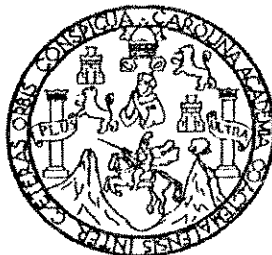


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE
CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO,
SANARATE**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

ELMER RONALDO JUÁREZ CHAVARRÍA

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

MAYO DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

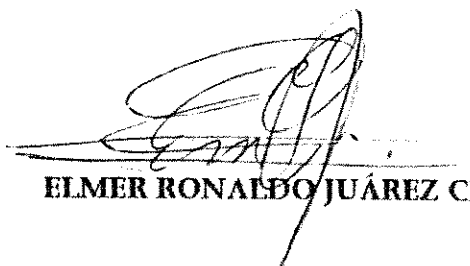
R
08
T(4005)
C. 4

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 tesis titulado:

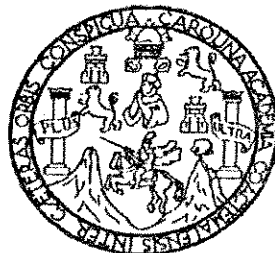
**ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE
CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO,
SANARATE**

tema que fuera aceptado por la coordinación de la Escuela Mecánica Industrial, con fecha 18 de marzo de 1997.



ELMER RONALDO JUÁREZ CHAVARRÍA

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS.
VOCAL PRIMERO	ING. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ GUERRA.
VOCAL SEGUNDO	ING. JACK DOUGLAS IBARRA.
VOCAL TERCERO	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ.
VOCAL CUARTO	BR. VÍCTOR RAFAEL LOBOS ALDANA.
VOCAL QUINTO	BR. WAGNER LÓPEZ CÁCERES.
SECRETARIO	ING Y LICDA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK.
EXAMINADOR	ING. FRANCISO GÓMEZ RIVERA.
EXAMINADOR	ING. JUAN MERCK COS.
EXAMINADOR	ING. LUIS ANTONIO TELLO CASTRO.
SECRETARIO	ING. FRANCISO JAVIER GONZALEZ LÓPEZ.

Señor
Ing. Juan Merck Cos
Coordinador de la Unidad de Prácticas de
Ingeniería y E.P.S.
Presente

Señor Coordinador:

En nuestro carácter de Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervidado (E.P.S.), del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Industrial, ELMER RONALDO JUAREZ CHAVARRIA, hemos procedido a revisar el Informe Final (TESIS), cuyo título es ESTUDIO DE OPTIMIZACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO, SANARATE, el cual, con el visto bueno de la Empresa Cementos Progreso S.A., representada por el Sub-Gerente de Mantenimiento, Ing. Thomas Dougherty, lo encontramos a su vez satisfactorio.


Este trabajo, fue desarrollado dentro del Programa del Ejercicio Profesional Supervidado de la Facultad de Ingeniería, constituyéndose en un valioso aporte a la vinculación Universidad-Sector Productivo del País.

Por lo que, lo damos por APROBADO, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, nos suscribimos de usted.

Muy Atentamente,

"D Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Manuel Eduardo Ruano Pérez
Colegiado No. 944
Superintendente del Depto. Mecánico
Asesor


Ing. Luis A. Tello
Supervisor de E.P.S.
Area de Ingeniería Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
SUPERVISOR DE E. P. S.
Ejercicio Profesional Supervidado



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.070.97

Guatemala, 8 de abril de 1,997.-

Señor
Ing. Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica-Industrial
Presente.-

Señor Director:

Por medio de la presente, envío a usted el Informe Final correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), titulado ESTUDIO DE OPTIMIZACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO, SANARATE.

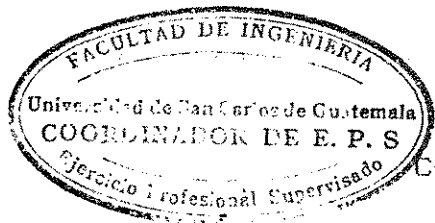
Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario ELMER RONALDO JUAREZ CHAVARRIA, quien fue debidamente asesorado por el Ingeniero Manuel Eduardo Ruano Pérez y supervisado por el Ingeniero Luis Antonio Tello Castro.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de Ley del referido trabajo, y existiendo la APROBACION del mismo por parte del Asesor y el Supervisor, esta COORDINACION también APRUEBA su contenido, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted, como su más atento y seguro servidor.

Deferentemente,

" ID Y ENSEÑAD A TODOS "



Ing. Juan Merch Cos
COORDINADOR DE E.P.S.

JMC/lat
c.c.: Archivo
Anexo: Informe Final mencionado.



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.G.057.97

Guatemala, 8 de abril de 1,997.-

Señor
Ing. Juan Horck Cos
Coordinador de la Unidad de
Prácticas de Ingeniería y E.P.S.
Presente.-

Señor Coordinador:

Por medio de la presente informo a usted, que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), del estudiante universitario ELMER RONALDO JUAREZ CHAVARRIA, procedí a revisar el Informe Final de la Práctica Supervisada, cuyo título es: ESTUDIO DE OPTIMIZACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO, SANARATE, el cual lo encuentro satisfactorio.

