuestas en un edificio rectangular, que se le conoce como el almacén de material. Consta de dos vigas transversales (vigas principales) y de dos vigas laterales (testeros), longitudinales y que sirven de sujeción a las primeras y en donde van las ruedas. Los rieles de desplazamiento están aproximadamente en el mismo plano horizontal que el carro y su altura determina la altura máxima operativa de la máquina. El manejo de la máquina se hace desde una cabina añadida a la misma.

Desde el punto de vista de seguridad se consideran tres partes claramente distinguibles:

- El puente: se desplaza a lo largo de la nave.
- El carro: se desplaza sobre el puente y recorre el ancho de la nave.
- El cucharón: va sujeto del carro mediante los cables principales, realizando los movimientos de subida y bajada de las cargas de material. Por su forma, se le llama cucharón de almeja.

Un esquema generalizado del puente-grúa empleado en la planta, se puede apreciar en la figura siguiente.

Figura 4. Esquema general de un puente-grúa



Fuente: www.estrucplan.com

La función de estos puentes-grúas, es de suma importancia dentro de planta, ya que el inicio del proceso de producción de cemento en planta La Pedrera, es en el almacén de material, y esta máquina es la encargada de transportar toda la materia prima hacia los distintos sectores dentro del mismo almacén, para ubicarlos en lugares estratégicos con el fin de facilitar su uso dependiendo del tipo de producto que se esté fabricando.

Entonces, el movimiento de material realizado por el puente grúa, depende de los requerimientos de producción, y tal es la importancia de ésta maquina, que en función de la demanda; trabaja las 24 horas del día. Para manipular ésta máquina, se necesita de un operador, y cuando la demanda exige trabajar día y noche, son 3 los operadores que laboran en turnos de 8 horas cada uno.

En materia de diagnóstico de la situación actual, existen algunas deficiencias claramente visibles, tal es el caso de los cables de subir y bajar (ver figura 4) que se desgastan continuamente llegando incluso a romperse provocando con ello pérdidas en la producción y poniendo en alto riesgo al personal operativo del área.

Asimismo, un inconveniente generalizado en planta la pedrera, consiste en la antigüedad misma de la planta, ya que la estructura general de la edificación está muy desgastada y en algunas partes es muy peligroso incluso el transitar, más aún realizar trabajos de mantenimiento. En el caso de los puentes-grúa, debido a la altura de los rieles (37 metros, aproximadamente) el riesgo de un accidente es muy alto, ya que el personal debe realizar trabajos de mantenimiento e inspección a una altura considerable.

Si a lo anterior, se añade la enorme dificultad de trabajar en un ambiente de mucho polvo de producción y más aún en el sector de acción de la grúa 2 (cal) este polvo fino molesto y dañino para los ojos y la nariz, convierten en el área de trabajo de los puentes grúas en un sector de mucha consideración, en donde existe un basto campo de acción de la seguridad industrial.

2.2.2 Molinos

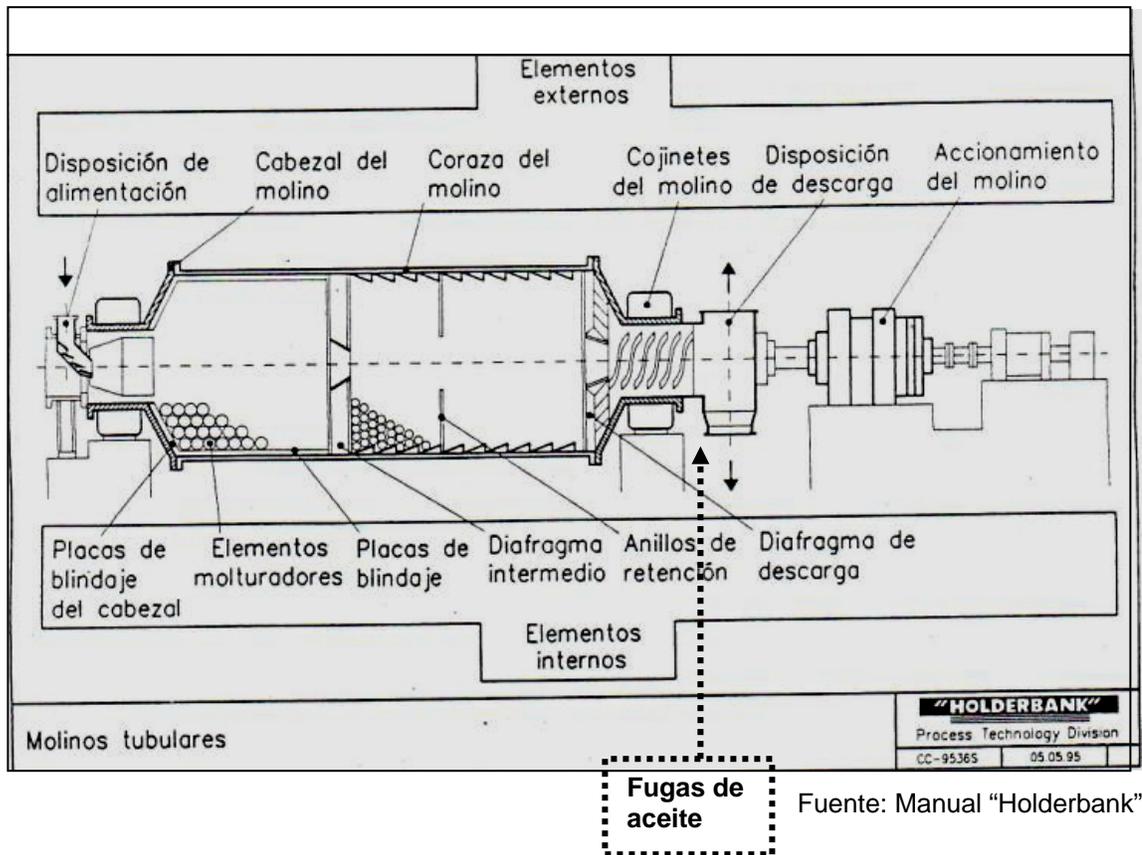
En el interior de la planta se encuentran los molinos de bolas. Estos se ubican en lugares estratégicos en función del proceso de producción, de tal manera que los hay ubicados en distintas áreas, a saber; de mezcla de harina cruda, de *clinker*, y de molienda de cemento. La estructura de estos molinos es la misma, variando únicamente por el tipo de material que circula a través de ellos y por el tamaño: longitud y diámetro.

Un molino es un casco de hierro forrado internamente con corazas de acero, accionado por un motor y un reductor de gran potencia. Internamente, está lleno de bolas de acero de pulgada y pulgada y media de diámetro, que hacen la función de aplastar y moler el material mientras gira por la acción del motor eléctrico.

Dada la naturaleza giratoria de ésta maquina, la lubricación es una actividad indispensable para su correcto desempeño, ya que la fricción y temperatura son factores que necesitan controlarse frecuentemente. Por lo tanto, es común observar aceite regado alrededor del molino (ver figura 5), esto debido a fallas en el personal encargado de la lubricación y, también, por defectos en la estructura del equipo, provocando por consiguiente peligros para el personal, riesgos de resbalarse debido a aceite y lodo (cuando se mezcla aceite y polvo de cemento) esparcidos en el piso.

Asimismo, efectuar labores de mantenimiento de esta máquina siempre es muy peligroso dado el gran tamaño y enorme peso de la estructura y de los componentes internos y externos que son necesarios revisar. Para tener una idea general de un molino de bolas, a continuación se muestra la figura en donde se indican los componentes principales, elementos externos e internos.

Figura 5. Partes básicas de un molino de bolas de dos compartimientos

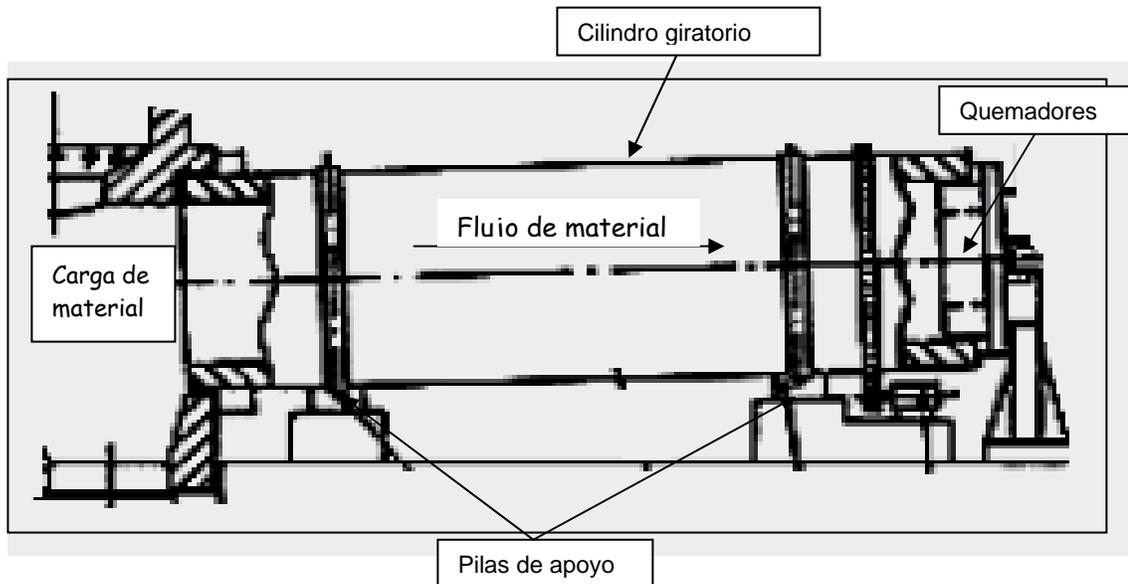


Las fugas de aceite, mencionados anteriormente se localizan entre los cojinetes del molino y la disposición de carga, debido a fallas en el primero. (ver figura 5)

2.2.3 Horno de *clinker*

En la planta, se encuentra el imponente horno de *clinker*. Éste, constituye un cilindro largo de aproximadamente 128 metros de longitud con un diámetro de unos 3.80 metros. Está colocado de forma horizontal que en un extremo tiene la carga de material y en el otro extremo uno o varios quemadores que transfieren calor a todo el material que entra. La temperatura es mucho mayor en el extremo donde están los quemadores.

Figura 6. Horno de *Clinker*



El horno de *clinker* se apoya sobre pilas, provistas de un par de rodos sobre los que descansa y gira el horno. La transmisión de la rotación se hace de un engrane piñón a una corona (catarina) que va montada directamente en el cuerpo del horno. Para que el material circule a lo largo del horno, éste tiene una ligera inclinación, lo que hace que resbale el material. En su parte interna los hornos rotativos están forrados de ladrillo refractario que ayuda a reducir la pérdida de calor hacia el exterior. La temperatura a la que sale el *clinker* es muy alta, por lo que es necesario enfriarlo antes de transportarlo a los depósitos.

Este horno se alimenta de la harina cruda proveniente de los silos (área de mezcla) es alimentada al horno, en donde el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450°C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio y hierro, que se combinan para formar compuestos nuevos que son enfriados rápidamente en la parte final del horno. El horno de *clinker* utiliza combustibles derivados del petróleo, carbón, *pet coke* y otros combustibles alternativos.

Esta máquina es empleada exclusivamente en la industria del cemento, por lo tanto, los repuestos para labores de mantenimiento se convierten en un factor crítico, ya que es muy difícil encontrarlos en el medio nacional. Países como España, Alemania y México, principalmente, son los mayores proveedores para solventar situaciones relacionados con problemas ocasionados por el horno. También, es común observar a técnicos de estos países asesorando al personal del taller mecánico en trabajos de mantenimiento y en el uso de repuestos.

El horno de *clinker*, por lo tanto, es una máquina crítica para la industria. Cuando falla alguno de sus componentes, o sucede algún desperfecto mecánico (como la desalineación de sus ejes de apoyo, o fallas en los quemadores, etc.), en el caso de planta la Pedrera; la producción de cemento se detiene, ya que hay un sólo horno. El Departamento de Mantenimiento, debe estar al tanto siempre del funcionamiento de los componentes del horno, del mismo modo se debe poner énfasis especial en los repuestos para esta máquina, debido a su alto precio y la no disponibilidad en el medio nacional.

2.2.4 El sistema de secado

Generalmente, los distintos materiales que se emplean como materia prima para la producción de cemento, son extraídos de las montañas alrededor de la planta. Lógicamente, estos materiales se encuentran con bastante humedad, mayormente en tiempo de invierno. Este estado físico impide iniciar el proceso de producción, por lo que es necesario contar con un sistema de secado de materiales para lograr las condiciones óptimas que faciliten la inicialización del proceso y del mismo modo mejorar la eficiencia y la durabilidad de los equipos usados.

Se emplea entonces un horno similar en su funcionamiento y forma al horno de *clinker* (figura 6), pero con dimensiones más reducidas, a saber, 26 metros de largo con un diámetro de 2.75 metros. La función de este horno, es secar, sin que ocurra un cambio químico en las propiedades del material.

La humedad de la materia prima, es un factor dañino para los distintos componentes del equipo provocando un consumo considerable de repuestos. Por otra parte las altas temperaturas de operación de estos hornos (de secado y de *clinker*) convierten éstas áreas en lugares muy peligrosos para la circulación de personas.

Al igual que sucede con el horno de *clinker*, el sistema de secado, posee la enorme desventaja de la falta de repuestos en el medio nacional, constituyéndose esta situación en factor clave de análisis. Por otro lado, se observa el alto riesgo que representa para los mecánicos realizar trabajos de altura en estas máquinas. Asimismo, en el área donde se ubican estos equipos, es notoria la enorme contaminación de polvo, ruido y basura que existe en los alrededores, provocando enormes peligros para la salud física del personal.

2.2.5 Separador

Al igual que las demás máquinas, los separadores son muy importantes en el proceso de producción. A manera generalizada, el separador está formado de dos conos, uno dentro de otro. A uno se le llama “cono de gruesos” y al otro “cono de finos”. El material que cae en el cono de gruesos es regresado al molino para ser nuevamente procesado. A su vez, el material que cae al cono de finos es bombeado para seguir con su flujo de proceso respectivo.

El material de alimentación es introducido por la parte superior y cae sobre un plato distribuidor rotativo que los proyecta contra una cámara circular fija. El ventilador principal crea una corriente de aire ascendente que arrastra los granos más finos hacia la cámara exterior, mientras que los granos más gruesos descienden a lo largo de la pared del cono interno por gravedad.

El grosor o tamaño de las partículas elevadas por una corriente de aire aumenta con la temperatura, por lo tanto, cuanto mayor sea la temperatura de la corriente de aire, mayor será el tamaño de las partículas en el producto final.

Los trabajos de mantenimiento efectuados “sobre” y “dentro” del separador, son considerados “trabajos en altura”, (trabajos que se efectúan desde una altura de 1.8 metros a más), es necesario entonces considerar las mejoras necesarias en las normas de seguridad industrial para evitar accidentes lamentables.

2.2.6 Transporte de material

El medio de transporte del material durante el flujo de producción se realiza a través de gusanos transportadores, fajas transportadoras y elevadores de cangilones.

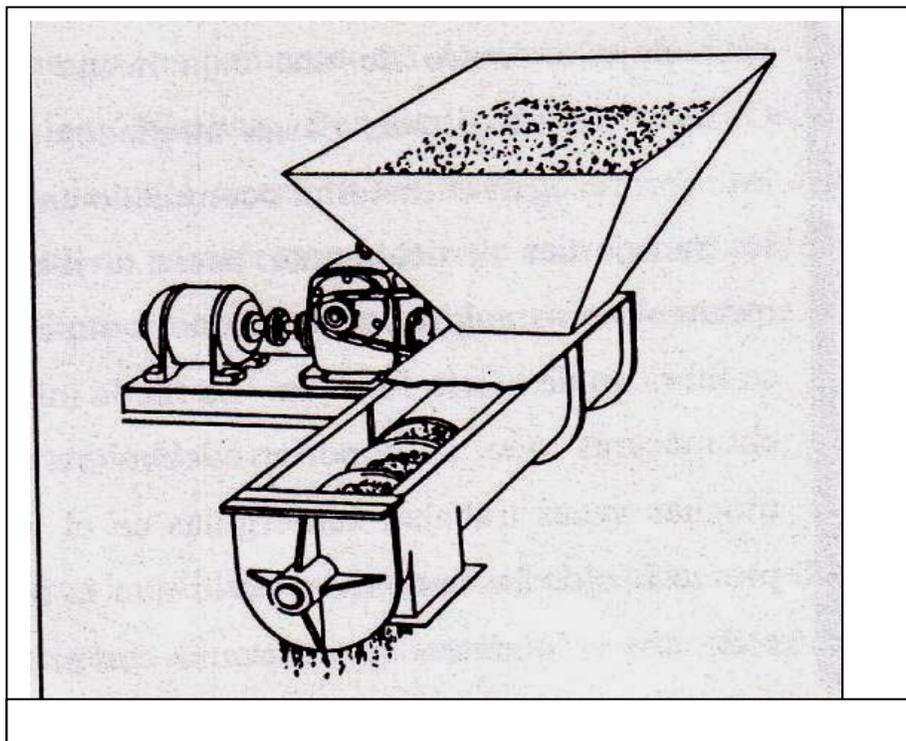
2.2.6.1 Gusanos transportadores

Tienen uso muy amplio dentro de la planta, puesto que se emplean cuando se requiere una capacidad moderada, cuando la distancia no es mayor de unos 200 pies (61 m) y cuando la trayectoria no es demasiado inclinada. Suelen costar bastante menos que cualquier otro tipo de transportador y con una sencilla tapa de lámina se pueden hacer herméticos el polvo.

El gusano transportador maneja material en terrones, si no son muy grandes en relación con el diámetro de la hélice. Pueden trabajar inclinados. Una hélice de paso estándar puede mover material en planos inclinados hasta 35°

El más común en el proceso de fabricación de cemento es el gusano transportador helicoidal. Este puede ser de medio paso, de paso estándar y de doble paso. En el de medio paso, el paso mide la mitad del diámetro. En el de paso estándar, el paso mide lo mismo que el diámetro del transportador. En el de doble paso, el paso mide el doble de lo que mide el diámetro. Los diámetros más utilizados son de 9", 12", 16" y 24". El de 9" mide 10' de longitud y los demás miden 12'.

Figura 8. Gusano transportador helicoidal



Este tipo de transportador es utilizado en todo el proceso de producción de cemento. Desde el almacén de material, se ve el empleo de estos mecanismos de transporte. Por lo tanto, la programación de mantenimiento de éstos, exige llevar un control minucioso de todos y cada uno de ellos, así como comprobar la existencia de repuestos en bodega.

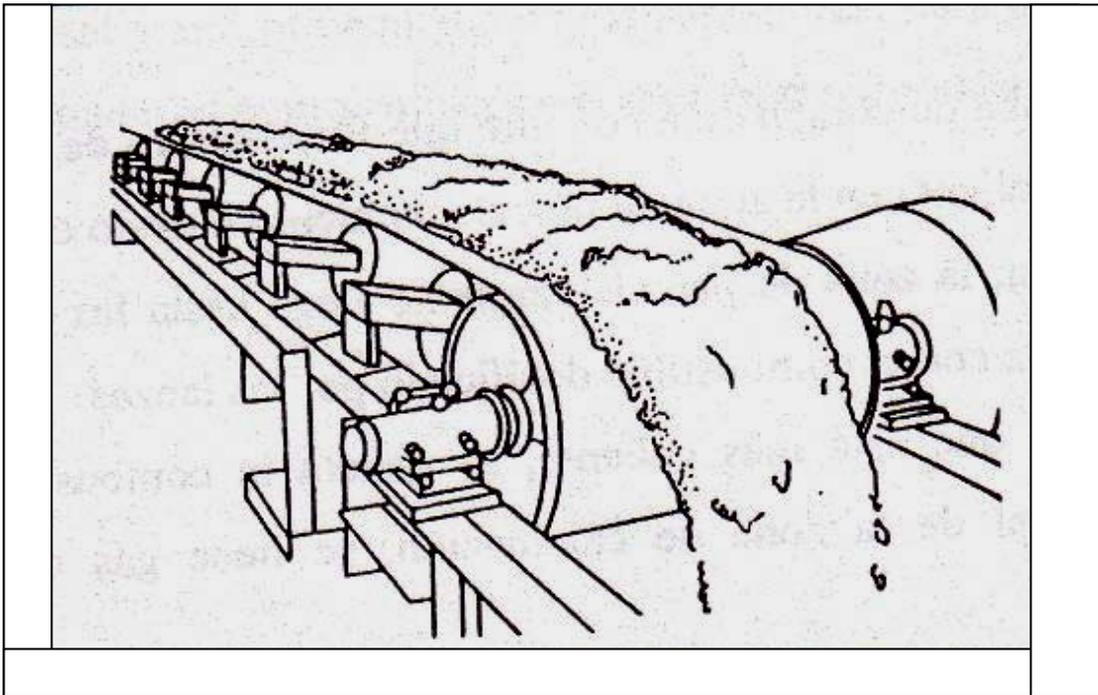
Cuando sucede un fallo en estos gusanos (cojinetes fundidos, ejes rotos, alabes fracturados) se provoca un paro en la producción, debido a que el flujo del proceso se detiene. Sin embargo, el mantenimiento preventivo y correctivo (cambio de gusano), se hace de una manera relativamente fácil debido al conocimiento que de esta labor poseen los mecánicos y el elemento clave radica entonces en tener disponibilidad de repuestos y mano de obra en el momento justo del fallo.

2.2.6.2 Bandas transportadoras

Estos transportadores de banda son ideales para trabajo pesado y adecuado para el transporte de grandes tonelajes sobre trayectorias fuera del alcance de cualquier otro tipo de transportador mecánico. Incluso la capacidad puede ser de miles de toneladas por hora y tener varias millas de longitud. Son horizontales o inclinados hacia arriba o hacia abajo o una combinación de estas direcciones. El límite de inclinación se alcanza cuando el material tiende a resbalar sobre la superficie de la banda. Hay banda de construcción especial moldeadas para evitar el deslizamiento del material en las pendientes. Pueden manejar material pulverizado, granulado o en terrones.

En su forma mas sencilla, el transportador consta de una polea motriz o cabezal, una polea tensora, una banda sinfín y poleas locas de transporte y de retorno. El espaciamiento entre las poleas locas de transporte varia según la anchura y la carga sobre la banda y suele ser de 5 pie (1.5 m) o menos. Se utilizan en forma casi exclusiva cojinetes antifricción, sellados, en las poleas y tienen graseras para lubricación a presión, que requieren atención alrededor de una vez al año.

Figura 9 Banda transportadora



Desde cantera, hasta el área de la envasadora *Ventomatic* (envasado del cemento), estos mecanismos son de amplio uso en la planta. La nomenclatura de ellas, es importante para identificarlas y llevar un control de su estado físico para programar los respectivos mantenimientos que son necesarios. Dada la infinidad de uso de éstas, el enfoque radica en la disponibilidad de la banda en el momento necesario.

Un problema frecuente en la planta, consiste en fallas en el inventario del almacén: no siempre se encuentran repuestos para una banda específica. Las fajas transportadoras más comunes que se utilizan en el proceso son las de 18", 20", 22", 24", 30" y 36 pulgadas de ancho.

Este inconveniente se origina cuando ocurre una falla en alguna banda transportadora (o en un gusano u otro mecanismo). Entonces, el taller mecánico envía a una persona para corregir el problema. El mecánico analiza la situación, y para corregir el problema necesita una banda con dimensiones específicas. Efectúa entonces la solicitud respectiva al almacén, sin embargo allí le indican que no existe esa medida específica, que se agotó recientemente, que no ha ingresado el pedido, que sólo hay de otro tamaño, etc., provocando por consiguiente, el paro en la reparación (y en la producción) hasta solventar la situación.

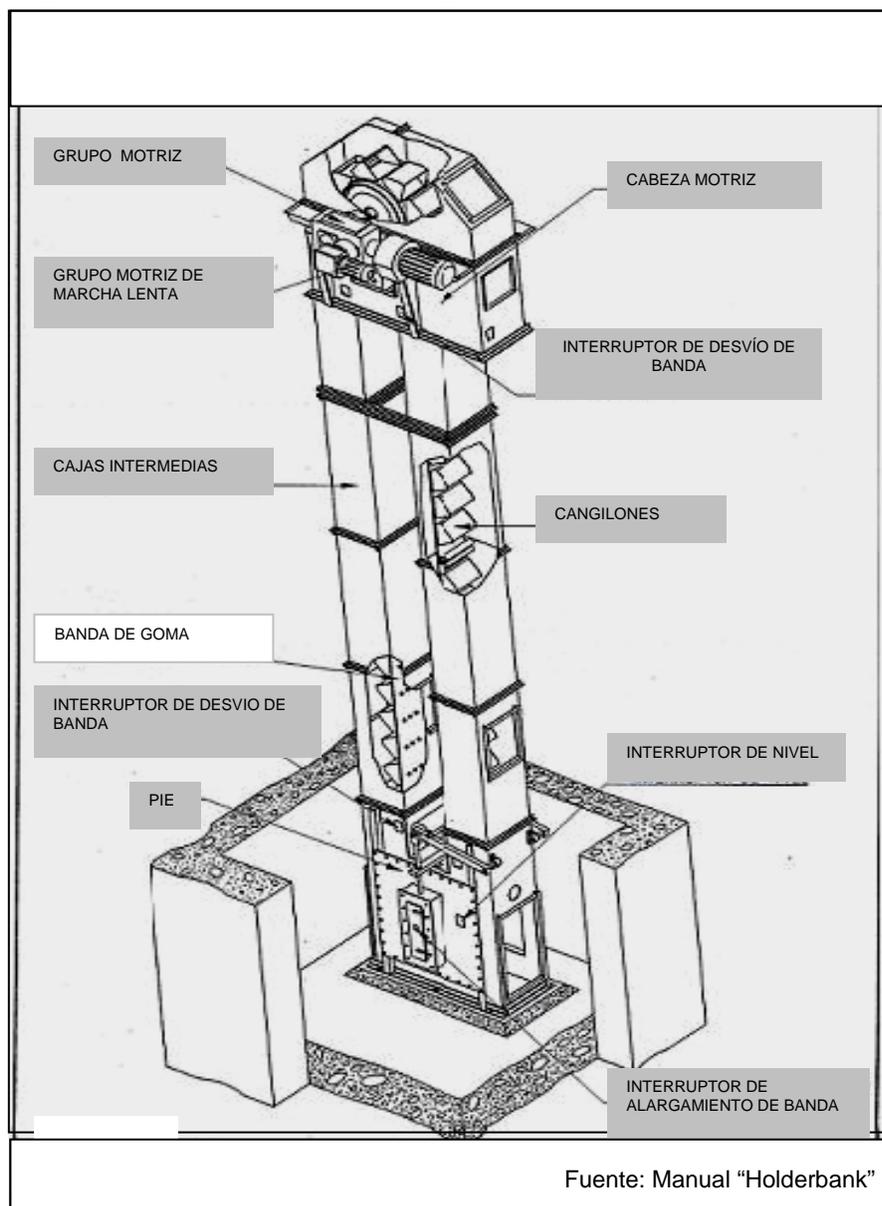
2.2.6.3 Elevadores

Los elevadores de cangilones son altas estructuras metálicas en forma de cajón, dentro de los cuales se encuentran varios cangilones que son una especie de recipiente unidos entre sí por cadenas grandes (*sprocket*) que cumplen la función de recibir el material en la parte baja para "evarla" a una altura establecida y continuar con el flujo del proceso. Son de dos tipos: cadena-cangilones, en el cual los cangilones están sujetos a uno o dos cadenas; y banda-cangilones, en el cual están unidos a bandas de lona o de caucho (hule).

En planta La Pedrera, generalmente se usan los elevadores de cadenas-cangilones. Los elevadores de cangilones se utilizan para elevar cualquier material que no se adhiera al cangilón.

La longitud de los elevadores está limitada por la resistencia de las cadenas o las bandas. Los elevadores de banda y cangilones son ventajosos para granos cereales, arcilla, *coque*, arena y otros abrasivos, si la temperatura no es lo bastante alta para quemar la banda (menor que 250°C) (121 °C) para caucho natural.

Figura 10 Elevador de cangilones



Como se aprecia en la figura, dada la altura de estos equipos, es necesario hacer énfasis en las normas de seguridad industrial, para la protección del personal de mantenimiento y operativo, que deben lidiar con estas máquinas. Del mismo modo, los repuestos son muy escasos a nivel nacional, y debe de contactarse con proveedores fuera del país.

Por otro lado, considerando el tema de las herramientas para trabajos de mantenimiento de los elevadores, algunos de éstos usan componentes (tornillos, tuercas) con medidas “milimétricas” (10 mm, 15 mm., etc.) y no del tipo de medidas “americanas” (3/4”, 5/8”) que son las herramientas (llaves) que se encuentran en *tool room* del taller mecánico, provocando por consiguiente cierta dificultad al no encontrar herramientas con medidas exactas para facilitar las labores de mantenimiento.

Cabe mencionar que los equipos anteriormente mencionados: horno, molino de bolas, secadora, elevadores, separadores, gusanos y bandas, son elementos claves en la producción de cemento. De aquí radica la importancia del área de mantenimiento industrial, ya que es el ente encargado del óptimo funcionamiento de éstas máquinas. Por consiguiente, debe poner atención en tres elementos claves: repuestos, herramientas y las normas de seguridad industrial, que constituyen áreas donde existen mejoras que pueden ser llevadas a cabo. Estas se tratan en los capítulos siguientes de éste informe.

Merece, asimismo, especial consideración, el encendido y apagado de estos equipos, ya que todos los analizados en esta parte funcionan a base de un motor eléctrico, el cual constituye un riesgo latente, puesto que la falta de coordinación entre el mecánico y el personal de producción ha provocado accidentes lamentables, ya que algunas veces algunos encienden la máquina sin comprobar que efectivamente el mecánico finalizó su labor.

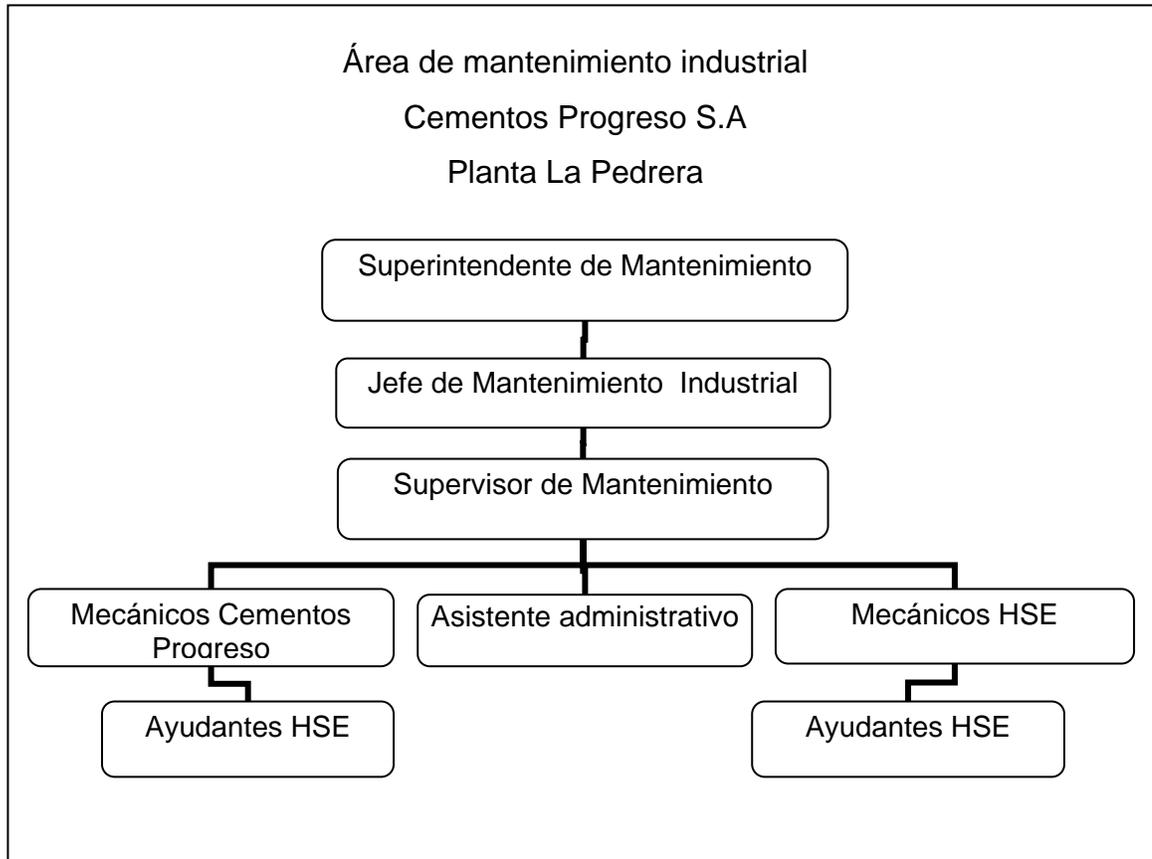
2.3 Atribuciones del taller mecánico

El personal operativo está conformado por los trabajadores del taller mecánico. Este personal tiene la responsabilidad directa de mantener en óptimo funcionamiento a la distinta maquinaria. Actualmente, se trabaja conjuntamente con el personal del taller eléctrico y ambos se complementan con el área de producción, para cumplir con las metas establecidas.

En el orden jerárquico correspondiente al taller mecánico, primeramente se ubica el superintendente de mantenimiento, seguido por el jefe de mantenimiento, y después el supervisor de mantenimiento. Después se ubican, el personal administrativo, los mecánicos y ayudantes. Laboran 9 mecánicos de la compañía y 12 operarios de la empresa subcontratista HSE, conformado por mecánicos y ayudantes.

Este personal es muy importante, ellos conforman el centro de acción, y son quienes proveen la información para la edición del presente informe. En el siguiente organigrama se presenta su organización.

Figura 11. Organigrama del taller mecánico



3. PROPUESTAS E IMPLEMENTACIÓN AL PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1 Equipos críticos dentro de la planta

Los equipos esquematizados en la sección anterior, deben ser considerados siempre como prioridades, pues cuando fallan afectan a una parte del proceso o a todos los resultados de la planta, por eso se le denomina “críticos”.

Para registrar esta situación, es necesario elaborar una clasificación aceptable en cuanto a que tan “críticos” son éstos dentro de la planta. Se dividen en tres clases: A, B y C, dando los siguientes resultados: los que pertenecen a la clase “A” son los equipos que afectan los resultados de la planta, porque son difíciles de reemplazar o de reparar, los que pueden ocasionar daños al medio ambiente y a la salud del personal. Un ejemplo clásico de este tipo de equipo de es el horno de *clinker*. Cualquier fallo en alguna de sus partes, influirá directamente en la producción de la planta. Los de clase “B” son aquellos que no afectan los resultados totales de la planta, pero si los del área a la que pertenecen; normalmente son fáciles de reparar o de reemplazar, como por ejemplo una banda de transporte.

Los equipos que pueden clasificarse dentro del renglón de criticidad “C”, son aquellos que son fácilmente reemplazables por otro similar, o que cumpla la misma función. Pueden mencionarse, por ejemplo, cuando un montacargas falla, puede hacerse uso casi inmediatamente de otro siempre y cuando no esté ocupado en el momento preciso.

Asimismo, se observó que la grúa 3, en el almacén de material, estuvo inactiva, sólo trabajaba la grúa 2. Esta situación puede clasificarse con criticidad “C”, ya que en teoría, si la grúa 2 falla, inmediatamente se usaría la grúa 3.

Una vez realizado la clasificación anterior, debe hacerse una clasificación que permita evidenciar los aspectos más importantes que deben ser tomadas en cuenta para llevar un control exacto de cada equipo crítico, como lo son: la ubicación técnica (nomenclatura que indica el lugar físico dentro de la planta en donde se encuentra el equipo), las piezas críticas de cada equipo y la rutina y frecuencia de mantenimiento que debe de efectuarse para el buen desempeño del equipo.

Se diseño un cuadro control, en donde se puede apreciar los aspectos más relevantes que deben monitorearse para llevar un registro más preciso de cada equipo crítico. Esto se logró con la ayuda del personal del taller mecánico y el sistema informático de la planta.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se puede llevar el control empleando éste sistema. Esto se logra utilizando tablas en cuyo contenido se encuentran los aspectos más relevantes que deben ser tomadas en cuenta, es decir información necesaria que ayude a la correcta toma de decisiones durante el diseño y la ejecución del plan de mantenimiento industrial. Se ejemplifica con el molino de bolas 11-563 a manera de ilustración; no obstante, éste proceso se puede generalizar para abarcar la totalidad de equipos dentro la empresa.