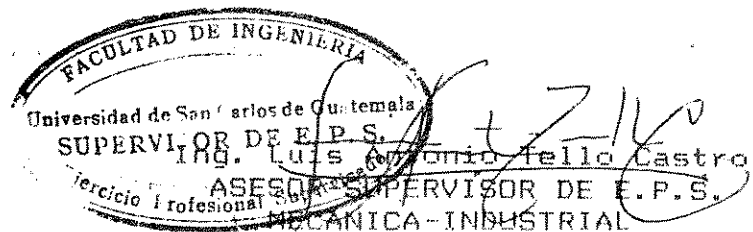
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en la satisfacción de necesidades del sector productivo y en el proceso de vinculación con el mismo.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Deferentemente,

" ID Y ENSEÑAD A TODOS "



LATC/latc
c.c.: Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

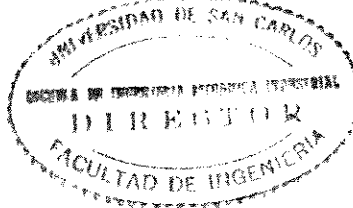
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Area, del Coordinador General de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado ESTUDIO DE OPTIMIZACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO, SANARATE, del estudiante universitario Elmer Ronaldo Juárez Chavarría, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR

INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, mayo de 1,997.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

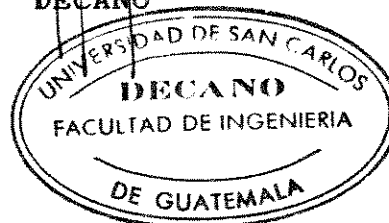
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado ESTUDIO DE OPTIMIZACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ORIENTADO A MOLINOS DE CEMENTO EN LA PLANTA DE SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO, SANARATE, del estudiante universitario Elmer Ronaldo Juárez Chavarría procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, mayo de 1,997.-

emds

DIDICATORIA A

MIS PADRES

Por su ejemplo y sabios consejos.

MI FAMILIA

Por su apoyo.

MIS AMIGOS Y

Todos ellos, los que en alguna forma

COMPAÑEROS DE LA EMPRESA

coadyuvarón al desarrollo de esta tesis.

AGRADECIMIENTO A

DIOS TODOPODEROSO por permitirme llegar a este momento de gran importancia en mi vida.

A los ingenieros Manuel Ruano, Thomas Dougherty y Guillermo Fajardo por la forma con que me ayudaron y apoyaron en la elaboración de esta tesis de graduación.

INDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE SIMBOLOS.....	II
GLOSARIO.....	III
INTRODUCCION.....	
HIPOTESIS.....	
OBJETIVOS.....	
1. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	1
1. Generalidades.....	1
1.1 Proceso productivo del cemento.....	1
1.2 Diagrama de flujo del proceso.....	4
1.3 Distribución de la planta.....	6
1.4 Maquinaria y equipo en el area de molinos de cemento.....	8
1.5 Descripción de los principales problemas de la maquinaria y equipo involucrado en el proceso.....	12
1.6 Tipos de mantenimiento aplicables dentro de la planta.....	13
2. DESCRIPCION ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENI- MIENTO PREVENTIVO INDUSTRIAL EN EL AREA DE MOLINOS DE CEMENTO.....	15
2.1 Planificación-programación.....	15
2.1.1 Fijación de funciones y objetivos.....	15
2.1.2 Manejo de los recursos necesarios.....	26
2.1.3 Metodología y plan de acción.....	16
2.1.4 Flujo de la información para la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo.....	17
2.2 Organización.....	19
2.2.1 Organización del departamento de mantenimiento mecánico.....	19
2.2.2 Definición de funciones y responsabilidades de los puestos de trabajo a nivel operacional.....	21
2.2.3 Relación con otros departamentos.....	22
2.2.4 Organización y control del almacén de repuestos y materiales....	24
2.2.4.1 Tipo de almacén.....	25
2.2.4.2 Asignacion de la responsabilidad.....	26
2.2.4.3 Sistema de control.....	27
2.2.5 Organización y control del almacén de herramientas (tool-room).....	30
2.2.5.1 Tipo de almacén.....	30
2.2.5.2 Asignación de las responsabilidades.....	31

2.2.5.3 Sistema de control.....	32
2.3 Dirección.....	32
2.3.1 Disponibilidad y coordinación de los recursos necesarios para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.....	32
2.3.1.1 Recurso humano.....	32
2.3.1.2 Repuestos, materiales, herramientas y equipo.....	33
2.4 Control (Ejecución).....	33
2.4.1 Distribución de personal.....	34
2.4.2 Ejecución de los trabajos.....	34
2.4.3 Mecanismos de control utilizado.....	35
2.5 Evaluación.....	36
3. LA INGENIERIA INDUSTRIAL APLICADA A LA ADMINISTRACION DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	37
3.1 Planificación-programación.....	37
3.1.1 Métodos de planificación-programación.....	37
3.1.1.1 Diagrama de gantt.....	37
3.1.1.1.1 Ventajas.....	38
3.1.1.1.2 Desventajas y limitaciones.....	39
3.1.1.2 Diagrama de flechas (Pert).....	39
3.1.1.2.1 Ventajas.....	43
3.1.1.2.2 Desventajas y limitaciones.....	43
3.2 Organización.....	43
3.2.1 Estudio de una nueva estructura organizacional para el departamento de mantenimiento mecánico.....	44
3.2.2 Funciones nuevas de los puestos de trabajo.....	44
3.2.3 Aspectos necesarios de organización a considerarse para mejorar el rendimiento de los trabajos de mantenimiento preventivo.....	49
3.2.4 Manejo de materiales.....	49
3.2.5 Gestión de herramienta y equipo.....	50
3.2.5.1 Descentralización de la organización y control del almacén de herramientas (tool-room).....	50
3.2.5.1.1 Control.....	51
3.2.5.2 Creación de una nueva unidad de servicio para el transporte de repuestos, materiales, herramientas (almacén-móvil).....	52
3.3 Dirección.....	55