Tabla II Ubicación técnica, piezas críticas con su rutina y frecuencia de mantenimiento del molino de bolas 11-563

	Ubicación			Piezas	Rutina y
AE	Técnica	Equipo	Descripcion	Críticas	Frecuencia
MOLINOS					
Area Molino 11-563	11-563-MB1	ME6-503	Molino de cemento	Exitatriz	Vibración Cada 15 días (Cojinetes)
					Termografía Cada 2,000 Horas
					Voso Cada 8 Días
					Temperatura Cada 8 Das (Chumaceras)
				Motor eléctrico	Voso Cada 8 Días
					Medición de Tierras Anualmente
					Meggear Debanados/Cableado Alimen. @ 2Khrs.
					Vibración Cada 15 Días (Cojinetes)
					Termografía Coraza, Cojinetes, cada 2,000 hrs.
				Temperatura Cada 8 Días (Cojinetes)	
				Arrancador	Medición de Tierras Anualmente
					Termografía a contactos, cada 2,000 hrs.
				Reductor	Vibración Cada 15 Días (Chmaceras)
					Nivel de Aceite Cada Hora
	Muestra de Aceite Cada 2,000 hrs.				
Backlash Cada 2,000 Horas					
Termografía Cada 2,000 Horas					
Voso Cada 8 Días					
Chumaceras principales	Temperatura Cada Hora				
	Termografía Cada 2,000 Horas				
	Nivel de Aceite Cada Hora				
	Altura de Chumaceras Cada 15 Días				
	Voso Cada 8 Días				
Catarina + piñon	Vibración Cada 15 Días				
	Termografía Asiento de Dientes Cada 2,000 hrs.				
	Lubricación Cada 6 Meses				
Coraza	Voso Cada 8 Días				
	Medir espesores Mto de 4,000 hrs.				
11-573-SP1	ME4-521	Separador molino	Motor eléctrico	Voso Cada 8 Días	
				Vibración Cada 15 Días (Cojinetes)	
				Medición de Tierras Anualmente	
				Meggear Debanados/Cableado Alimen. @ 2Khrs.	

Continúa tabla II

	Ubicación			Piezas	Rutina y	
AE	Técnica	Equipo	Descripción	Criticas	Frecuencia	
MOLINOS						
					Termografía debanados, cojinetes, c/ 2,000 H.	
					Temperatura cada 8 días	
				Reductor	Voso cada 8 días	
					Vibración cada 15 días	
					Muestra de aceite cada 2,000 hrs.	
					Termografía cojinetes, cada 2,000 hrs.	
					Backlash cada 2,000 horas	
					Vueltas de cojinetes cada 2,000 Hrs.	
					Temperatura cada 8 días	
				Separador	Cambio de cojinetes y sellos cada 16Khrs.	
				Arrancador	Medición de tierras anualmente	
					Termografía a contactos, cada 2,000 hrs.	
	11-573-EC1	ME3-549	Elevador	Motor eléctrico	Voso cada 8 días	
					Medición de tierras anualmente	
					Meggear debanados/cableado alimen. @ 2Khrs.	
					Vibración cada 15 días (cojinetes)	
					Temperatura cada 8 días (cojinetes)	
					Reductor	Voso cada 8 días
						Vibración cada 15 días
						Backlash cada 2,000 horas
						Temperatura cada 8 días
						Sprocket+cadena de cumbos

Como se puede apreciar, de esta manera, se facilita la labor de mantenimiento, ya que al usar esta información, se tiene un control más exacto de lo que sucede con el equipo en cuestión. Por ejemplo, el mecánico sabrá cuáles son las piezas críticas del molino de bolas 11-563, al consultar la quinta columna de esta tabla.

Del mismo modo, la rutina y frecuencia de mantenimiento de cada pieza crítica se podrá conocer al ver la columna 6 de la tabla anterior.

Esta misma información se efectuó para cada equipo crítico, a saber, separador, horno de *clinker*, etc., mostrando únicamente lo concerniente al molino de bolas 11-563 a manera de ejemplo y para efectos de visualizar la enorme ventaja que se tiene al llevar un control de ésta manera.

3.2 Tipos de mantenimiento

La aplicación de los distintos tipos de mantenimiento es indispensable para el óptimo funcionamiento de cada equipo. Dentro de la institución, la labor del Departamento de Mantenimiento, debe estar relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que aparte de tener la responsabilidad de mantener en buenas condiciones la maquinaria y herramienta, instalaciones, equipo de trabajo; debe procurar un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

Dada la gran demanda que se tiene del producto, se debe usar del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, para evitar atrasos causados por el desperfecto de o en algún aparato. La aplicación adecuada de cada uno de estos tipos de mantenimiento, tiene sus respectivas ventajas y desventajas en mayor o en menor escala, y deben complementarse entre sí, para lograr los objetivos comunes de su aplicación.

3.2.1 Mantenimiento predictivo

Como se sabe, este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de control de parámetros físicos. En base a lo anterior, se diseñaron dos métodos para el uso directo en la planta, los cuáles son:

a) El método VOSO (ver, oír, sentir, oler), que consiste en la utilización de los sentidos para obtener un dictamen de la condición del mecanismo o máquina, desde luego se hace necesario anotar lo detectado en cada inspección para poder planificar el mantenimiento.

- ver: fugas de lubricantes rajaduras, mal estado, suciedad, peligro etc., etc, son fácilmente detectables empleando únicamente el sentido de la vista.
- oír: empleando el oído nos damos cuenta de algunas imperfecciones en el funcionamiento de la maquinaria, como son los ruidos extraños al funcionamiento normal de cierto mecanismo, lo cual constituyen indicadores de posibles fallas.
- sentir: cuando las condiciones de operación de una máquina permita, nos podemos dar cuenta de los movimientos anormales, temperatura, vibraciones, y demás consideraciones que nos indican tomar acciones necesarias. Un ejemplo sencillo de este análisis es el que se emplea cuando se toca la caja de un rodamiento con la mano, lo cual se puede lograr cuando la temperatura está normal según su funcionamiento; y cuando ésta acción (tocar) no puede llevarse a cabo, indica que las condiciones de operación están fuera de lo normal.

- oler: empleando el sentido del olfato, detectamos olores anormales en la operación de un mecanismo.

En este método se cuenta con la participación de cualquier persona dentro de la planta, siendo aún mayor el aporte del personal de producción y operación de cada equipo y del área de mantenimiento por supuesto. Cualquier persona puede ver algo anormal, oír sonidos no típicos, sentir calor, vibración, etc., y oler aromas fuera de lo común, lo que hace de éste método sencillo de aplicación una herramienta versátil para el apoyo en la planificación del mantenimiento en la planta.

b) El método CBM que es el monitoreo de condición y se centra principalmente en el análisis de temperaturas y vibraciones. Este método permite archivar de forma continua las mediciones realizadas para así, detectar con mucha facilidad una variación considerable.

3.2.2 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Dentro de la planta, se pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados. Básicamente, consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina conbase en la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas.

Quizá los más importantes sean el mantenimiento predictivo y el preventivo, que mediante la realización de rutinas y la planificación, respectivamente, pueden anular en lo posible el mantenimiento correctivo, que es un obstáculo para la planificación, la producción deseada y la asignación de mano de obra a los mantenimientos.

3.2.3 Mantenimiento correctivo

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Lo ideal para todo ingeniero de mantenimiento es minimizar o incluso eliminar el mantenimiento correctivo, más sin embargo esta idealización aún no ha sido posible, por lo menos en la planta.

Es en este tipo de mantenimiento, en donde se hace necesario en mayor grado, contar con un buen diseño de herramientas y repuestos, ya que las actividades de reparación y prevención se paralizan muchas veces debido a la ineficiencia en estos renglones. Del mismo modo los trabajadores, necesitan cumplir con las normas de seguridad industrial, para que se realicen las labores en un ambiente adecuado. Estos puntos se verán en los capítulos siguientes de éste informe.

A manera de concluir ésta sección podemos agregar que el mantenimiento de la maquinaria y mecanismos del proceso se realiza como predictivo, preventivo y correctivo. Todos se pueden planificar, pero en la mayoría de los casos el correctivo no se planifica.

3.3 Rutinas de mantenimiento

Para que un programa de mantenimiento, preventivo y predictivo especialmente, sea eficiente; son necesaria las rutinas de mantenimiento, que constituyen una manera de llevar un control de una forma sencilla de los componentes de las máquinas. Dentro de la planta, se utiliza una inspección denominada VOSO, para controlar rápida y efectivamente las condiciones de operación de determinado equipo. En este sentido, se debe llevar el control de los parámetros de operación de una máquina, tales como la temperatura y vibraciones. Para lograr esto, se diseñaron las rutinas termográficas y rutinas de vibraciones.

Para la formación de una rutina de mantenimiento, es necesaria la información, y ésta se obtiene tomando como referencia manuales técnicos, rutinas anteriores, entrevistas con el personal de experiencia (mecánicos, por ejemplo), entrevistas con los operarios y por supuesto la observación directa al área.

A continuación se muestra las rutinas termográficas diseñadas para poder llevar un control de la temperatura de cada equipo crítico. De éstas, se presentan la ruta 1 y ruta 2, como fundamento para inferir acerca de la realización de cualquier rutina de mantenimiento que sea necesaria.

Tabla III Rutinas termográficas. Ruta 1 y ruta 2

No	Ubicación Técnica	Descripción	Partes
RUTA 1			
1	11-41-LA1	Compresor Fuller Tolvas hornos	Carcaza motor Cojinetes motor Carcaza compresor Cojinetes compresor
2	11-411-BN1	Bomba fuller tolvas hornos	Carcaza motor Cojinetes motor Carcaza bomba Cojinetes bomba
3	11-411-BN2	Bomba fuller tolvas hornos	Carcaza motor Cojinetes motor Carcaza bomba Cojinetes bomba
4	Arrancadores		Compresor fuller tolvas hornos Bomba fuller tolvas hornos Molino de mezcla Separador molino de mezcla
	Subestación unitaria	Banco de transformadores Area de mezcla	Bushing alta Bushing baja Debanados (cuba) Bomba huller tolvas hornos
5	11-361-MB1	Molino de mezcla	Chumaceras contraeje Chumaceras principales Clutch Debanados motor eléctrico Chumaceras del motor Catarina y piñon
	11-371-EC1	Elevador molino mezcla	Coraza y cojinetes motor Cojinetes reductor
6	11-371-SP1	Separador molino de mezcla	Carcaza motor Cojinetes reductor Cojinetes motor
7	Arrancadores		Motor molino mezcla Elevador molino mezcla Clutch Separador molino de mezcla
8	11-311-GR1	Grua puente molienda Harina cruda	Panorámica general carro grande Panoramica general carro pequeño

Continuación de tabla III.

RUTA 2			
Ubicación			
No	Técnica	Descripción	Partes
1	11-412-EC1	Elevador horno	Coraza y cojinetes motor Cojinetes reductor
2	11-432-EC1	Elevador horno	Coraza y cojinetes motor Cojinetes reductor
3	11-422-FE1	Filtro electrostatico	Transformadores Sacudidores
4	Arrancadores		Ventilador secadora Motor secadora Elevador horno Elevador horno
5	Secadora		Catarina y piñon Pila #1 - rodo & chumacera Pila #2 - rodo & chumacera
6	11-462-M1	Motor horno clinker	Cojinetes motor Carcaza motor Chumaceras catarina Catarina
7	Motoreductor horno de clinker		Cojinetes Carcaza
8	14-433-AP2	Motor horno de cal	Cojinetes motor Chumaceras matarina Catarina y piñon Carcaza motor
9	Arrancadores		Horno de clinker Horno de cal
10	Horno de <i>clinker</i>		Catarina y piñon Pila #1 - rodo & chumacera Pila #2 - rodo & chumacera Pila #3 - rodo & chumacera Pila #4 - rodo & chumacera Pila #5 - rodo & chumacera
11	VT8-502	Ventilador aire primario horno cal	Arrancador Chumaceras contraeje Cojinetes+ carcaza motor
12	VT0-913	Ventilador aire primario horno <i>clinker</i>	Arrancador Chumaceras contraeje Cojinetes+carcaza motor

Con el empleo de estas tablas, el mecánico predictivo cuenta con una valiosa herramienta para realizar adecuadamente su labor. Empleando una “pistola” de termografía infrarroja, y siguiendo las directrices planteadas en las tablas, se puede llevar un control muy bueno de la temperatura de operación de los equipos definidos, lo que nos llevará a la correcta aplicación del mantenimiento predictivo.

3.4 Actualización de flujogramas

Dentro de la planta se le denomina “flujogramas” a una representación gráfica de los equipos físicos ubicados en una sección determinada. Por ejemplo en el área conocida como “descarga de silos”, se encuentran gusanos transportadores, bombas *fuller*, fajas transportadores, etc., cada una de ellas con identificación precisa para facilitar su ubicación. En un flujograma entonces, se observa la ubicación de éstos distintos mecanismos y máquinas, y esto sirve para facilitar su localización física cuando se necesite.

Como se mencionó, una rutina de mantenimiento puede no estar funcionando cuando no hay actualización de los equipos existentes o en la hoja de ruta no se encuentran los equipos que operan actualmente. Para superar esto, se actualizaron los flujogramas de las áreas más características en la fabricación de cemento, como lo son: molino de mezcla, carga y descarga de silos de mezcla, sistema de secadora, horno de *clinker*, molinos de cemento y envasadora ventomatic. Al actualizar los flujogramas, cualquier persona interesada puede saber exactamente donde se encuentra alguna pieza específica en la planta, al sólo consultar ésta valiosas representaciones gráficas.

Por ejemplo, se desea saber donde se encuentra el 11-561-MB2. Al consultar el flujograma actual (figura 12) se visualiza su ubicación, ésta es el área de molinos de cemento. Asimismo, el diagrama informa que ésta identificación corresponde a un molino de bolas y que se encuentra físicamente a la par del 11-561-MB1 (otro molino de bolas). La utilidad de estos flujogramas es muy grande, y al tenerlos al día, brinda información valiosa acerca de estado actual de la planta, y la ubicación específica de cada pieza, como gusanos, molinos de bolas, elevadores de cangilones, bombas fuller, bandas transportadoras, etc., en fin la totalidad de piezas importantes.

A continuación se presenta los flujogramas actualizados, del área de molino de bolas, descarga de silos y el área de envasadora *ventomatic*.

Figura 12. Flujoograma de molino de cemento

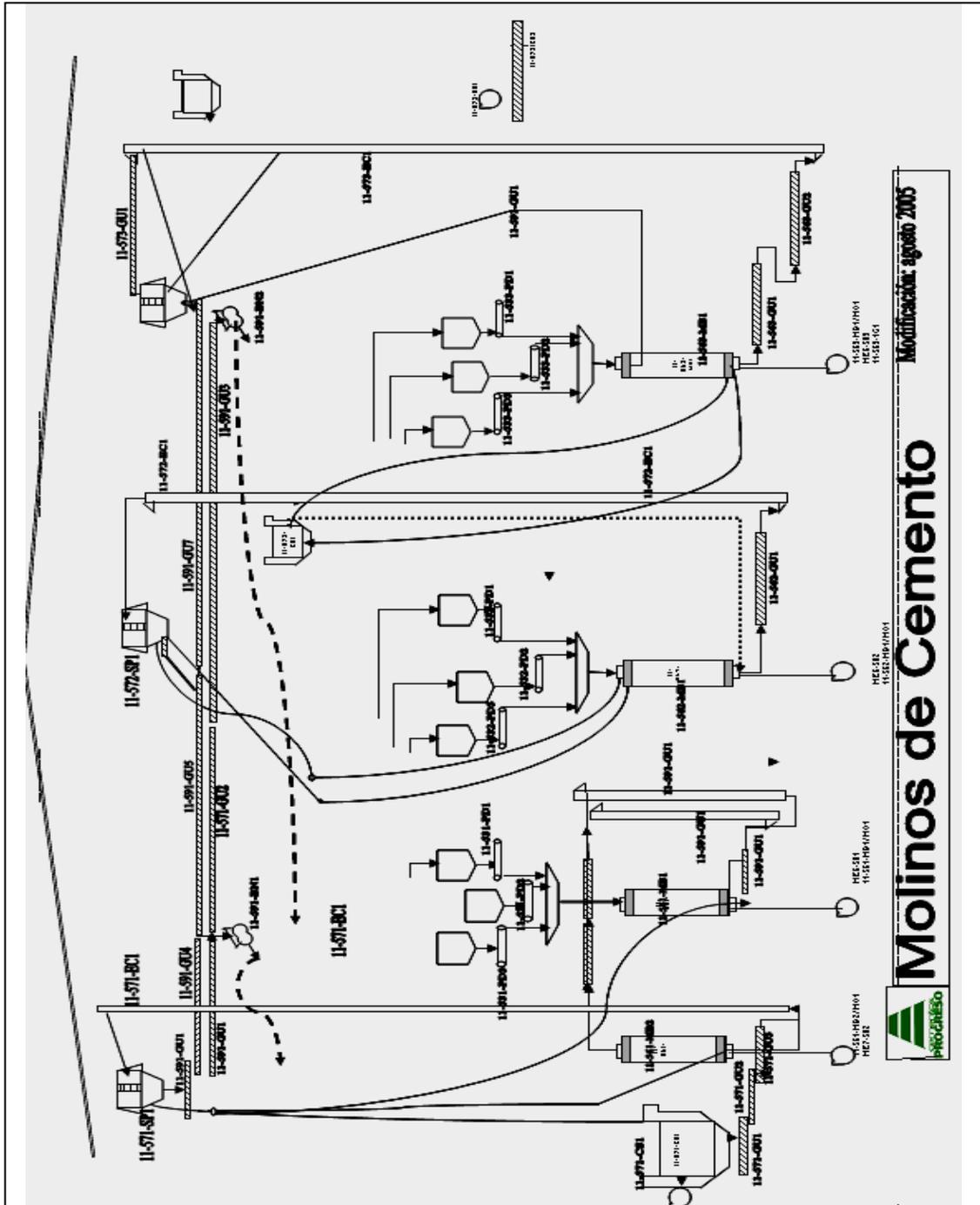


Figura 13. Flujoograma área de descarga de silos

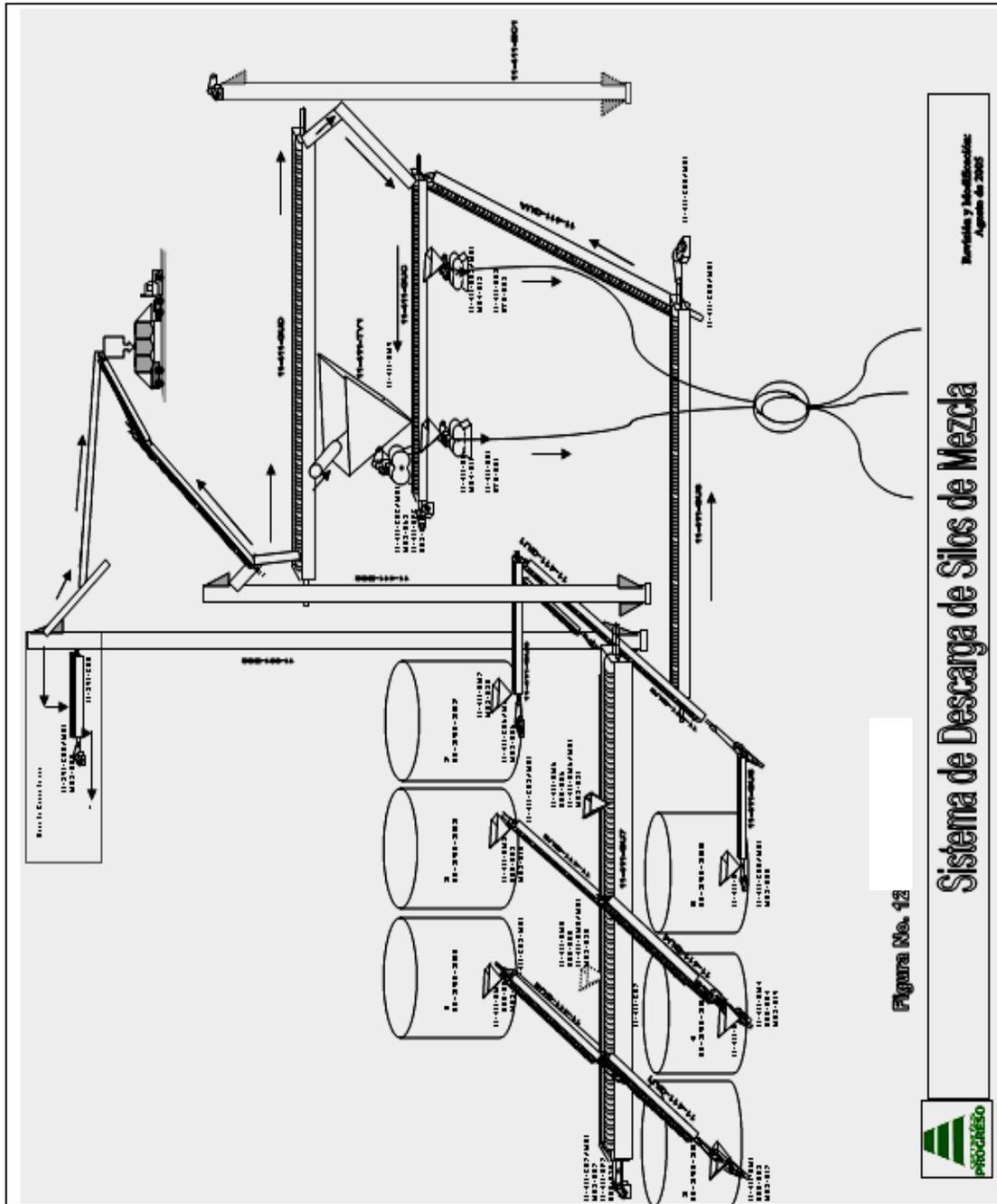
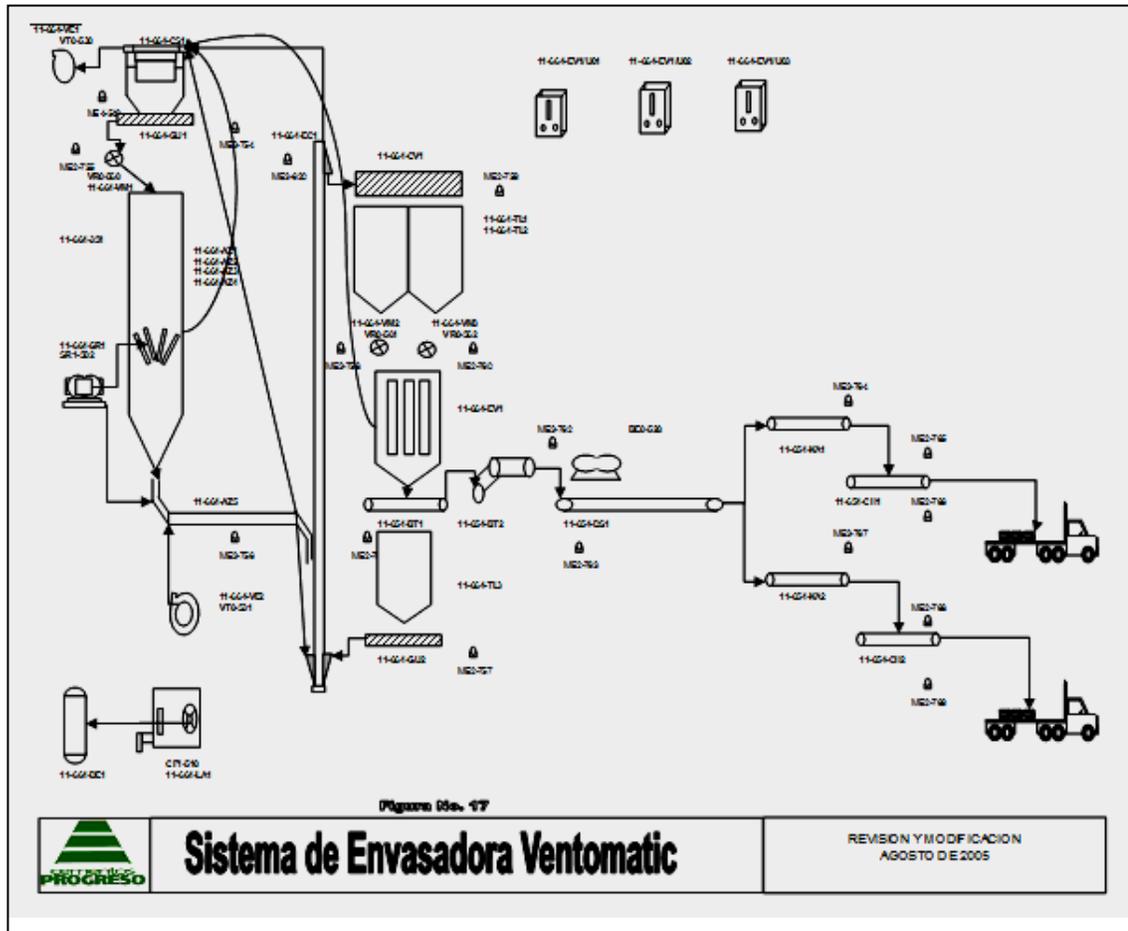


Figura 14. Envasadora Ventomatic



Como se puede observar en los tres flujogramas: el de molino de cemento, el de área de descarga de silos y en el sistema de envasadora *ventomatic*, cada componente mecánico y eléctrico posee un código clasificatorio. Con base en el código, se puede conocer fácilmente su ubicación física dentro de la planta.

4. DISEÑO Y MEJORA DEL SISTEMA DE REPUESTOS Y HERRAMIENTAS

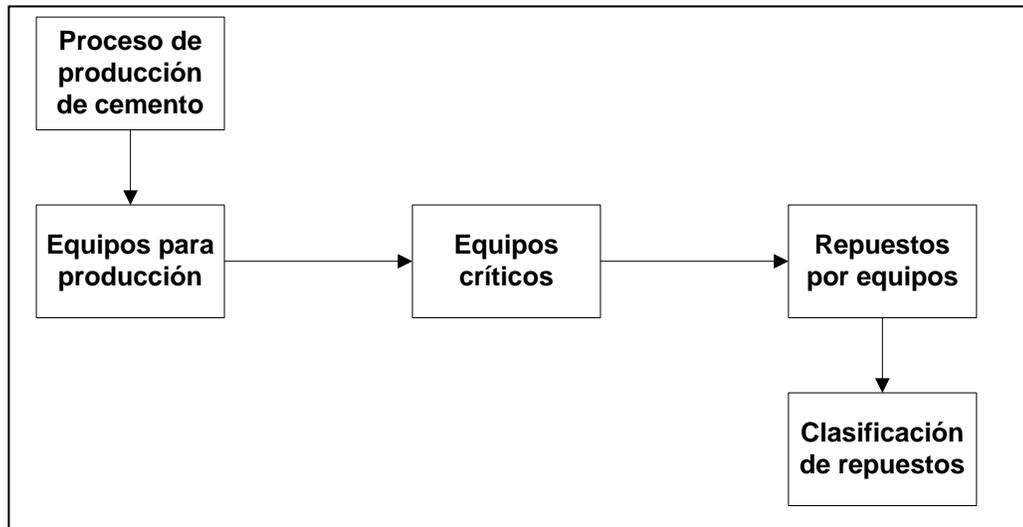
4.1 Repuestos por equipos

Para el diseño y la mejora del sistema de repuestos, se tomaron en cuenta dos aspectos importantes, en materia administrativa; el primero es la criticidad del repuesto. En ocasiones, se consideran piezas que forman parte de equipos críticos, pero no poseen la misma criticidad del equipo considerado. Por ejemplo, el empaque de una compuerta de revisión en un transportador de tornillo, no tiene la misma criticidad que cualquier elemento del equipo de transmisión de potencia. Otro aspecto es el tiempo de entrega, que está comprendido entre el momento en que se hace el pedido, hasta el momento en que el repuesto puede ser utilizado para el mantenimiento. Un mismo distribuidor tiene tiempos de entrega diferentes en distintos suministros.

4.1.1 Clasificación de repuestos por equipos

Para llegar a realizar una clasificación adecuada de repuestos, se realizó un proceso relativamente similar al mostrado en la figura siguiente. Primeramente, fue necesario conocer el proceso de producción de cemento. En función de esto se detallaron los equipos utilizados para dicho proceso. Como paso siguiente, se clasificaron estos equipos en criticidad, A, B, y C, según se presenta en el inciso 3.1 del capítulo anterior.

Figura 15. Etapas para una clasificación de repuestos



Como paso siguiente, corresponde conocer los repuestos por equipos para realizar una clasificación aceptable que cumpla con los objetivos planteados: diseñar un sistema que permita un flujo continuo en el plan de mantenimiento.

Una clasificación adecuada de repuestos, además de la criticidad del mismo, debe considerar otro parámetro importante, como lo es la utilización del repuesto, es decir, con cuanta frecuencia y para que situaciones es necesario su uso. Por tal motivo, en función de la utilización, la clasificación de repuestos queda de la siguiente manera.

- repuestos consumibles: que son los que se utilizan regularmente en cualquier mantenimiento, los que son comunes en varios equipos o que tienen un consumo permanente, los que tienen un precio bajo y son accesibles en el mercado, como por ejemplo: los cojinetes comunes en varios equipos, algunos filtros, tornillos, los lubricantes, tuberías y accesorios. El consumo de esta clase de repuestos es normal, permanente y no cíclico, se puede tener una guía en base a estadísticas.

- repuestos estratégicos: son aquellos que pueden fallar sin poderse predecir exactamente la condición en que se encuentran, y que tienen dificultad de compra o largos tiempos de entrega. El consumo es lento, poco probable, y no se puede predecir fácilmente. Un ejemplo es la corona del molino de bolas.
- repuestos de desgaste: son todos aquellos que con el tiempo pierden sus medidas originales, pero que sin embargo pueden seguirse utilizando llevando un control de la medida del desgaste para trabajarlos hasta el punto en que definitivamente ya no pueden seguirse empleando. Este tipo de repuestos tienen un consumo no frecuente, cíclico ni pronosticable. Ejemplos de este tipo son las corazas del molino de bolas y los martillos de la trituradora.
- repuestos de rotación: son los repuestos de un equipo que al deteriorarse pueden hacer que el equipo falle, que se cambian con cierta periodicidad o fallan continuamente, que no son reparables sino que hay que cambiarlos totalmente y su consumo es cíclico y pronosticable, a veces predecible. Algunos cojinetes son ejemplos claros de éste renglón.
- repuestos obsoletos: haciendo alusión a su identificación, son aquellos que no tienen consumo, porque la maquinaria ya no existe, o bien; porque en la maquinaria o en el proceso se ha efectuado alguna modificación.

Teniendo esta clasificación, el diseño de algún sistema para control de repuestos se facilita grandemente, ya que el mismo se podrá aplicar independientemente a qué categoría pertenezca cualquier repuesto.

4.1.2 Diseño de formatos para el sistema de repuestos

Una buena forma para la administración de repuestos y materiales es el empleo de formatos, en los cuales se listan las variables de más importancia con relación al uso de los repuestos. Estos formatos fueron elaborados para que cumplan con la función de recabar información que necesitan los departamentos de almacén y compras.

Para su elaboración fue necesaria la participación de personal administrativo de mantenimiento, con el objetivo de establecer una lista de materiales y repuestos que son utilizados en los distintos trabajos y aquellos materiales consumibles, que no son parte del equipo, pero que se utilizan para las distintas labores. Datos como la descripción, número de parte del proveedor, cantidad, frecuencia de uso, conjunto, la existencia o no del repuesto dado, máximo, mínimo, punto de pedido y la clasificación del repuesto, son variables de las cuáles se enteran fácilmente al emplear estos formatos.

Todo manual del fabricante, trae una lista en la que cada parte de la máquina tiene un código, el cual sirve para hacer los pedidos al fabricante de las distintas partes que se requieran. El objetivo de la casilla de cantidad es brindar la información cuantitativa relacionada con un repuesto o material empleado por una máquina. Por ejemplo, el número de fajas trapezoidales que puede llevar la transmisión de un equipo o la cantidad en galones o litros de aceite para una transmisión de engranajes.

De lo anterior se desprende la importancia del historial de la maquinaria, ya que esto nos da la pauta para definir si determinado repuesto es necesario, que haya en existencia o no. La casilla del conjunto, es para determinar a qué parte o mecanismo de la máquina pertenece el repuesto o el material.

Para establecer si un repuesto o material es necesario que se tenga en existencia o no, se utiliza la frecuencia de uso como base y la clasificación de utilización. El máximo y mínimo que se necesita en el almacén se establecen de acuerdo con la clasificación del material, así como la cantidad que regularmente se usa, la cual debe de estar registrada en el historial de la máquina.

El punto de pedido se establece según el criterio personal administrativo de mantenimiento, que indica cuál es la cantidad necesaria que siempre debe estar en existencia. Empleando estas condicionantes, se diseñaron formatos para ser usados en el sistema de repuestos de los puentes-grúa, la envasadora *Ventomatic*, los gusanos helicoidales, el sistema de bomba y compresor *Fuller*, y los distintos materiales varios usados para incrementar la eficiencia en los trabajos de mantenimiento, para evitar costos debidos a la falta de repuestos. A continuación se muestra los repuestos para bomba *Fuller*.

Tabla IV. Repuestos de bomba Fuller

								
	ITEM	DESCRIPCION	Numero Material	Stock Seg.	Máximo	Pto Pedido	Stock	Precio
Bombas	196	Flapper	6207-0325	1	2	1	2	10797.57
	4	Bamell bushing Hard	6716-0083	1	2	1	6	Q3,235.44
	6	Screw 8" dia.	6716-0184	1	2	1	0	Q6,200.00
	7	Screw Bushing	6716-0124	1	2	1	1	Q1.00
	9	Double Row Radial Thrust Bearing NTN 3316	5307-0044	1	2	1	2	Q1,726.53
	10	Single Row Radial Brg.	5319-0629	2	3	2	2	Q1,764.78
	16	Locknut FAFNIR No. 16	6716-0095	2	3	2	1	Q288.90
	11	Seal ring assy	6716-0153	1	2	1	2	Q3,284.43
	18	Dust seal cap	5117-0027	1	2	1	2	Q1,361.03
69	Bamell Bushing 6"	6716-0083	4	5	4	6	Q3,235.44	
Bombas	196	Flapper valve assembly	6716-0143	1	2	1	2	Q14,618.20
	6	Screw 8" dia.	6716-0109	1	2	1	1	Q34,164.19
	69	Bamell Bushing 116106419700	6716-0081	2	3	2	1	Q5,519.05
	5	Bamell Bushing 116100939300	6716-0080	1	2	1	1	Q2,570.62
	4	Bamell Manck	6716-0085	1	2	1	1	Q16,203.22
	11	Seal Ring Assy	6716-0154	1	2	1	3	Q7,050.80
	14	Grease Retainer (Hopper)	6716-0147	2	3	2	7	Q393.40
	16	Locknut AN 22	6716-0093	2	2	2	2	Q238.56
	17	Lockwasher W22	5541-0001	2	3	2	0	Q420.96
	9	Bearing fatnt 5322wbr	6716-0135	2	3	2	4	Q5,273.05
	200	Grease Retainer (bearing housing)	6716-0146	2	2	2	4	Q1,051.12
	18	Dust seal cap	5117-0028	2	3	2	4	Q1,718.48
		Retenedor cat 2J-7426	6834-0909	2	4	3	0	Q160.00
69	Lever Blowout 8"	6716-0020	2	3	2	2	Q1,637.54	
7	Blng screw 8"	6716-0125	1	2	1	2	Q6,170.53	
Bombas	6	Screw 9"	6716-0111	1	2	1	1	Q40,452.75
	5	Flap Seat	6716-0139	0	1	1	2	Q2,949.83
	196	Flap valve	6721-0010	0	2	1	2	Q7,075.89
	24	Seal housing seal	6721-0009	2	3	2	0	Q284.43
	27	Bearing Adapter sleeve Assy BNW 117 eje 2 15/16"	5319-0599	2	3	2	4	Q454.87
	28	Spherical roller bearing 22317k	6816-0075	2	3	2	7	Q1,149.47
		Retenedor National 415991	6834-0370	4	7	6	7	Q177.23
	193	Wear sleeve 8"	6721-0006	1	2	1	2	Q1,165.00
	8	Lantern ring	6716-0026	2	2	2	0	Q409.00
	16	Counterweight arm	6716-0024	2	2	2	0	Q1,517.57
	22	Counterweight	6716-0023	2	2	2	0	Q730.63
	126	Air nozzles	6716-0022	0	1	1	0	
		Bamell bushing	6716-0084	2	4	3	5	6429.66
	14	Grease retainer	51220291	2	3	2	2	
200	Grease retainer	6716-0148	2	3	2	2	1137.18	
11	Seal ring assy	6716-0011	2	3	2	1	108.56	

4.1.3 Flujo del sistema de repuestos

Como observó en el diagrama causa-efecto del capítulo 2, uno de los factores importantes para la correcta marcha del plan de mantenimiento, es un adecuado sistema de repuestos. La manera de lograrlo, es aprovechando los recursos disponibles dentro de la empresa, esto es usando el sistema informático propio de la planta denominado sistema SAP, así como la relación existente entre el taller mecánico y el almacén de repuestos y materiales.