3.3.1 Recursos necesarios para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.....	55
3.3.1.1 Recurso humano.....	55
3.3.1.2 Otros recursos.....	56
3.3.2 Coordinación de las actividades y fases de los trabajos de mantenimiento preventivo.....	57
3.3.3 Comunicación de las reglas de ejecución del mantenimiento preventivo.....	57
3.4 Control (Ejecución).....	58
3.4.1 Mecanismos de control.....	58
3.4.1.1 Órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo.....	59
3.4.1.2 Programadores de mantenimiento preventivo.....	61
3.4.1.3 Resumen del evento.....	63
3.4.2 Aspectos básicos necesarios para mejorar el rendimiento en la ejecución.....	64
3.5 Evaluación.....	65
3.5.1 Estudio de tiempos y movimientos.....	65
3.5.1.1 Análisis de tiempos.....	65
3.5.1.2 Calificación de la actuación.....	66
3.5.1.3 Tolerancias.....	67
3.5.1.4 Tiempo estándar.....	68
3.5.2 Gráficas comparativas.....	72
3.5.3 Razones básicas de la implementación de un sistema de evaluación del desempeño para los trabajos de mantenimiento preventivo.....	74
CONCLUSIONES.....	IX
RECOMENDACIONES.....	X
BIBLIOGRAFIA.....	XII
ANEXOS.....	XIII
- Programa de seguridad e higiene industrial.....	XIII
- Indicadores del desempeño del proceso.....	XVIII
- Método del valor presente aplicado a la compra de cajas de herramientas.....	XXI
- Fotografías de molinos utilizados para la molienda de cemento.....	XXIV
APENDICE No. 1.....	XXVI
APENDICE No. 2.....	XXVII

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura No.1.	Diagrama de flujo del molino prensa de rodillos (premolienda de cemento).....	10
Figura No.2.	Diagrama de flujo de los molinos 1 y 2 (molienda de cemento).....	11
Figura No.3.	Flujo de la información para la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo.....	18
Figura No.4.	Organigrama de la estructura organizacional del departamento de mantenimiento mecánico.....	20
Figura No.5.	Organigrama del almacén de repuestos y materiales.....	24
Figura No.6.	Modelo de inventario de demanda continua con tiempo de entrega.....	29
Figura No.7.	Modelo de un formato utilizado como programador de mantenimiento preventivo.....	35
Figura No.8.	Modelo de un diagrama de Ganntt, aplicado a un grupo de trabajo en el mantenimiento preventivo del molino No. 2.....	38
Figura No.9.	Modelo de un diagrama de flechas, aplicado a un grupo de trabajo en el mantenimiento preventivo del molino No. 2.....	41
Figura No.10.	Organigrama propuesto para la actual estructura del departamento de mantenimiento mecánico.....	46
Figura No.11.	Organigrama de la relación jerárquica del grupo de mecánicos que se recomienda se trasladen al departamento de producción.....	47
Figura No.12.	Organigrama de la relación jerárquica del grupo de planificadores que se recomienda se integren con el objeto de planificarar exclusivamente los trabajos de mantenimiento.....	48
Figura No.13.	Diseño de una unidad de servicio para el transporte de repuestos, materiales y equipo (alamacén-móvil).....	54
Figura No.14.	Modelo de una órden recomendada para los trabajos de mantenimiento preventivo.....	60
Figura No.15.	Modelo de un formato recomendado como programador de mantenimientos preventivo.....	62
Figura No.16.	Modelo de un formato para el resumen de eventos críticos de mantenimientos.....	63
Tabla No. 1.	Listado general de cálculos para la interpretación del diagrama de flechas.....	41
Tabla No. 2.	Calificación de la actuación del método Wenstinghouse.....	XXVI
Tabla No. 3.	Valores de la función típica de la distribución normal.....	XXVII
Fotografía 1.	Molino utilizado para la molienda de cemento.....	XXIV
Fotografía 2.	Interior de un molino utilizado para la molienda de cemento.....	XXV
Fotografía 3.	Corazas internas de los molinos utilizados para la molienda de cemento.....	XXV

LISTA DE SIMBOLOS



transporte



operación



almacenaje



operación - inspección

Uspwf

factor serie uniforme - valor actual

Sppwf

factor de pago simple - valor actual

VP₁

valor presente de la opción número uno

P

valor presente

R

cantidad de serie uniforme

F

cantidad futura

S

monto de la inversión

i

interés

n

tiempo

GLOSARIO

Aerodeslizadores: comúnmente llamadas regueras, viene de la traducción del inglés Air Slides (aerodeslizadores), son equipos que se utilizan para transportar material muy fino, y consisten en dos cámaras separadas por una lona y ambas encajueladas con lámina de metal. En la parte superior se mueve el material y en la inferior se inyecta aire a baja presión, el cual pasa a través de la lona y éste hace que el material se mantenga en suspensión. Comúnmente son instaladas con cierto grado de inclinación hacia el punto de descarga, con el objeto de hacer más fácil el deslizamiento del material.

Bandas transportadoras: son un medio para movilizar material de diferentes tamaños y granulometrías a distancias cortas y largas. Se utilizan telas entrelazadas de diferentes materiales, recubiertas con hule de varios espesores, con lo que se logra que la banda soporte mayor o menor esfuerzo de tensión. Se movilizan por medio de rodos de diámetros grandes que son movidos a su vez por medio de una transmisión con componentes electromecánicos.

Caliza: material sedimentario formado principalmente por carbonato de calcio y utilizado como materia prima para el cemento.

Cantera: lugar de extracción de las materias primas.

Cantidad económica a pedir (EOQ): es la cantidad que se necesita exactamente para garantizar la demanda de repuestos y materiales en un tiempo estimado y a un costo mínimo. Esta se refiere a la cantidad que se debe tener al inicio de cada ciclo.

Clinker: material con propiedades hidráulicas, que se forma a partir de la cocción de la mezcla de minerales de origen natural en un horno rotativo. Escoria de alto horno.

Corazas: dispositivos metálicos o polímeros internos de un molino que sirve de blindaje a la chapa del cilindro. Además, tienen la función de clasificar y levantar los cuerpos molidores y el material dentro del molino para realizar un mejor trabajo de desmenuzamiento.

Demanda: cantidad que se requiere de un repuesto y material determinado en un período de tiempo establecido.

Elevadores de cangilones: equipos que se utilizan para transportar material de un lugar a otro en forma vertical o inclinada, para ello utiliza cumbos metálicos o plásticos arrastrados por medio de cadenas.

Esquisto: roca metamórfica megascópicamente cristalina de estructura secundaria hojosa o laminar, lo que permite que pueda separarse en hojas. Compuesta principalmente por silicio.

Existencia: es la cantidad de repuestos y materiales que hay al inicio de un período determinado.

Filtros colectores de polvo: equipos que se utiliza para recolectar polvo muy fino, especialmente en los puntos de transferencia del transporte de material o en las descargas de los silos. Los componentes de este equipo básicamente son: un ventilador que se utiliza para tener un tiro inducido o de succión el cual por medio de tuberías es aplicado a los puntos que se desean limpiar, utilizando para esto mangas o bolsas como medio filtrante y un gusano helicoidal como medio recolector.

Gusanos transportadores: viene de la traducción en inglés de Screw Conveyor, que son equipos que tiene aletas en forma helicoidal y que al hacerlo girar empuja el material en forma axial, haciendo lo mismo que hace un tornillo al roscarlo o extraerlo.

Horómetro: instrumento que sirve para llevar el control de las horas de operación de los equipos, se encuentra colocado en los motores de los equipos.

Inspección o rutina: frecuencia en el tiempo en que se requiere que se lleven a cabo los trabajos de mantenimiento en los equipos.

Mezcla cruda o harina cruda: nombre que se le da al conjunto de materias primas, las cuales, mezcladas y pulverizadas en las proporciones necesarias, se utilizan para fabricar el cemento.

Molinos: máquinas que permiten la reducción de tamaño de los materiales por medio de impacto y abrasión.

Nivel de seguridad (NS): es la cantidad mínima que se admite en existencia para compensar por el tiempo de entrega de los artículos. Cuando el inventario alcanza este nivel es necesario hacer un pedido.

Número de activo: es la identificación única alfanumérica que identifica a la maquinaria y su ubicación dentro de la planta. Actúa también como centro de costo.

Número de identificación del trabajador (ID): es el código correlativo que identifica al trabajador.

Pesadoras: equipos que se utilizan para pesar el material y dosificarlo en las cantidades exactas que se desean utilizar, pueden tener mecanismos electrónicos o mecánicos.

Procedimiento: pasos o tareas a realizar en detalle para un trabajo de mantenimiento en particular.

Punto de reorden (PR): es la cantidad en existencia de materia prima que da la pauta para que se haga la requisición u orden de compra.

Reductores: equipos que se utilizan para transmisión de potencia, disminuyendo la velocidad y multiplicando el torque de los motores, utilizando para ello engranajes de diferentes diámetros y número de dientes.

Separadores: equipos que utilizan la fuerza centrífuga para separar partículas finas y gruesas, después de haber sido molidas en los molinos de harina cruda o cemento, haciendo que los finos vayan a producto final y los gruesos retornen al circuito de molienda.

Silos: depósitos de dimensiones variadas, regularmente en forma cilíndrica, que tiene la función de almacenamiento de materiales a granel.

Tiempo de reabastecimiento: es el tiempo que transcurre desde el momento en que la existencia llega al punto de reorden y se solicita la compra hasta que se reciben los repuestos y materiales.

Tolvas: dispositivos de almacenamiento de baja capacidad utilizados para alimentar a los sistemas productivos.

Ventiladores: equipos que se utilizan para mover grandes cantidades de aire por medio de paletas o álabes adheridas a un eje central.

INTRODUCCION

El nivel de tecnología aumenta año con año en la industria guatemalteca. Esto aumenta la complejidad de la gestión y hace necesario optimizar los programas de mantenimiento. Aumentar la productividad y eficiencia de la maquinaria y equipo en condiciones normales de operación implica contar con un mejor control de operación y con un programa eficiente de mantenimiento. Lo anterior demuestra la importancia que tiene la optimización de los programas de mantenimiento Industrial.

Es importante mencionar que al hablar de optimización, se refiere a lograr mayor eficiencia en las funciones de Administración del Programa de Mantenimiento, es decir, en: planificar, organizar, controlar, dirigir y evaluar los procedimientos del mismo.

El presente trabajo visualiza el estudio y análisis de las actividades de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, según como las práctica el Departamento de Mantenimiento Mecánico de la Planta San Miguel, de la Empresa Cementos Progreso S.A., localizada en el municipio de Sanarate, del Departamento de El Progreso. Con este trabajo se pretenden desarrollar y mostrar métodos aplicando conceptos y procedimientos correspondientes a la Ingeniería Industrial con énfasis en la Administración del Mantenimiento.