Mediante el plan de mantenimiento, se puede conocer los trabajos que se llevarán a cabo durante la semana posterior a la actual, esto es la programación efectuada por los jefes de área. Con base en esto, el mecánico encargado del área de mantenimiento predictivo, usando el plan ya establecido, revisa cuáles son los repuestos necesarios a utilizar, y asimismo revista el Sistema SAP, para corroborar su existencia en el almacén de materiales y repuestos. Cuando el sistema indica una falta de ese repuesto o material, inmediatamente se debe mandar un correo electrónico –aprovechando la conexión en red de las máquinas- a los encargados del almacén señalando la situación específica. Éstos, a su vez, se encargarán de darle solución al problema en cuestión a manera de no interrumpir el flujo de trabajos de mantenimiento, y por lo tanto la productividad de la empresa.

Este diseño se realizó para superar la dificultad existente hasta entonces debida a incongruencias entre el personal del taller mecánico y del almacén. Sin embargo, para hacer uso eficiente del diseño, es necesario que todos los involucrados, asuman su responsabilidad y cumplan a cabalidad sus labores.

Persiguiendo esto, actualmente, el personal del taller mecánico, va y comprueba físicamente la existencia o no, de cierto repuesto para tomar las acciones correspondientes, de tal manera que evita poner su confianza ciegamente en lo indicado por el sistema de computo, que ciertamente indica el patrón a seguir, pero es mejor además hacer éstas comprobaciones físicas.

Comprobar físicamente la existencia o no de algún repuesto o material, trae costos ocultos, pero, es necesario tomando en cuenta los grandes estragos que producen si se da por sentado la existencia de un repuesto crítico y éste no existe, lógicamente afectaría todo el plan de mantenimiento.

Mediante el empleo del formato diseñado presentado anteriormente, se puede llevar un control fácil del flujo del sistema de repuestos, ya que en él se indican los requerimientos de repuestos en cada trabajo. Asimismo, se indican la cantidad que aparece en el sistema SAP, la cantidad máxima y mínima, el punto de pedido y la cantidad a pedir. Empleándose adecuadamente se obtienen mejoras considerables.

4.2 Herramientas para mantenimiento

Nuevamente, según el diagrama causa-efecto del capítulo 2, uno de los factores claves para el correcto desempeño del plan de mantenimiento es contar con las herramientas manuales necesarias para cada trabajo. A manera de introducción, se anotó que la falta de herramientas, el mal estado de éstas y un control inadecuado son factores que afectan el rendimiento global de los trabajos rutinarios. Entonces para balancear ésta deficiencia, se diseñó un sistema de control de herramientas el cual se analiza a continuación.

4.2.1 Sistema de control de herramientas usadas en trabajos de mantenimiento

Para apoyar las distintas labores efectuadas en los trabajos de mantenimiento y para hacer un uso más eficiente del tiempo directo de los mecánicos y ayudantes en su labor productiva, disminuyendo por consiguiente el tiempo improductivo perdido en buscar herramientas en almacén o cuarto de herramientas (más conocido como *tool room*), es necesario contar con un modelo de control que permita el conocimiento de las distintas herramientas que van a ser utilizadas en las diferentes actividades.

El mecánico necesita consultar únicamente el sistema, para saber de antemano que herramientas va a usar y de esta manera solicitarlas al encargado del *tool room*, para llevar todas y sólo las indispensables al inicio de cada jornada evitando con ello que regrese continuamente al cuarto de herramientas so pretexto de olvidarse de alguna, perdiendo tiempo valioso, máxime cuando el trabajo se efectúa a una distancia relativamente lejos del taller.

La variedad de trabajos propios de mantenimiento correctivo y preventivo realizada por los mecánicos, es tan amplia; no obstante existen labores periódicas que pueden estandarizarse a manera que permitan un control de las herramientas necesarias.

Algunos ejemplos de las herramientas útiles para efectuar trabajos de mantenimiento se detallan a continuación. Las herramientas imprescindibles para las demás actividades realizadas por los mecánicos, se encuentran ahora en el sistema de información de la empresa.

Tabla V. Herramientas utilizadas en labores de mantenimiento

Actividad: cambio de corazas del molino de bolas	
Herramientas necesarias:	
2 polipastos de 5 toneladas	2 cinturones de seguridad
2 cables para sujetar molino	1 almagana
Llave de golpe de ½" y 2 ¼"	1 martillo
1 escalera	1 llave de 5 1/2", y 1 1/8"
Cangrejo grande	pedazo cable para sacar tapa
Electrodo KD 31 para corte	Maquina para soldar
Copa 2 ¼" con maneral	1 metro
Soldadura Oxiacetilénica	Cinzel
Cepillo de alambre	Afloja-todo
Montacargas	12 tarimas de madera
Pulidora	Manguera de presión
Copa y maneral de 2 ¼"	Torquímetro
Espárragos	
Actividad: mantenimiento de faja transportadora 1,000 horas	
Herramientas necesarias	
Copa de 9/16", 3/4"	Martillo de 2 y 3 libras
Juego de llaves allen	Brocha
LLave ajustable de 12"	Cepillo de alambre
Llaves mixtas 9/16", 3/4", 15/16", 1/2".	Grasa para cojinete
Destornillador de castigadera 6" y 10"	de baja velocidad
Martillo de 2 y 3 libras.	Grasa para acople
Lubricante	Wipe
	Penetrante
Actividad: mantenimiento de bomba fuller 750 horas	
Herramientas a usar:	
Copa raíz de 1/2", 3/4", 9/16"	Tricket pequeño
Ratch raíz de 1/2"	Polipasto de 2 Ton.
Extensión larga raíz de 1/2"	Almagana
Llaves mixtas de 3/4", 9/16", 1 1/8", 15/16"	Martillo
Llaves ajustables 2 de 18" y 1 de 12"	Destornillador
Llaves allen de 3/8", 5/16", 3/16", 1/4", 7/32"	Alicate
Machuelo de 1/2"	Extensión y bombilla
Llave steelson de 8"	Punzón y cinzel

Continuación de tabla V.

Actividad: mantenimiento de elevadores 1,000 horas	
Herramientas necesarias	
Copas de 9/16" y 3/4"	Grasa para acople
Juego de llaves allen (1/16", 1/2")	Brocha
Llave ajustable 12" y 18".	Wipe
Llaves mixtas 9/16", 3/4", 15/16", 1 1/4", 1 1/8"	Penetrante
Manivela para eje de 1 3/8"	
Grasa para cojinete de baja velocidad	
Actividad: mantenimiento de gusanos 1,000 horas	
Herramientas a usar:	
Copa de 9/16", 3/4"	Brocha
Juego de llaves <i>Allen</i>	Cepillo de alambre
Llave ajustable de 12"	Grasa para cojinete de baja velocidad
Llaves mixtas 9/16", 3/4", 15/16", 1/2".	Grasa para acople
Destornillador de castigadera 6" y 10"	<i>Wipe</i>
Martillo de 2 y 3 libras.	Lubricante
Penetrante	
Actividad: mantenimiento de separadores 1,000 horas	
Herramientas a utilizar:	
1 <i>Ratch</i> raíz de 1/2"	
2 Maneral raíz de 3/4"	
2 Copas de 2"	
2 Copas 3/4" y 9/16"	
2 Llaves mixtas 9/16"	
1 Llave 7/16"	
2 Llaves mixtas de 1/2"	
1 Llave 1 1/8"	
1 Llave 15/16"	
1 Alicata	
1 Destornillador	
1 Martillo	
Cangrejo de 12" y 15"	
Linterna	

Al finalizar cada trabajo de mantenimiento, son necesarias cuatro actividades importantes:

- Observar no dejar tirada ninguna herramienta
- Dejar limpia el área de trabajo
- Quitar dispositivo de seguridad para bloqueo eléctrico (candado o en su defecto, tarjeta)
- Avisar el jefe inmediato de la finalización de la tarea.

Al parecer, pequeños detalles, pero que como se verá en la sección de seguridad industrial, pueden hacer la diferencia entre que suceda o no algún inconveniente.

4.2.2 Inventario de herramientas en *tool room*

Otro de los aspectos necesarios para la mejora del sistema de herramientas es tener un conocimiento de la diversidad, cantidad y estado de las herramientas que se tienen a disposición. Con estos factores bajo control, se pueden agilizar las labores de mantenimiento. Para lograr esto, fue necesario hacer un inventario para saber la cantidad, tipo y clase de todas las herramientas con que se cuentan. Una muestra del inventario realizado se presenta en la página siguiente.

Tabla VI. Herramientas en *tool room*, ubicadas en el "área 2"

ITEM	DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTA	INVENTARIO 01 2006	OBSERVACIONES
1	MICROMETRO EXTERIOR 16"	1	
2	MICROMETRO EXTERIOR 9" A 12"	1	
3	MICROMETRO EXTERIOR 6" 9"	1	
4	MICROMETRO EXTERIOR 2 A 6"	1	
5	MICROMETRO EXTERIOR 1 A 6"	1	
6	PISTOLA HILTI 110V.	1	
7	BARRENO HILTI 110V.	1	
8	MICROMETRO INTERIOR 2" A 12"	1	
9	PISTOLA ARCAI	2	
10	CALADORA BOSH 110V.	1	
11	LIJADORA BOSH. 110V.	1	
12	TORNADO COLOR AZUL ASPIRADORA DE AIRE	1	
13	PISTOLA DE AIRE BOSH 110V.	2	
14	PISTOLA NEUMATICA RAIZ 1/2"	1	
15	PISTOLA NEUMATICA RAIZ 1"	1	
16	BARRENO INALAMBRICO BOSH	1	
17	TORQUES O MEDICION DE AIRE	2	
18	BOMBA PARA TRIQUET 10 TONELADAS	1	
19	BOMBA PARA TRIQUET 25 TONELADAS	3	
20	BOMBA PARA TRIQUET 10,000 psi.	1	
21	BOMBA PARA TRIQUET 25 TONELADAS	1	INCLUYE CAJON DE
22	TRIQUET DE 25 TONELADAS	2	TURNO
23	TRIQUET DE 50 TONELADAS	2	
24	TRIQUET 100 TONELADAS	2	
25	TIRFOR 3 TONELADAS	2	
26	TIRFOR 5 TONELADAS	2	

5 SEGURIDAD INDUSTRIAL DENTRO DE LA PLANTA

La seguridad industrial dentro de la empresa, persigue como objetivo mantener un ambiente seguro mediante el control de los factores personales y del trabajo, que generan los actos inseguros y condiciones ambientales peligrosas que potencialmente puedan causar daño a la integridad física del trabajador o a los recursos de la institución.

5.1 Mejora de las normas de seguridad industrial

Para lograr mejoras sustanciales en este tema, el enfoque debe considerar tres aspectos importantes como lo son:

- Identificar los lugares de alto riesgo dentro de la planta
- Protección del personal
- Capacitación con respecto al uso de equipos y herramientas.

En este orden de ideas, primero es necesario identificar los lugares donde existen riesgos potenciales para el personal operativo (mecánicos y ayudantes), que son los que están más expuestos a sufrir accidentes. Se ha diseñado una matriz de riesgos, para que las personas involucradas directamente en el asunto lo tengan siempre presente a la hora de hallarse en esos lugares. Dada la naturaleza de la planta, existen muchos lugares con alto riesgo, sin embargo nuestra área de interés es el taller mecánico, lugar donde se realiza el presente proyecto.

5.1.1 Matriz de riesgos del taller mecánico y su campo de acción

El tiempo, con su paso devastador ha dejado huella en planta La Pedrera, cuna de la empresa; ya que ha sufrido un deterioro considerable en sus instalaciones durante el transcurso de los años. Para identificar las secciones a considerar en este enfoque, la siguiente matriz de riesgos del taller mecánico, nos da un panorama más amplio en cuanto a ésta perspectiva.

Tabla VII. Matriz de riesgos con relación al personal del taller mecánico

No.	DEPARTAMENTO	AREA	PELIGRO	DESCRIPCION	Responsable	Probabilidad	Consecuencia
1	T MECANICO	Electrica	Electricos (cajas de filipones destapadas de la fragua)	plan general de Bloqueos, Disparos y mejora ins tacionales	AMP	A	2
2	T MECANICO	Roladora	Roladora Instalacion (cables destapados)	plan general de Bloqueos, Disparos y mejora ins tacionales	AMP	A	2
3	T MECANICO	Envasadora	Falta de Bloqueo a Equipos	plan general de Bloqueos, Disparos y mejora ins tacionales	AMP	A	4
4	T MECANICO	Molinos	Filipones sin bloqueador	plan general de Bloqueos, Disparos y mejora ins tacional	AMP	A	4
5	T MECANICO	Molinos	Falta de iluminacion	Plan General de Iluminación	AMP	A	3
6	T MECANICO	Pet Coke	Falta Iluminacion	Plan General de Iluminación	AMP	A	3
7	T MECANICO	Hidratadora	Falta de bloqueo a equipos	plan general de Bloqueos, Disparos y mejora ins tacionales	AMP	A	4
8	T MECANICO	Soldadura	Equipos Acetileno manómetros descompuestos)	Reemplazar en mal estado-Validar procedimiento	AMS	A	3
9	T MECANICO	Soldadura	Porta electrodos en mal estado	Reemplazar en mal estado-Validar procedimiento	AMS	A	2
10	T MECANICO	Soldadura	cables dañados	Reemplazar en mal estado-Validar procedimiento	AMS	A	2
11	T MECANICO	Soldadura	Equipos de acetileno s in carretas	Reemplazar en mal estado-Validar procedimiento	AMS	A	5
12	T MECANICO	hornos 462-46	Altura	Aplicar procedimiento de trabajos en altura	ED	A	4
13	T MECANICO	Molinos	Altura	Aplicar procedimiento de trabajos en altura	ED	A	4
14	T MECANICO	Gruas	Altura	Mejorar procedimiento y equipos de protección	ED	A	4
15	T MECANICO	Hidratadora	Altura	Mejorar procedimiento y equipos de protección	ED	A	4
16	T MECANICO	Pet Coke	Altura	Mejorar procedimiento y equipos de protección	ED	A	4
17	T MECANICO	Pet Coke	Material inflamable	Mejorar procedimiento y equipos de protección	ED	A	1
18	T MECANICO	Molinos	Derrame de Materiales	Se es tá trabajando en esta area	FC	A	3
19	T MECANICO	Molinos	Bolas Tradas	Plan de limpieza Area molinos	FC	A	3
20	T MECANICO	Hidratadora	Falta de limpieza	Implantar procedimiento limpieza periodica	FC	A	1
21	T MECANICO	Taller	Maderas podridas del edificio del taller	Detectar y cambiar maderas en mal estado	FC/Oc	A	5
22	T MECANICO	Hidratadora	Madera Podrida	Aprobación de presupuesto cambio de techo	JD	A	5
23	T MECANICO	Envasadora	Falta de Limpieza	Se es tá trabajando en esta area	JS	A	1
24	T MECANICO	hornos 462-46	Falta de Guardia Motores	Plan de Instalacion de Guardas	MMM	A	3
25	T MECANICO	Molinos	Falta de protectores de Sprockets	Plan de Instalacion de Guardas	MMM	A	3
26	T MECANICO	Gruas	Falta de guarda en frenos	Plan de Instalacion de Guardas	MMM	A	3
27	T MECANICO	Hidratadora	Falta de Guardas	Plan de Instalacion de Guardas	MMM	A	3
28	T MECANICO	Molinos	Pollo	Se es tá trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	2
29	T MECANICO	Molinos	Parrillas mal colocadas	Se es tá trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	4

Continuación de tabla VII.

No.	DEPARTAMENTO	AREA	PELIGRO	DESCRIPCION	Responsable	Probabilidad	Consecuencia
30	T MECANICO	Gruas	Polvo	Se está trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	2
31	T MECANICO	Hidratadora	Polvo	Se está trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	2
32	T MECANICO	Pet Coke	Polvo	Se está trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	2
33	T MECANICO	Pet Coke	Falta de Acceso a Equipos	Se está trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	3
34	T MECANICO	hornos 462-46	Derrame de lubricantes	Se está trabajando directamente en esta area	MM/MFC	A	3
35	T MECANICO	Envas adora	Polvo	Se está trabajando directamente en esta area	MM/MJS	A	2
36	T MECANICO	Soldadura	Radiación (maquinas de soldar)	Fab.Cortinas tipo fleco	OH	A	1
37	T MECANICO	Soldadura	Altas temperaturas Equipos de acetile-	Delimitar Areas de Trabajo	OH		
38	T MECANICO	Fundicion	Fragua, Obstruccion de Operarios	Delimitar Areas de Trabajo	OH	A	3
39	T MECANICO	Taller	Falta de limpieza en las areas del taller	Implantar rutina Limpieza	OH	A	3
40	T MECANICO	Taller	Acetile derramado en el piso	Implantar rutina Limpieza	OH	A	3
41	T MECANICO	Taller	Piedras de esmeril gastados	Implantar rutina inspección equipos de trabajo	OH	A	4
42	T MECANICO	Taller	Ruido	utilizar los equipos de protección	OH	A	1
43	T MECANICO	Taller	Polvo	Instalar flecos plásticos en los accesos	OH	A	1
44	T MECANICO	Envas adora	Ruido	utilizar los equipos de protección	OH	A	2
45	T MECANICO	Molinos	Ruido	utilizar los equipos de protección	OH/RR	A	2
46	T MECANICO	Hidratadora	Ruido	utilizar los equipos de protección	OH/RR	A	2
47	T MECANICO	Pet Coke	Ruido	Utilizar los equipos de protección	OH/RR	A	2
48	T MECANICO	hornos 462-46	Ruido	utilizar los equipos de protección	OH/RR	A	2
49	T MECANICO	Taller	Materiales y repuestos mal almacenados	Ingresar al almacen en buen estado/retirar los inservibles	RR	A	4
50	T MECANICO	Soldadura	Maquinas de Soldar	No esta claramente definido el problema			
51	T MECANICO	Fundicion	Material Inflamable (Carbon, Tomelas	Trasladar toneles/carbón a areas especificas			
52	T MECANICO	Fundicion	de Acetile derramado)	procedimiento de manejo y limpieza de acetile y otros fluidos		B	3
53	T MECANICO	hornos 462-46	Temperaturas	No esta claramente definido el problema		A	2

5.1.1.1 Explicación de la matriz

Dentro de la matriz, se visualizan varias columnas, poseyendo cada una de éstas una importancia considerable. Por tal motivo, si se considera la tercera columna de esta matriz, se ve que corresponde al “Área” dentro de la planta donde se encuentra el peligro. La cuarta columna se especifica que tipo de “Peligro”, se encuentra en ésta área. Por ejemplo la fila 3 corresponde al área de Envasadora, en donde se observa varios equipos sin bloqueos, es decir, sin guardas de seguridad.