En este estudio se hace una descripción de las etapas y del flujo del proceso productivo del cemento, haciendo mención de las características de la maquinaria y equipo involucrado en la premolienda y molienda del cemento. Luego se describe, en forma general, como se encuentra administrado el actual programa de mantenimiento preventivo industrial, estudiando y analizando en forma individual las distintas funciones esenciales de la supervisión con el fin de evaluar el desempeño de los trabajos de mantenimiento.

Finalmente, se visualiza la utilización y aplicación de las distintas herramientas de estudio que nos proporciona la Ingeniería Industrial como lo son: La Teoría de Redes y El Estudio de Tiempos y Movimientos, con el propósito fundamental de lograr que los trabajos de mantenimiento preventivo ejecutados en el área de molinos de cemento por el personal del Departamento de Mantenimiento Mecánico brinden los resultados esperados.

HIPOTESIS

PLANTEAMIENTO:

EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NO SE HACE AL MÁXIMO, DEBIDO A DEFICIENCIAS EN LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO, ESPECIALMENTE EN EL ÁREA DE LA SUPERVISIÓN DE LOS TRABAJOS, ESTA DEFICIENCIA SE TRANSFORMA EN FALLOS QUE AFECTAN EL PROCESO PRODUCTIVO.

SUPOSICION:

LOS PROBLEMAS QUE ACTUALMENTE SE PRESENTAN EN EL ÁREA DE MOLINOS DE CEMENTO EN RELACIÓN AL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SON PROPIAMENTE DE CARACTER ADMINISTRATIVO Y SE PUEDEN MEJORAR A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE ESTUDIO QUE NOS PROPORCIONA LA INGENIERÍA INDUSTRIAL.

OBJETIVOS

GENERALES:

- Utilizar métodos y procedimientos propios de la ingeniería industrial que den soluciones óptimas a los problemas internos del programa de mantenimiento preventivo industrial.
- Aplicar la Administración del Mantenimiento como medio de desarrollo teórico-práctico en la ejecución del estudio de optimización al programa de mantenimiento preventivo industrial.

ESPECIFICOS:

- Analizar el desempeño de los métodos y procedimientos utilizados actualmente en el programa de mantenimiento preventivo industrial con el fin de determinar los principales problemas que dificultan y atrasan la ejecución de los trabajos de mantenimiento en el área de molinos de cemento.
- Establecer métodos técnico-prácticos que permitan estandarizar el tiempo de las actividades actuales de mantenimiento preventivo.
- Aplicar experimentalmente, los métodos y procedimientos propuestos con el fin de aumentar la eficiencia y eficacia del personal de mantenimiento, verificando los resultados en la práctica.
- Desarrollar un manual de Inducción-Capacitación de los métodos y procedimientos aplicables a la administración del programa de mantenimiento preventivo que sirva de guía para el personal del Departamento de Mantenimiento Mecánico.

1. FUNDAMENTOS TEORICOS

1. Generalidades

La planta "San Miguel", ubicada en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, se dedica a la producción de diferentes tipos de cemento. El proceso productivo es esencialmente de tipo continuo, lo que implica que el volumen de producción y el equipo involucrado sea de gran magnitud; esto conlleva a que la demanda del producto sea creciente dentro del mercado nacional e internacional.

El objetivo primordial del presente trabajo es realizar un estudio de optimización del programa de mantenimiento industrial en el área de molinos de cemento, desde el punto de vista administrativo, que sea capaz de establecer los patrones que permitan una guía de beneficio para la mayoría de Empresas Guatemaltecas.

1.1 Proceso productivo del cemento

El proceso productivo del cemento consta principalmente de tres etapas:

- a) Extracción y trituración
- b) Producción
- c) Envasado y despacho

Existen otros departamentos que sirven de apoyo para que dicho proceso se complemente a cabalidad y que, sin la intervención de los mismos, sería imposible que el proceso se desarrollara convenientemente. Entre éstos podemos mencionar: mecánico, eléctrico, instrumentación, generación de electricidad, control de calidad, planificación, administración, recursos humanos, obra civil, etc.

a) Etapa de extracción y trituración

Estas dos etapas son la responsabilidad del departamento de cantera y trituración. Este departamento tiene la función principal el de proveer a la planta las materias primas, con las especificaciones de calidad que se requieren para el proceso. Este departamento concentra el equipo móvil pesado de la empresa: cargadores frontales de ruedas, tractores de cadenas, motoniveladoras, camiones de volteo para cantera, barrenos neumáticos para roca, palas mecánicas, camiones livianos, etc. El área cubierta por este departamento es la más extensa de la planta.

Las trituradoras comprenden dos secciones: trituración primaria y trituración secundaria. En la trituración primaria se reduce el tamaño de la roca extraída de cantera de 36 pulgadas de diámetro máximo, a piedra de aproximadamente 6 pulgadas, por medio de trituración de cono. Luego se clasifica en cuatro, dos y una pulgada, utilizando una zaranda vibratoria. En la trituración secundaria la piedra es reducida en una trituradora de hidrocono hasta una pulgada, que es el requerimiento en tamaño de la siguiente etapa del proceso.

b) Etapa de Producción

La etapa de producción es responsabilidad del departamento con el mismo nombre, este departamento tiene como función principal operar el equipo y la maquinaria que interviene directamente en la fabricación del cemento, para facilitar las tareas se utiliza un sistema computarizado centralizado.

El proceso de fabricación del cemento puede dividirse en varios pasos. El transporte de los materiales durante el proceso, se realiza por medio de sistemas adecuados a la granulometría del material que se mueve, hay transportadores de bandas de metal y caucho, transportadores helicoidales, elevadores de cangilones, bombeo neumático y deslizadores neumáticos.

Los pasos que sigue el proceso de producción del cemento son los siguientes:

- Secado de materias primas:

El propósito del secado de las materias primas es la eliminación de la humedad contenida en los materiales, la que varía desde el 3 hasta el 6% en los diferentes materiales, dependiendo de la época del año. Para esto se utiliza un secador, que consiste en un cilindro rotativo donde la materia prima es secada por contacto directo con gases calientes, producto de la combustión del bunker en el horno.

- Molienda de la mezcla:

El propósito fundamental de este paso es la reducción de tamaño proporcionalmente de las materias primas (mezcla). Los molinos que intervienen en esta operación son básicamente cilindros rotativos de acero, con una cantidad de bolas de acero en su interior, donde la reducción de tamaño del material alimentado se da por choque y deslizamiento de las bolas. Aquí se prepara una mezcla de las materias primas en las proporciones químicas y físicas adecuadas, como: finura, tamaño de partículas etc, que se conoce con el nombre de harina cruda.

- Homogeneización:

En este paso la harina cruda, es agitada con el objeto de obtener una mezcla uniforme. Se lleva a cabo en silos especiales, agitados con aire comprimido desde la parte inferior.

- Cocimiento de la mezcla:

La mezcla cruda es introducida a los hornos rotativos en donde sufre cambios químicos y físicos, debido a los gradientes de temperatura dentro de los mismos, que dan como resultado un mineral artificial llamado "clinker".

Los hornos que intervienen en esta operación son cilindros rotativos de acero, de aproximadamente 65 metros de longitud, revestidos interiormente con materiales refractarios para evitar el contacto directo del casco de acero con la fuente calorífica, ya que debido a la combustión del bunker se llegan a alcanzar temperaturas hasta de 1500°C.

- Premolienda:

En esta etapa el clinker es premolido por medio de una prensa de rodillos que trabaja por medio de compresión. El propósito fundamental, en esta etapa, es el de hacer más fácil la molienda final por medio de una reducción intermedia en el tramo del material.

- Molienda de cemento:

En esta etapa, al igual que en la molienda de la mezcla cruda, se utilizan molinos de bolas, de donde se obtiene el polvo fino llamado "CEMENTO" con cualidades físicas y químicas determinadas por el departamento de control de calidad, en base a normas y especificaciones internacionales de ASTM (Sociedad Americana de Normas para Materiales) y nacionales de COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas).

c) Etapa de Envasado y Despacho

Esta etapa también es responsabilidad del departamento de producción. Esta sección del departamento tiene como funciones principales la de almacenar, envasar y despachar el producto terminado.

- a) Almacenaje: en silos especiales.
- b) Envase: en envasadoras de tipo rotativo.
- c) Despacho: a granel y en sacos de papel de 42.5 kg.

1.2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

OBJETO DEL DIAGRAMA: Descripción del proceso del cemento

DIAGRAMA DEL MÉTODO: Actual

DIAGRAMA No : 1

ELABORADO POR: Elmer Juárez

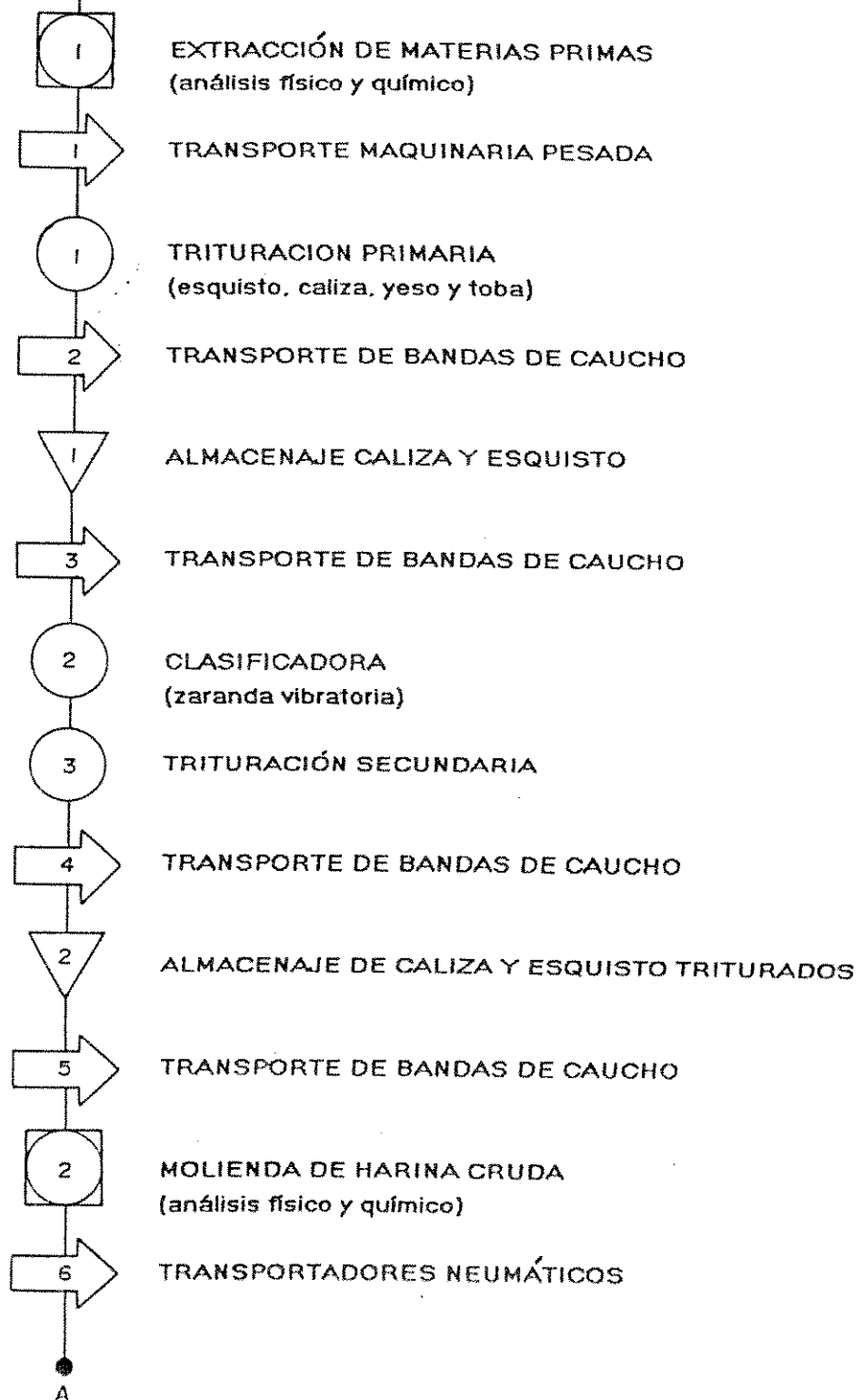
EL DIAGRAMA EMPIEZA EN: Cantera: extracción de materia prima