En la columna 5, se observa la “descripción”, de la mejora recomendada para solucionar estos inconvenientes. Para nuestro ejemplo, corresponde realizar un plan general de bloqueos de todas las máquinas en el área de Envasadora, así como mejorar las instalaciones en general. La columna 6 corresponde a las iniciales del responsable a quién dirigirse en dado caso suceda algo inesperado.

La probabilidad dentro de la matriz de riesgos, varía de rangos desde A (considerada segura) a la E (improbable) con una serie de valores en el medio, según se muestra en la tabla. **IMPORTANTE:** Generalmente, la escala de probabilidad es logarítmica y cada nivel subsiguiente es un factor con diez veces mayor o menor probabilidad que el nivel adyacente.

Dado que las probabilidades de que ocurra un accidente, varían de la literal “A” a la literal “E”, su interpretación se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla VIII Probabilidades dentro de la matriz de riesgos

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN
A	Se espera muchas veces por año
B	Se espera alrededor de una vez por año
C	Se espera entre una vez por año y una vez cada 10 años
D	Se espera entre una vez cada 10 años y una vez cada 100 años (posiblemente una o dos veces durante la vida de un lugar/planta)
E	Se espera entre una vez cada 100 años y una vez cada 1000 años (no se espera que ocurra durante la vida de un lugar/planta)

Del mismo modo, la “consecuencia” puede medirse en un rango de 1 (considerado menor) a cinco (catastrófico), según se muestra en el cuadro a continuación.

Tabla IX Consecuencia dentro de la matriz de riesgos

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN
1	Enfermedad, daño que requiere primeros auxilios o sin tratamiento médico posterior
2	Tratamiento médico
3	Lesión grave (hospitalización)
4	Muerte o incapacidad permanente
5	Muertes múltiples

El uso de esta matriz constituye un elemento valioso para la mejora de la seguridad industrial, relacionada a los lugares de alto riesgo dentro de la planta.

5.1.2 Elementos de protección personal

Como segundo punto para las mejoras de la seguridad industrial dentro de la planta, se encuentra la protección al personal operativo. Esto se realizó a través de la selección y uso de elementos de protección personal (EPP), los cuáles deben dar el conveniente grado de protección y comodidad. Los distintos EPP y sus características se muestran a continuación.

Tabla X. Descripción de elementos de protección personal

Características	Descripción
 <p>Casco JSP LINESMAN para trabajos en altura con Barboquejo 3 puntos</p> <p>Dispone de una visera reducida al mínimo para aumentar el campo de visión y está equipado con arnés de cinta combinado con barboquejos de tres puntos que asegura una sujeción ideal, cumpliendo los requerimientos de la EN 397</p>	<p>Protección 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 un casco que reúna ciertas normas y condiciones de seguridad del mismo, como el que sea resistente a tensiones de corrientes altas, aptos para reducir la fuerza de impactos y resistentes a la corrosión.</p>
 <p>Mandil de cuero 90x60 EN 340-470</p>	<p>Protección tronco: se debe utilizar elementos para la protección del tronco, donde existan peligros derivados de químicos o corrosivos, también donde es necesario el acercamiento a superficies calientes o chispas. La fabricación de estos elementos se realiza en cuero o caucho, según sea la necesidad.</p>

Continuación tabla X.

Características	Descripción
 <p>Tapones desechables de espuma de poliuretano con cordón SNR=36 dB Mismas propiedades que el tapón AUTA0301. Además dispone de cordón para los usuarios que entran y salen de entornos ruidosos y para empresas de alimentación.</p>	<p>Protección auditiva : dentro de la planta se ha probado que los recursos de Ingeniería no se pueden aplicar como un método de control permanente, de tal manera que se aceptan los dispositivos de protección personal para el control de ruido en lo trabajadores. Sin embargo, es importante resaltar que su uso debe estar acompañado por un adecuado programa de capacitación de la conservación auditiva.</p>
 <p>Mascarilla 3M 8710 FFP1 Gama Estándar EN149:2001 Información Adicional - Protección ligera y fiable frente a partículas - Opción entre dos niveles de protección - Colocación fácil y rápida debido a su construcción cóncava - Ajuste excelente proporcionado por dos bandas de ajuste, clip y almohadilla nasal - Protección duradera gracias a lacapa interior resistente a la humedad.</p>	<p>Protección respiratoria: la protección respiratoria se hará en aquellas áreas que presentan ambientes respirables limitados por polvos, o en ambientes deficientes de oxígeno y con contaminación del aire por neblinas, gases o humos. Los elementos con que se cuentan son las mascarillas desechables, las cuáles tienen una resistencia baja a la respiración pero una buena detección de polvo. Su tamaño y forma se adapta a diferentes tipos faciales.</p>
 <p>Gafa tipo VISITA panorámica unilente de policarbonato, comp. graduadas. EN 166 Gafa panorámica unilente de policarbonato, compatible con gafas graduadas.</p>	<p>Protección visual: entre los factores a tener en cuenta al seleccionar el protector visual contra impactos, rayos ionizantes y polvos se incluyen: la protección que ésta brinda</p>

Continuación tabla X.

Características	Descripción
 <p data-bbox="315 682 834 737">Recambio visor de policarbonato para la pantalla FCPF0301, EN 166,167,168</p>	<p data-bbox="873 407 1430 758">Protección facial: los protectores faciales son aquellos que protegen la cara y el cuello de partículas desprendidas con fuerza, como por ejemplo: aire a presión, líquidos peligrosos, salpicaduras de metales y soluciones corrosivas o calientes, por una pantalla resistente a impactos y a soluciones calientes o corrosivas.</p>
 <p data-bbox="331 1050 818 1104">Piel sintética en palma y nylon spandex en dorso /almohadillas EN 420, EN 388</p> <p data-bbox="298 1104 850 1241">Piel sintética en palma y nylon spandex en dorso. Almohadillas para la absorción de vibraciones. Confortable. Buena adaptación, dexteridad y agarre. Amortigua vibraciones en palma.</p>	<p data-bbox="873 772 1430 1171">Protección de manos: se deben utilizar protección para las manos donde exista peligro derivado del manejo de materiales pesados, corrosivos, cortantes, abrasivos, superficiales calientes, etc. Los materiales más comúnmente utilizados para su fabricación son: cuero, carnaza o vaqueta, caucho, hilo, nitrilo, látex, hilaza, con cubrimiento en látex o pvc.</p>
 <p data-bbox="371 1625 776 1654">Arnés enganche en espalda EN 361</p> <p data-bbox="298 1654 829 1759">Arnés básico ajustable con enganche en espalda. Cinta en pecho regulable. Opcional con cinta de sostén (subglútea) añadiendo /A a la referencia B102</p>	<p data-bbox="873 1241 1430 1822">Protección de cuerpo: es utilizado el cinturón de seguridad para trabajos que requieren estar en alturas. Para su selección debemos considerar dos usos. Normal: el cual se le aplican al cinturón tensiones relativamente leves, las que habitualmente sometemos en nuestro trabajo de altura y que rara vez excederán el peso total estático del usuario. 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.</p>

Continuación tabla X.

Características	Descripción
<div data-bbox="418 407 740 659" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="315 741 834 795">Bota seguridad S3 TR piel flor negra, plantilla antiperfo., puntera 200J EN 345.1 S3</p> <p data-bbox="298 795 834 932">Bota en piel flor color negro, forro interior <i>Airlight</i>, maleolo y fuelle acolchado Plantilla interior anatómica, antimicótica, antisudor y antistática. Suela antideslizante en poliuretano bidensidad</p> <p data-bbox="298 961 654 1123"> Norma EN 345.1 S3 - Puntera 200 J - Plantilla antiperforación - Absorción de energía en el talón - Propiedades antiestáticas - Resistente al agua </p>	<p data-bbox="873 407 1427 709">Protección de pies: se utiliza 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.</p>

En la tabla anterior se muestran y ejemplifican las características mínimas que deben poseer los distintos elementos de protección para personal del taller mecánico, cuya supervisión de uso recae en el nivel de mando, ya que es totalmente inaceptable el descuido en el uso de éstos elementos.

5.1.2.1 Protección personal para trabajos de soldadura

Dentro de la planta, dada la gran cantidad de trabajos de soldadura que se realiza, merece punto aparte. Con base en esto, se deben tomar en cuenta lo siguiente.

Para evitar electrocuciones es necesario evitar que la tensión en vacío descargue por el cuerpo del soldador. Por lo tanto se debe:

- Llevar puestos los guantes protectores.
- Cambiar los mangos en mal estado, tanto de la pinza como del equipo de soldar.
- Utilizar guantes al colocar el electrodo y, además, al desconectar la máquina.
- No apoyar la pinza sobre materiales conductores, siempre sobre materiales aislantes.

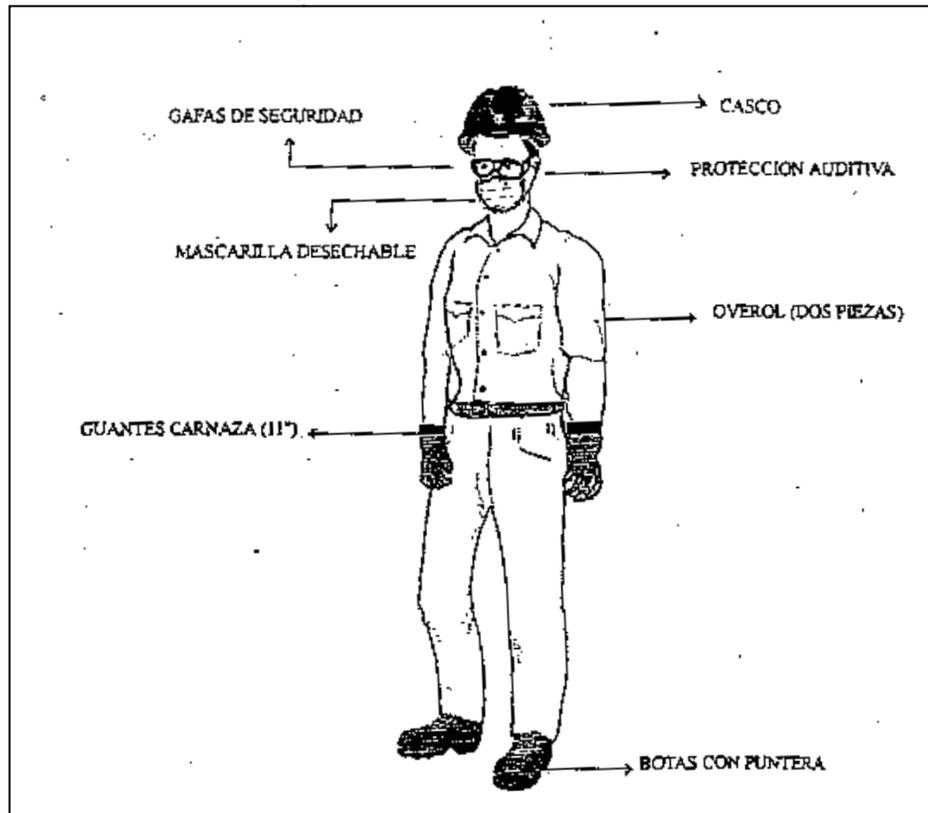
Además de los peligros propios de la electricidad existen otros riesgos, por ejemplo los efectos de las radiaciones. Para evitar este peligro el soldador debe utilizar pantalla protectora con cristales absorbentes.

El equipo de protección personal del soldador debe estar compuesto por:

- Pantalla de protección de cara y ojos.
- Guantes de manga larga.
- Mandil de cuero.
- Polainas de apertura rápida.
- Calzado de seguridad.
- Delantal de cuero.
- Protección respiratoria.

Se debe evitar soldar con la ropa manchada con grasa, solventes, o cualquier sustancia inflamable. Además hay que tener presente que la ropa húmeda se convierte en conductora. También se recomienda utilizar calzado aislante o dieléctrico cuando se este soldado sobre pisos metálicos. Los humos de soldadura contienen sustancias tóxicas cuya inhalación puede ser nociva, por este motivo se debe soldar siempre en lugares bien ventilados y, si es necesario, disponer de sistemas de extracción localizada.

Figura 16 Elementos de protección personal. Departamento mecánico



En la figura se muestra la forma ideal de cómo debe ir protegido el personal del taller mecánico al realizar sus distintas labores. Debe observarse con especial cuidado el uso de todo el equipo de protección personal, para evitar accidentes lamentables, los cuáles se pueden evitar al cumplir con el uso de estos elementos.

Además, otros elementos de protección personal que deben usarse cuando la labor así lo amerite son: cinturón de seguridad para realizar trabajos en altura, careta de acetato para trabajos de soldadura, y guantes de caucho industrial

5.1.3. Capacitación al personal operativo

El tercer enfoque relacionado a las mejoras de la seguridad industrial dentro de la planta, corresponde a la capacitación al personal operativo (mecánicos y ayudantes) para mejorar su labor cotidiana en la empresa. Para esto se enfatiza en el uso de las máquinas herramientas, en los trabajos de soldadura, en los trabajos sobre el puente-grúa, en el empleo del montacargas y en las bandas transportadoras.

5.1.3.1. Normas básicas de seguridad en la utilización de máquinas herramientas

Las máquinas herramientas (o máquinas de mecanizado) más empleadas en el taller mecánico son: tornos, fresadoras, y taladro. Sin embargo, el empleo de las mismas trae consigo ciertos riesgos que son necesarios considerar para evitar consecuencias lamentables.

Indistintamente del tipo de máquina-herramienta a usar, siempre es necesario mantener orden y la limpieza de cada estación de trabajo como elementos claves para evitar accidentes. Para toda máquina de mecanizado son necesarias las siguientes consideraciones.

Recomendaciones generales

- Los interruptores y demás mandos de puesta en marcha de las máquinas, se deben asegurar para que no sean accionados involuntariamente; las arrancadas involuntarias han producido muchos accidentes.
- Los engranajes, correas de transmisión, poleas, cadenas, e incluso los ejes lisos que sobresalgan, deben ser protegidos por cubiertas.
- Todas las operaciones de comprobación, medición, ajuste, etc, deben realizarse con la máquina parada.
 - Manejar la máquina sin distraerse.
 - Peligros comunes:
 - Puntos de rozamiento
 - Puntos calientes
 - Superficies rotativas de máquinas
 - Maquinaria automática
 - Joya y ropas sueltas

Figura 17. Utilizar anteojos de seguridad



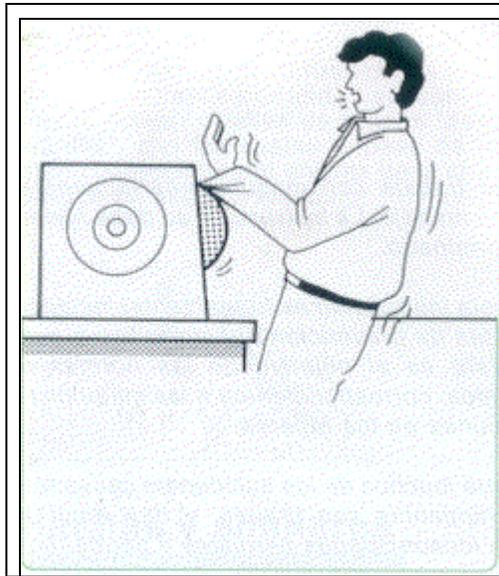
Fuente: www.estrucplan.com

Protección Personal

- Los trabajadores deben utilizar anteojos de seguridad contra impactos, sobre todo cuando se mecanizan metales duros, frágiles o quebradizos, debido al peligro que representa para los ojos las virutas y fragmentos de la máquina pudieran salir proyectados.
- Si a pesar de todo se le introdujera alguna vez un cuerpo extraño (sólido) en un ojo, no lo refriegue, puede provocarse una herida. Acuda inmediatamente al médico. En caso de ser líquido recurra al médico con la hoja de seguridad del producto.
- Las virutas producidas durante el mecanizado nunca deben retirarse con la mano, ya que se pueden producir cortes y pinchazos.
- Las virutas secas se deben retirar con un cepillo o brocha adecuados, estando la máquina parada. Para virutas húmedas o aceitosas es mejor emplear una escobilla de goma.
- Se debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada. Las mangas deben llevarse ceñidas a la muñeca.
- Se debe usar calzado de seguridad que proteja contra cortes y pinchazos, así como contra caídas de piezas pesadas.
- Es muy peligroso trabajar llevando anillos, relojes, pulseras, cadenas en el cuello, bufandas, corbatas o cualquier prenda que cuelgue.

- Asimismo es peligroso llevar cabellos largos y sueltos, que deben recogerse bajo gorro o prenda similar. Lo mismo la barba larga.

Figura 18. No utilizar ropa suelta



Fuente:
www.estrucplan.com

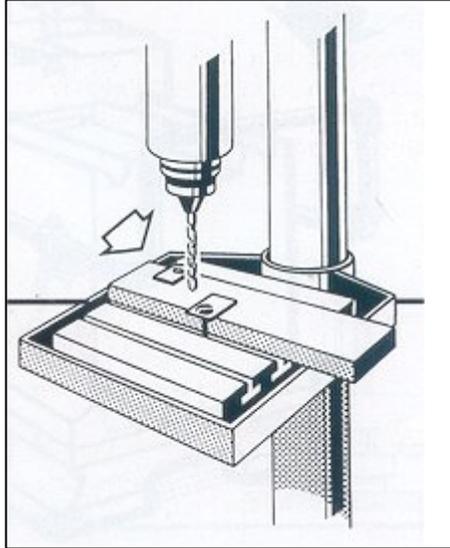
Recomendaciones antes de trabajar

Antes de poner en marcha la máquina para comenzar el trabajo de mecanizado, deben comprobar que:

- el dispositivo de sujeción de piezas, de que se trate, está fuertemente anclado a la mesa de la máquina.
- sobre la mesa de la fresadora no hay piezas o herramientas abandonadas que pudieran caer o ser alcanzados por la máquina.
- las carcasas de protección de las poleas, engranajes, cadenas y ejes, están en su sitio y bien fijadas.

- la pieza a trabajar está correcta y firmemente sujeta al dispositivo de sujeción.

Figura 19. Sujete adecuadamente la pieza



Fuente: www.estrucplan.com

Además:

- No remover barreras protectoras de máquinas.
- No operar maquinarias cuyas barreras de protección han sido removidas.
- Que los dispositivos de seguridad se encuentren en su sitio y correctamente instalados.

Durante el mecanizado

- Durante el mecanizado se debe mantener las manos alejadas de la herramienta que gira o se mueve. Si el trabajo se realiza en ciclo automático. Las manos no deben apoyarse en la mesa de la máquina.

Figura 20. Mantenga alejadas las manos de la máquina



Fuente: www.estrucplan.com

- Toda las operaciones de comprobación, ajuste, etc deben realizarse con la máquina parada, especialmente las siguientes:
 - Alejarse o abandonar el puesto de trabajo
 - Sujetar la pieza a trabajar
 - Medir y calibrar
 - Comprobar el acabado
 - Limpiar y engrasar
 - Ajusta protecciones
 - Dirigir el chorro de líquido refrigerante, etc.
 - Aun paradas, las máquinas de mecanizado son herramientas cortantes. Al soltar o amarrar piezas se deben tomar precauciones contra cortes que pueden producirse en manos y brazos.

Orden, limpieza y conservación del puesto de trabajo

- La máquina debe mantenerse en perfecto estado de conservación, limpia y correctamente engrasada.
- Debe cuidarse el orden y conservación de las herramientas, útiles y accesorios; tener un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio.

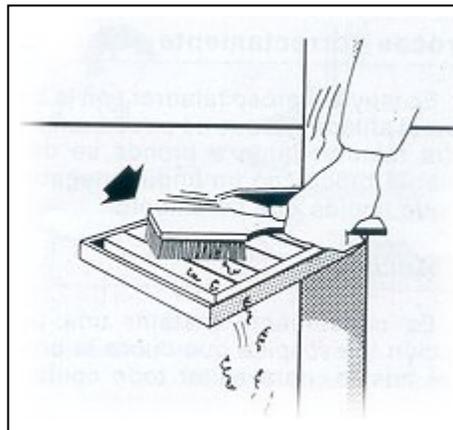
Figura 21. Orden y limpieza, claves para prevención de accidentes



Fuente: www.estrucplan.com

- La zona de trabajo y las inmediaciones de la máquina deben mantenerse limpias y libres de obstáculos y manchas de aceite. Los objetos caídos y desperdigados pueden provocar tropezones y resbalones peligrosos, por lo que deben ser recogidos antes de que esto suceda.
- Las virutas deben ser retiradas con regularidad, sin esperar al final de la jornada, utilizando un cepillo o brocha para las virutas secas y una escobilla de goma para las húmedas y aceitosas.

Figura 22. Limpie constantemente su área de trabajo



Fuente:
www.estrucplan.com

- Las herramientas deben guardarse en un armario o lugar adecuado. No debe dejarse ninguna herramienta u objeto suelto sobre la máquina.

- Tanto las piezas en bruto como las ya mecanizadas deben apilarse de forma segura y ordenada o bien utilizar contenedores adecuados si las piezas son de pequeño tamaño.
- Se deben dejar libres los caminos de acceso a la máquina.
- Eliminar los desperdicios, trapos sucios de aceite o grasa que puedan arder con facilidad, acumulándolos en contenedores adecuados (metálicos y con tapa).
- Los trapos sucios de aceite o grasa son residuos especiales no deben disponerse con la basura común. Lo mismo para los EPP en desuso (guantes, ropa, etc.).
- Las averías de tipo eléctrico solamente pueden ser investigadas y reparadas por un electricista profesional; a la menor anomalía de este tipo desconecte la máquina, ponga un cartel de Máquina averiada y avise al electricista.
- Las conducciones eléctricas deben estar protegidas contra cortes y daños producidos por las virutas y/o herramientas. Vigile este punto e informe a su inmediato superior de cualquier anomalía que observe.
- Durante las reparaciones coloque en el interruptor principal un cartel de **No Tocar. Peligro Hombre Trabajando**. Si fuera posible, ponga un candado en el interruptor principal o quite los fusibles.

5.1.3.2 La seguridad en la soldadura

Los peligros relacionados con la soldadura suponen una combinación poco habitual de riesgos contra la salud y la seguridad. Por su propia naturaleza, la soldadura produce humos y ruido, emite radiación, hace uso de electricidad o gases y puede provocar quemaduras, descargas eléctricas, incendios y explosiones.

Algunos peligros son comunes tanto a la soldadura por arco eléctrico como a la realizada con gas y oxígeno, por lo tanto, se debe observar las siguientes precauciones generales de seguridad:

- Suelde solamente en las áreas designadas. Utilice solamente equipos de soldadura en los que haya sido capacitado. Sepa qué sustancia es la que está soldando y si está tiene o no revestimiento.
- Lleve puesta ropa de protección para cubrir todas las partes expuestas del cuerpo que podrían recibir chispas, salpicaduras calientes y radiación.
- Revise que la ropa de protección esté seca y no tenga agujeros, grasa, aceite ni ninguna otra sustancia inflamable.
- Lleve puestos guantes incombustibles, un delantal de cuero o asbesto, y zapatos altos para protegerse bien de las chispas y salpicaduras calientes.
- Lleve puesto un casco hermético específicamente diseñado para soldadura, dotado de placas de filtración para protegerse de los rayos infrarrojos, ultravioleta y de la radiación visible.
- Nunca dirija la mirada a los destellos producidos, ni siquiera por un instante.
- Mantenga la cabeza alejada de la estela, manteniéndose detrás y a un lado del material que esté soldando.
- Haga uso del casco y sitúe la cabeza correctamente para minimizar la inhalación de humos en su zona de respiración.
- Asegúrese de que exista una buena ventilación por aspiración local para mantener limpio el aire de su zona de respiración.
- No suelde en un espacio reducido sin ventilación adecuada.
- No suelde en áreas húmedas, no lleve puesta ropa húmeda o mojada ni suelde con las manos mojadas.

- No suelde en contenedores que hayan almacenado materiales combustibles ni en bidones, barriles o tanques hasta que se hayan tomado las medidas de seguridad adecuadas para evitar explosiones.
- Si trabajan otras personas en el área, asegúrese de que hayan sido avisadas y estén protegidas contra los arcos, humos, chispas y otros peligros relacionados con la soldadura.
- No se enrolle el cable del electrodo alrededor del cuerpo.
- Ponga a tierra el alojamiento del instrumento de soldadura y el metal que esté soldando.
- Observe si las mangueras de gas tienen escapes, usando para ello un gas inerte.
- Revise las inmediaciones antes de empezar a soldar para asegurarse de que no haya ningún material inflamable ni disolventes desgrasantes.
- Revise las inmediaciones antes de empezar a soldar para asegurarse de que no haya ningún material inflamable ni disolventes desgrasantes.
- Vigile el área durante y después de la soldadura para asegurarse de que no haya lumbres, escorias calientes ni chispas encendidas que podrían causar un incendio.
- Localice el extinguidor de incendios más próximo antes de empezar a soldar. Deposite todos los residuos y despuntes de electrodo en un recipiente de desechos adecuado para evitar incendios y humos tóxicos.

5.1.3.3. Riesgos y medidas preventivas, en el uso y durante trabajos de mantenimiento de los puentes-grúas

Los puentes-grúas ya han sido definidos en el capítulo dos del presente trabajo. En esta sección se presenta los riesgos inherentes a la operación y relacionados con los trabajos de mantenimiento.

Tabla XI Origen, riesgos y medidas de prevención en los puentes-grúa

ORIGEN	RIESGOS	MEDIDAS DE PREVENCION
Durante el accionamiento	<p>No identificación correcta de mandos en la botonera.</p> <p>Golpes contra obstáculos durante el guiado de la carga.</p>	<p>Utilización de botoneras con identificación clara de los movimientos y controles.</p> <p>Mantener los pasillos de circulación libres de obstáculos y señalizados.</p>
Por fallo/ ausencia de finales de carrera y dispositivos limitadores	<p>Riesgo de golpes con la carga por oscilaciones originadas al chocar contra los topes.</p> <p>Riesgo de rotura de sistema de elevación por sobrecarga y daños en la estructura del puente.</p> <p>Riesgo de caída de la carga por ausencia de mantenimiento adecuado de los finales de carrera.</p> <p>Choque entre puentes- grúa que circulan por el mismo camino de rodadura.</p> <p>Choque entre un puente –grúa contra otro que está parado por operaciones de mantenimiento.</p>	<p>Los puentes- grúa deben estar provistos de los siguientes dispositivos:</p> <p>Final de carrera superior e inferior del movimiento de elevación.</p> <p>Final de carrera máximo y mínimo de traslación del carro.</p> <p>Final de carrera de traslación del puente.</p> <p>Nunca cargar un puente- grúa de modo de superar la carga máxima admisible.</p>
Por caída de la carga en el descenso	<p>Riesgo de caída por no disponer de dispositivos eficaces en caso de fallo en una de las fases del motor en el descenso de la carga.</p> <p>Fallo de freno en el descenso.</p>	<p>Colocar un relé de asimetría a la salida del motor que detecte un posible fallo de una fase o de uno de los contactos del contactor.</p> <p>Reglaje periódico de los frenos.</p>
Por fallo de los accesorios de elevación (cables-ganchos)	<p>Riesgo de desprendimiento de la carga del gancho de elevación.</p> <p>Caída de la carga por rotura del cable.</p>	<p>Los ganchos deberán disponer de pestillos de seguridad.</p> <p>Efectuar comprobaciones periódicas de los ganchos.</p>

Continúa tabla XI.

	Caída de la carga por mala utilización de grapas o perillos.	Revisar periódicamente el estado de los cables.
Por manipulación defectuosa de la carga por los operarios en el transporte de la misma	<p>No conocer las instrucciones de seguridad.</p> <p>Por circular por encima de personal trabajando.</p> <p>Por reparaciones provisionales efectuadas debajo de cargas suspendidas.</p> <p>Eslingado defectuoso de la carga.</p> <p>Almacenado de materiales en zonas de circulación.</p> <p>Por circular con la carga a alturas inadecuadas.</p> <p>Por utilización del gancho para el izado de personal.</p>	<p>Formar al personal en la manipulación y transporte de carga.</p> <p>En los traslados sin carga, izar el gancho a una altura en que no exista riesgo contra las personas y objetos.</p> <p>Efectuar las reparaciones de los puentes.- grúa en lugar adecuado.</p> <p>No depositar materiales en la zonas de circulación, ni a menos de 2 metros de los carriles.</p> <p>No utilizar el gancho de la grúa para subir personal en plataformas, ni subirse a la carga durante el transporte.</p>
Por ausencia de pasarelas y barandillas	<p>Caída de operarios durante las operaciones de mantenimiento.</p> <p>Atropellos de operarios en operaciones de mantenimiento por insuficiente anchura de las plataformas y distancias con respecto a obstáculos fijos.</p>	<p>La anchura de paso de las pasarelas no debe ser inferior a 0,50 metros.</p> <p>Las pasarelas y plataformas situadas en altura deben estar provistas de barandas sobre los lados que dan al vacío.</p>

Fuente: www.estrucplan.com

5.1.3.4. Riesgos y medidas preventivas en el manejo y operación del Montacargas

El montacargas es un pequeño vehículo que emplea el personal del taller mecánico para facilitar el transporte de piezas de gran peso, para lo cual es indispensable el empleo del mismo. Muy utilizado también en el área de bodega, el montacargas conlleva riesgos que son necesarios conocer para evitar cualquier consecuencia lamentable.

Tabla XII Riesgos y medidas preventivas en el uso de montacargas

RIESGOS	POSIBLES CAUSAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
Caídas de materiales	<p>Mal estibado de las cargas en circulación.</p> <p>Por golpes contra estanterías.</p> <p>Por golpes contra materiales almacenados.</p> <p>Roturas de estanterías y pallets por exceso de carga.</p>	<p>Adaptar las cargas. Evitar sacudidas.</p> <p>Buena iluminación de la zona de circulación y almacenamiento.</p> <p>Disponer de cubierta de protección del conductor.</p> <p>Proteger las estanterías y zonas de almacenamiento con defensas adecuadas.</p> <p>Indicar la capacidad máxima de estanterías. Revisar periódicamente estado de las paletas.</p>
Caída del conductor	<p>En acceso o abandono del vehículo.</p> <p>Inclinación del conductor en marcha.</p>	<p>Estribo correcto, antiderrapante.</p> <p>Evitar marchas forzadas y problemas de visibilidad que motiven inclinación excesiva del operario.</p>
Caída de personas	<p>Elevación de personal en pallets u horquilla de la carretilla para acceso a estanterías o trabajos de mantenimiento.</p> <p>Caída de personas que sean transportadas por la carretilla en cabina o en las horquillas.</p>	<p>Señalizar y prohibir la utilización de la carretilla para la elevación o transporte de personal.</p> <p>Utilización de jaula de seguridad para este tipo de trabajos.</p>
	<p>Por exceso de carga.</p> <p>Por velocidad inadecuada.</p> <p>Por circulación en vías con pendiente y cerca de los desniveles.</p>	<p>Utilización de vehículo adecuado a la carga a levantar.</p> <p>Evitar los cambios de dirección bruscos y los virajes en radios pequeños a velocidad excesiva.</p> <p>Verificar la posición, la fijación y</p>

Continúa tabla XII.

<p>Vuelco del vehículo</p>		<p>estado de los puentes de carga.</p> <p>No circular con carga elevada y asegurarse del buen estado de las pendientes y vías de circulación.</p>
<p>Colisiones y choque contra obstáculos y estructuras</p>	<p>Exceso de velocidad.</p> <p>Poca visibilidad de las vías de circulación.</p> <p>Conducción con poca visibilidad debido a la carga.</p> <p>Ausencia de señalización y vías de circulación.</p> <p>Circulación con carga elevada.</p> <p>Suelos resbaladizos, no limpios y con obstáculos.</p>	<p>Limitar el exceso de velocidad de la carretilla cuando la misma constituye un grave riesgo. Señalizar la velocidad máxima de circulación.</p> <p>Fijar unos niveles de iluminación adecuados a las vías de circulación, preferentemente las áreas de giros y cambios de vía.</p> <p>Circular en el sentido adecuado, cuando la carga no ofrezca condiciones de visibilidad seguras.</p> <p>Señalizar con líneas amarillas y negras alternativas aquellos obstáculos u objetos situados en las vías de circulación.</p> <p>Circular con los brazos de horquillas a 0.15 m por encima del suelo.</p> <p>Mantener las áreas de trabajo libre de obstáculos, y los suelos limpios.</p>
<p>Colisiones y choques contra otros vehículos</p>	<p>Por exceso de velocidad, vías de circulación inadecuadas, defectos en la señalización, etc.</p>	<p>Reducir las intersecciones. Prever sentidos únicos y anchura suficiente de las vías de circulación.</p> <p>Accionar la alarma sonora y reducir la velocidad en cruces peligrosos.</p> <p>Limitar la velocidad a las condiciones del local.</p>

Fuente: www.estrucplan.com

5.1.3.5. Normas de seguridad de las bandas transportadoras

Estos mecanismos mueven grandes cantidades de materiales con rapidez y seguridad. Permiten que los trabajadores reduzcan la cantidad de materiales que se manejan a mano aumentando así la capacidad de trabajo y el rendimiento de la producción. La reducción del manejo de material también reduce las probabilidades de lesiones a la columna y las manos de los trabajadores.

Las bandas transportadoras son seguras cuando se las usa correctamente, pero pueden ser peligrosas e incluso mortales si los trabajadores no siguen los procedimientos de seguridad al trabajar con ellas o cerca de ellas. Se debe colocar los materiales sobre la banda transportadora para transportarlos de manera segura. Al retirar los materiales de las bandas transportadoras, los trabajadores deben permanecer alerta y salvaguardar sus manos; el material en movimiento puede crear puntos de aplastamiento. La manera de vestirse —ropa suelta, cabello largo y joyas— al trabajar en las bandas transportadoras o cerca de ellas puede representar el riesgo de quedar atrapado en la banda transportadora.

Al reparar o limpiar una banda transportadora, es necesario cerrar con llave o bloquear todo el equipo y se deberá etiquetar los controles de operación. Si fuera necesario limpiar las bandas o los rodillos mientras el equipo se encuentra en movimiento, asegúrese de que las guardas de protección estén en posición y que no haya parte del equipo que pueda activarse y poner en peligro a la persona en el trabajo.

Si la banda transportadora es elevada, es preciso tomar precauciones para prevenir lesiones causadas por los materiales que pudieran caer de la misma.

Si la banda transportadora está instalada a la altura de la cabeza o si transporta material que cuelga de ganchos, los trabajadores en el área deben permanecer alerta ante el posible peligro y debe tomarse las precauciones necesarias para prevenir que los trabajadores resulten golpeados por el material en movimiento.

Existen otras precauciones generales de seguridad que todos deben cumplir, incluso si no trabajan directamente con bandas transportadoras. Nadie debe subirse ni pasar debajo de la banda transportadora y nunca viajar o de otra manera usar una banda transportadora para transportarse.

5.1.3.6 Normas de seguridad en el uso de herramientas manuales

Las herramientas manuales son unos utensilios de trabajo utilizados generalmente de forma individual que únicamente requieren para su accionamiento la fuerza motriz humana; su utilización en una infinidad de actividades laborales les da una gran importancia. Además, los accidentes producidos por las herramientas manuales constituyen una parte importante del número total de accidentes de trabajo y en particular los de carácter leve.

Como parte fundamental del presente informe, la mejora del sistema de herramientas, incluyendo la seguridad relacionada con su utilización por parte del personal del taller mecánico, a continuación se hace mención de las consideraciones más importantes de éste tema. Se describen a continuación y de forma general los principales riesgos derivados del uso, transporte y mantenimiento de las herramientas manuales y las causas que los motivan.