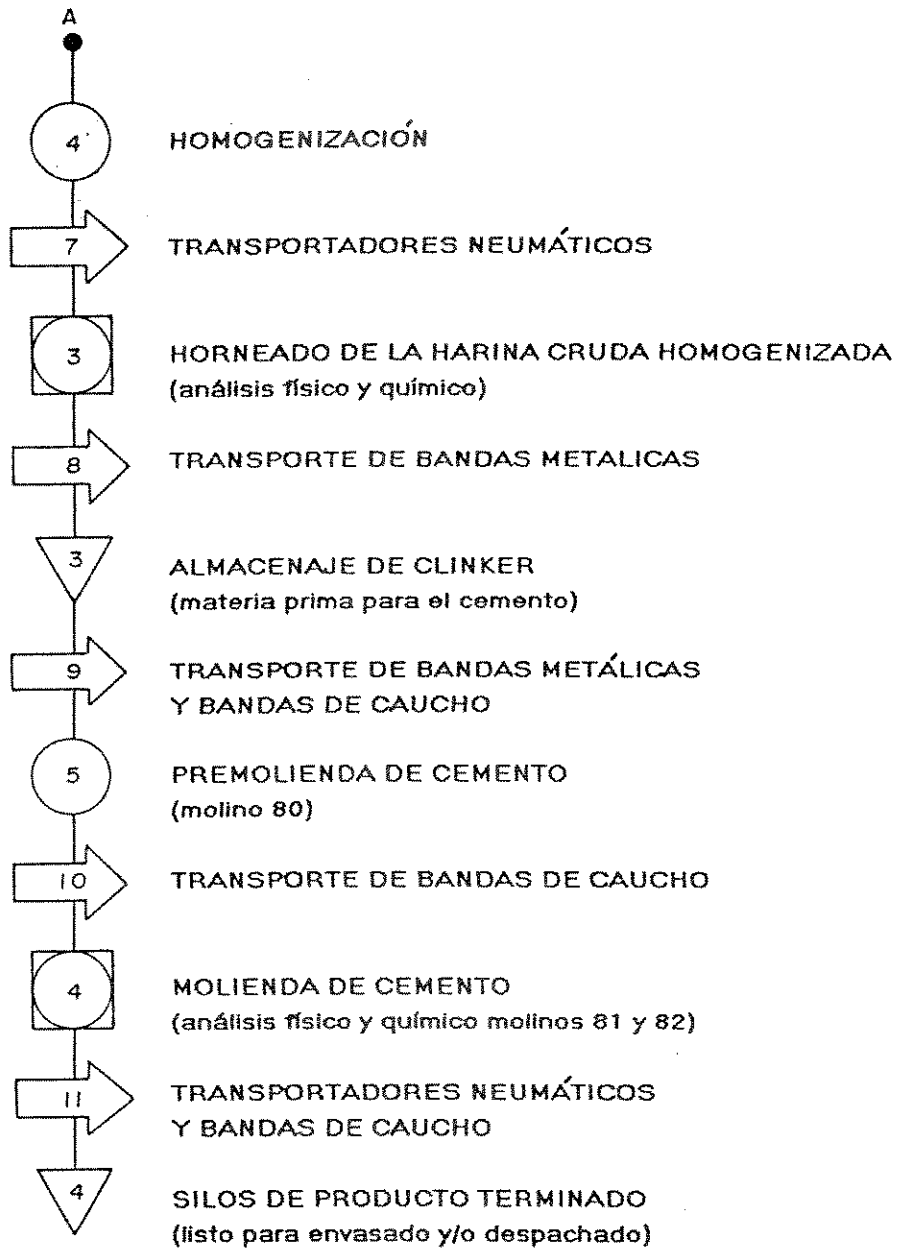
FECHA: Mayo 96

EL DIAGRAMA TERMINA EN: Silos de producto terminado

FABRICA: Cementos Progreso S.A.