Riesgos

Los principales riesgos asociados a la utilización de las herramientas manuales son:

- Golpes y cortes en manos ocasionados por las propias herramientas durante el trabajo normal con las mismas.
- Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la propia herramienta.
- Golpes en diferentes partes del cuerpo por despido de la propia herramienta o del material trabajado.
- Esguinces por sobreesfuerzos o gestos violentos.

Causas

Las principales causas genéricas que originan los riesgos indicados son:

- Abuso de herramientas para efectuar cualquier tipo de operación.
- Uso de herramientas inadecuadas, defectuosas, de mala calidad o mal diseñadas.
- Uso de herramientas de forma incorrecta.
- Herramientas abandonadas en lugares peligrosos.
- Herramientas transportadas de forma peligrosa.
- Herramientas mal conservadas.

Los accidentes más comunes en el manejo de herramientas manuales son:

- Lesiones oculares
- Cortes de miembros superiores u otras partes del cuerpo
- Golpes

5.1.3.6.1 Normas específicas para herramientas usadas en taller mecánico

A continuación se describen algunas medidas de seguridad mínimas para operar ciertas herramientas:

5.1.3.6.1.1. Destornilladores

- El uso de esta herramienta puede producir lesiones por resbalamiento, cuando se efectúa presión sobre el mismo.
- La punta del mismo debe encajar con el mayor ajuste, en la ranura del tornillo. No debe ser ni tan gruesa ni tan fina ni tan angosta.
- Si la cuchilla es demasiado ancha puede dañar el trabajo al apretar el tornillo.
- Los destornilladores se deterioran porque se usan como cinceles metálicos, punzones, raspadores, cuñas o palancas.
- Las lesiones más graves suceden cuando se toma con una mano y con la otra se toma la pieza para trabajar. Se debe colocar la pieza en una superficie plana o asegúrela en una prensa.
- Al intentar mover un tornillo por primera vez el destornillador puede resbalar. El uso de una lesna o el perforar primero un orificio elimina la posibilidad de accidentes y hace más fácil su trabajo.

5.1.3.6.1.2. Alicates, llaves de tuerca (cangrejos)

- Las características más importantes, de las llaves de tuerca y alicates es que pueden colocarse en cualquier pieza de trabajo, que se encuentre dentro del margen de sus muelas.
- Nunca se ajustan muy bien con una tuerca, un perno o un prisionero.

- Las llaves ajustables son más seguras de usar con un sujetador que las alicates, tienden a perder su agarre a medida que se trabaja con ellas.
- En la mayoría de las situaciones ninguna funciona lo suficientemente bien. Bajo presión la herramienta se resbala, redondea las esquinas de la tuerca y posiblemente lleva la mano a hacia puntos peligrosos. Si se redondeara las esquinas de la tuerca ninguna herramienta se acomodará más a ella.
- No importa que herramientas se esté utilizando se debe asegurar que ajuste debidamente antes de aplicar cualquier presión.
- Se producen lesiones al intentar que una herramienta pequeña haga el trabajo de una grande.
- Si una tuerca esta abarrotada utilice aceite penetrante y una llave de tubo de casquillo fuerte. Nunca golpee una llave a menos que se esté usando una llave de golpe y un martillo de bola o una mandarina.

5.1.3.6.1.3. Martillos y hachas

- Son las causantes de muchas lesiones en los ojos, sobre todo cuando se usan con cinceles, punzones, barrenos y cuñas.
- Se debe utilizar siempre protección en la vista, cuando se utiliza una herramienta para golpear otra o cuando se golpea alguna que puede astillarse, partirse o fracturarse.
- Se debe utilizar un martillo de carpintería para clavar sobre madera. El tamaño, peso y forma de los martillos para puntillas lo hace inseguro para otros usos por ejemplo como cortafrío o con los clavos acerados para albañilería.
- Los martillos de bola se utilizan para ser usados con cinceles y punzones y para moldear metal no endurecido. La cara que golpea es más redonda que la diseñada para clavar las puntillas.

- Al usar una herramienta para golpear otra, el diámetro de la cara que aplica el golpe debe ser al menos de 3/8 de pulgada más grande que la de la cara que recibe el golpe, para reducir aún más la posibilidad de un golpe de refilón.
- La cabeza de un cincel deteriorado es lo más peligroso que pueda utilizar, al dar un golpe de refilón puede desprenderse un pedazo de metal lesionando un ojo y una mano. Afilar los extremos de esta herramienta. Un cincel afilado se resbala mucho menos.

5.1.3.6.1.4. Cuchillos

- Los cuchillos dan origen a lesiones como cualquier otra herramienta, basta con tocarlos.
- El mango debe ser seguro y la cuchilla afilada. El cuchillo desafilado es más peligroso que un cuchillo afilado.
- Un cuchillo usado como destornillador, rallador o palanca pueden estar dañado y ser peligroso cortar colocando el cuerpo en la línea de corte. Si debe usar guantes, que ajusten bien si le aprietan y le cansan las manos o le quedan flojos le costará controlar sus movimientos.
- Muchos accidentes con cuchillos ocurren cuando se tiene la herramienta en la mano sin usarse al guardarse sin la debida seguridad o llevarla sin la funda. Coloque su funda en la caja de herramientas, puede cortarse al ir a tomar otra cosa. Llévelo siempre en la cadera, derecha o izquierda.
- Si es posible guárdelo separado del resto de las otras herramientas para cubrir el borde cortante y resguardarse. Se debe usar sólo el cuchillo apropiado y en buenas condiciones.

5.1.3.6.1.5. Cinceles

- Son herramientas de acero con alta proporción de carbono que se emplean para labrar, cortar o marcar a golpes de martillo toda clase de materiales.
- La elección de un cincel está condicionada por el tipo de material que se debe cortar, el tamaño y forma de la herramienta así como por la profundidad de corte que se ha de efectuar.
- Las condiciones de trabajo requieren que el material no se deforme y sea suficientemente grueso para que no se curve al ser golpeado.
- Se debe escoger un cincel lo suficientemente grande para el trabajo a realizar y emplear un martillo adecuado a su tamaño.
- Debe agarrarse con el pulgar y el índice de la mano izquierda ceca del extremo superior, firmemente, pero sin apretar y fijando la herramienta en un ángulo vertical que permita que una gran parte biselada del filo esté plana contra el plano de corte.
- El trabajo se debe efectuar siempre en sentido opuesto al cuerpo del trabajador, fijando adecuadamente las piezas pequeñas a labrar mediante prensa de tornillo.
- Se deben usar gafas en todos los trabajos con esta herramienta, y si hay otros operarios próximos se debe proteger de igual manera o bien colocar mampara o pantalla que elimine el riesgo.
- El cincel debe tener buen filo para poder cortar , debiéndose afilar o rectificar en una muela de esmeril, manteniéndose el ángulo original de la orilla cortante.

5.2 Ruido, polvo y basura como contaminantes industriales en la producción de cemento

Debido a la naturaleza de producción, es común que dentro de la planta se produzcan estos contaminantes industriales, por razones inherentes al proceso mismo. Sin embargo, el problema no consiste específicamente en averiguar el porqué, sino más bien se debe crear esfuerzos para controlar los mismos.

5.2.1 Ruido

El ruido es el contaminante industrial más extendido en la modernidad. Los procesos industriales se reconocen como importantes focos generadores de este agresor físico. En la mayoría de los ambientes de la planta se emiten ruidos excesivos que comprometen directamente a la salud y la seguridad del personal operativo especialmente.. En ocasiones, también afecta la comunidad alrededor y la biodiversidad del entorno. Del mismo modo, entre los efectos del ruido sobre el personal se pueden destacar la influencia sobre el sueño, la molestia y el rendimiento en el trabajo.

Para contrarrestar este contaminante, se deben usar los protectores auditivos. Éstos protectores auditivos son dispositivos de singular importancia en el control pasivo del ruido. Ellos garantizan (cuando la selección es correcta), la atenuación necesaria que asegura la disminución de la exposición efectiva al ruido. Se requerirá el uso de protectores auditivos cuando el nivel de exposición al ruido supere los 85 decibeles en 8 horas.

Dentro de la planta se ha probado que los recursos de ingeniería no se pueden aplicar como un método de control permanente, de tal manera que se aceptan los dispositivos de protección personal para el control de ruido en los trabajadores. Sin embargo, es importante resaltar que su uso debe estar acompañado por un adecuado programa de capacitación de la conservación auditiva.

5.2.2. Polvo

En la industria del cemento, se generan principalmente productos en forma de polvo que con la adición de aguas son modelables y, tras un tiempo de reacción dado, endurecen.

Durante la obtención y elaboración de cemento, cal y yeso, el proceso produce polvo en diferentes fases de trabajo. En el cemento este polvo es una mezcla de piedra caliza, óxido cálcico, minerales del cemento y a veces también cemento totalmente cocido, mientras que el yeso es anhídrita y, sobre todo, sulfato cálcico. A excepción del polvo de CaO puro, que aparece en la cocción de cal, el polvo no es peligroso, pero sí muy molesto.

Entre las mayores fuentes de polvo en la fábrica están: área de secado, almacén de materias primas, área de grúas, calera, molienda de mezcla y de cemento.

Tabla XIII Lugares críticos en producción de polvo

PELIGRO IDENTIFICADO	LOCALIZACIÓN	MEDIDA DE CONTROL
Polvo	Molino mezcla mucho ruido y polvo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	Bomba de mezcla Mucho ruido y polvo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	SECADORA Demasiado polvo y gases	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos.
Polvo	SECADORA Transportador desc.externa secadora genera mucho polvo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	Hornos malas prácticas de limpieza	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	Molino de <i>coke</i> mucho ruido y polvo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	Bombas 5 y 7 mucho ruido y polvo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	Molinos cemento hace mucho ruido y polvo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	Molinos cemento mucho material en el suelo	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	HIDRATADORA hace mucho ruido, polvo, etc.	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos
Polvo	HIDRATADORA polvo y calor	Hacer inventario de fugas y levantar avisos mecánicos

5.2.3. Basura

Hablar de basura, es relativamente ambiguo ya que éste elemento existe en todo lugar donde haya vida. El ser vivo en general, en su diario vivir y su rutina, es generador de desechos producto de su misma satisfacción de necesidades. Entonces cuando estos desechos, no son colocados o administrados de una forma adecuada se convierte en basura, por así decirlo. En nuestros hogares, en la calle, en nuestro alrededor cotidiano, estamos rodeados de este elemento, y continuamente tenemos que lidiar con él.

La Planta, no es la excepción. El proceso genera polvo y desperdicios. El taller mecánico produce debido a la naturaleza de su labor *wipe*, grasa, electrodos en fin todo elemento que si no es colocado en un lugar adecuado se transforma en basura.

5.2.3.1. Co-procesamiento de la basura

Sin duda alguna, el coprocesamiento es en la actualidad uno de los métodos más eficientes para el control de la basura. El coprocesamiento de residuos en el horno de *clinker*, consiste en la destrucción por vía térmica de los mismos, lo cual se realiza en planta la Pedrera.

Estos sistemas de alta complejidad en ingeniería ambiental, posibilitan hoy el uso de residuos industriales generados por la industria, como combustibles alternativos para los hornos de la industria del cemento reemplazando parcialmente a los combustibles tradicionales como el *fuel-oil* o el gas. Actualmente se pueden procesar como combustibles alternativos para los hornos cementeros una gran variedad de residuos industriales

El verdadero aporte que la industria del cemento en general puede realizar para mejorar nuestro ambiente consiste en la utilización de los hornos de fabricación de *clinker*, para la eliminación de una manera segura y definitiva de una gran cantidad de residuos, tanto municipales como industriales. Éstos hornos de alta temperatura resultan ideales para quemar, fundir y combinar este tipo de materiales. Hay una amplia variedad en el tipo de residuos utilizados, destacándose entre otros, aceites usados, cubiertas automotores, residuos de las industrias petroquímicas, petroleras, químicas etc. Estos materiales deben cubrir las especificaciones impuestas por los productores de cemento, que son en forma general bajo contenido de halógenos y metales pesados.

La lista de materiales que pueden ser utilizados como combustibles alternativos es muy amplia, basta mencionar todos aquellos materiales que posean material orgánico como constituyentes. En el caso de todos aquellos plásticos que no pueden ser reciclados, la valorización como combustibles alternativos es hoy una realidad que podemos contar. Debemos dejar aclarado que en la valorización de plásticos como combustibles, queda excluido el PVC por composición química (alto contenido de cloro).

CONCLUSIONES

1. Debido a la variedad y cantidad de maquinaria dentro de la planta, se procedió a clasificarlas en tres categorías para priorizar la atención en los planes de mantenimiento. Esta clasificación se hizo en función del factor “crítico”, llegando a establecer las siguientes categorías: “A”, para los equipos que afectan los resultados directos de la planta, porque son difíciles de reemplazar o de reparar, asimismo, pueden ocasionar daños al medio ambiente y a la salud del personal, por ejemplo el horno de *Clinker*. Categoría “B”, para aquellos que no afectan los resultados totales de la planta, pero sí a los del área a que pertenecen, ejemplo banda transportadora; y categoría “C” para aquellos que son fácilmente reemplazables por otro similar, por ejemplo un montacargas, puesto que en la planta hay varios de ellos.
2. Estableciendo la clasificación de los equipos en la planta, se conocieron las partes de los mismos y por consiguiente los repuestos que son necesarios. Los factores que deben ser tomados relacionados con los repuestos son la criticidad de los mismos, ya que hay equipos que poseen piezas críticas y piezas no tan importantes, como por ejemplo, un gusano transportador, posee la pieza crítica que es el eje de transmisión de potencia, asimismo, el empaque de la cubierta del gusano no es tan importante. De aquí la consideración de poner prioridad a los repuestos críticos. Asimismo, debe tomarse en cuenta el tiempo de entrega de los repuestos, siendo el mismo la duración que existe desde que se hace el pedido hasta el momento en que el repuesto puede ser utilizado para el mantenimiento.

3. Otra clasificación de repuestos adecuada para la planta, es la que se hace en función de su utilización, siendo ésta: repuestos consumibles, que son comunes en varios equipos; repuestos estratégicos, aquellos que pueden fallar sin poder predecirse exactamente; repuestos de desgaste, aquellos que pierden sus medidas originales en el transcurso del tiempo; repuestos de rotación aquellos que al deteriorarse pueden hacer que el equipo falle, y repuestos obsoletos, que son aquellos que no tienen consumo porque la maquina ya no existe.

4. En base a la clasificación de repuestos expuestas anteriormente, se diseñaron los formatos para el sistema de repuestos. La utilización adecuada de estos formatos, permite el flujo continuo del sistema de repuestos, evitando la escasez de los mismos, lo que permite alcanzar las metas en los planes de mantenimiento.

5. Mediante el empleo del formato diseñado para el control de herramientas, el mecánico disminuye el tiempo improductivo que ocurre al regresar continuamente al *tool room* en busca de cada herramienta por separado. Al consultar simplemente el formato, obtiene información de la cantidad y el tipo útiles para cada labor diaria, eliminando con ello el trajín de ir y venir en busca de alguna que se le haya olvidado, como ocurre frecuentemente cuando él confía únicamente en su memoria y/o experiencia.

6. Para lograr mejoras sustanciales en la seguridad industrial dentro de la planta, el enfoque debe hacerse considerando tres aspectos importantes: identificando los lugares de alto riesgo dentro de la planta (empleando para ello la matriz de riesgos), protección al personal y la capacitación con respecto al uso de equipos y herramientas.

7. Por lo tanto, en función de lo anteriormente expuesto, la implementación de un nuevo plan de mantenimiento mejorado, debe fundamentarse en el diseño del sistema de repuestos y herramientas aquí planteados, tomando asimismo en consideración las mejoras en materia de seguridad industrial planteados. Nunca debe olvidarse, que el motivo principal de todo el trabajo aquí presentado, es facilitar el cumplimiento de lo establecido por la alta gerencia de la empresa, quienes dirigen el rumbo de la institución en un mercado cada vez más competitivo, en donde las labores del departamento de mantenimiento cumplen una función vital para conseguir los objetivos globales de la institución.

RECOMENDACIONES

1. Los mandos medios y el personal de almacén deben revisar semanalmente el inventario de repuestos. Por lo tanto, es necesaria la participación de un mecánico con énfasis en actividades de mantenimiento predictivo, encargado directamente del control de repuestos.
2. Del mismo modo, se debe realizar un inventario por lo menos cada seis meses, para conocer la cantidad y estado de las herramientas manuales. Sin embargo, cada mecánico y/o ayudante debe reportar continuamente el estado de las mismas para evitar accidentes lamentables por esta causa, y para mejorar su labor productiva.
3. Son necesarias las constantes charlas para concienciar al personal sobre la importancia del uso de los equipos de protección personal. Estas pláticas bien pueden incorporarse, invirtiendo algunos minutos durante las reuniones diarias de órdenes de trabajo. En caso de incumplimiento con el uso de éstos, es necesaria la penalización, la cual debe ser evaluada y realizada por los altos y medios mandos de la empresa.
4. La motivación al personal es indispensable para elevar la autoestima de los mecánicos y ayudantes. Se debe por lo tanto, enfatizar la importancia que la labor de estos personajes representa para la empresa, y que sin su participación, los objetivos globales planteados no se lograrían cumplir.

5. Las mejoras en las instalaciones físicas de la empresa, se deben priorizar en los sectores de alto riesgo identificados en la matriz. Asimismo, deben colocarse carteles visibles en todas las áreas para que el personal directamente involucrado, tenga conocimiento de las circunstancias que le rodean al ejercer su labor.

6. El diseño del sistema de repuestos y herramientas aquí planteados, deben continuar implementándose hasta institucionalizarse, hasta conformar políticas oficiales del plan de mantenimiento, cuya mejora es la finalidad de este informe. Las propuestas aquí planteadas, constituyen un paso más en la búsqueda de la mejora continua, un proceso que nunca se detiene, en la cual estamos involucrados de una u otra manera todos los humanos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene A. **Manual del Ingeniero Mecánico**, 9ª. Edición.
Impreso en México 1995. Editorial McGraw-Hill
- 2 Buezo Pérez, Julio Renato. Reingeniería de los procesos administrativos del mantenimiento de la planta de cal, de Cementos Progreso. Tesis Ingeniero Mecánico, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 133pp.
- 3 Dardón Flores, Roger Fernando. Implementación y administración de un programa de control de pérdidas para la Planta La Pedrera, Cementos Progreso. Tesis, Ingeniero Industrial, Guatemala Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2001. 135pp
- 4 <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos>. Enero de 2006