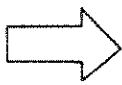



CANTERA (materias primas)





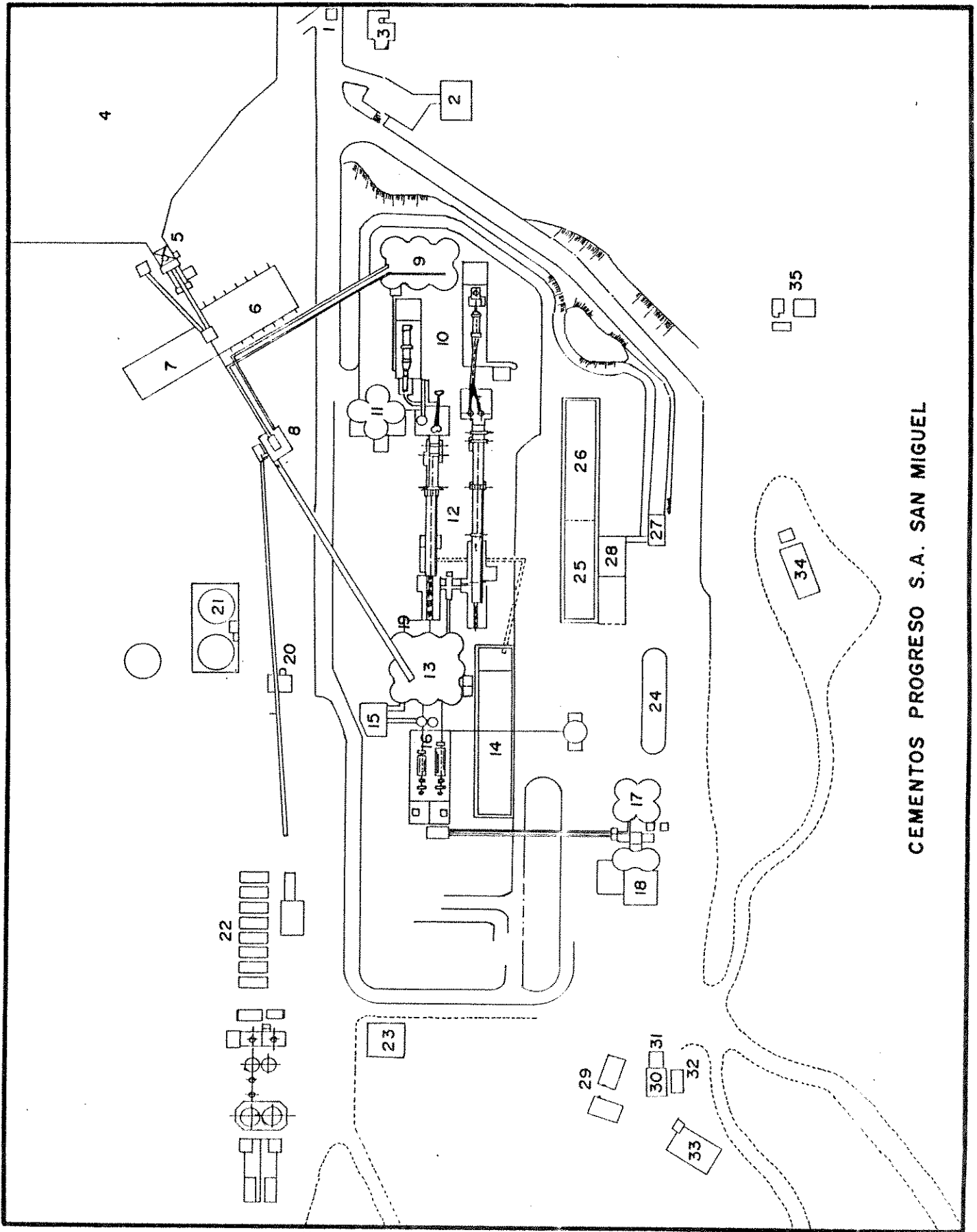
RESUMEN

PROCESO PRODUCTIVO DEL CEMENTO

No.	DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD
1	Transporte		11
2	Operación		5
3	Almacenaje		4
4	Operación- Inspección		4

- 1.- Garita de entrada
- 2.- Oficinas administrativas
- 3.- Servicio médico
- 4.- Cantera
- 5.- Trituradora primaria
- 6.- Almacenaje de caliza
- 7.- Almacenaje de esquisto
- 8.- Trituradora secundaria
- 9.- Silos de materias primas
- 10.- Molinos de harina cruda
- 11.- Silos de homogeneización
- 12.- Hornos
- 13.- Silos de clinker
- 14.- Almacenaje de clinker
- 15.- Molino prensa de rodillos
- 16.- Molinos de cemento
- 17.- Silos de cemento
- 18.- Envasadora
- 19.- Departamento de producción, control central y laboratorios de control de calidad
- 20.- Gasolinera
- 21.- Tanques de combustible
- 22.- Plantas generadoras de electricidad
- 23.- Planta de producción de cal
- 24.- Báscula
- 25.- Almacenes
- 26.- Departamentos de mantenimiento mecánico, eléctrico, instrumentación y automotriz
- 27.- Departamento de planificación
- 28.- Oficinas de ingenieros de mantenimiento
- 29.- Oficinas del departamento de obra civil
- 30.- Tienda de la asociación solidarista
- 31.- Oficinas de la asociación solidarista
- 32.- Oficinas de seguridad
- 33.- Subestación exclusiva del I.N.D.E.
- 34.- Comedor
- 35.- Tanques de agua

CEMENTOS PROGRESO S. A. SAN MIGUEL



1.4 Maquinaria y equipo en el área de molinos de cemento

La operación de molienda de cemento dentro del proceso de fabricación involucra una serie de maquinaria y equipo que se encuentra distribuida, clasificada e identificada por medio de una codificación de activos, ésto para las tres líneas que forman parte de dicha área:

- línea común: molino prensa de rodillos (premolienda),
- primera línea: molino 1: (molienda),
- segunda línea: molino 2: (molienda).

• Molino prensa de rodillos (premolienda)

Este molino es, prácticamente, una prensa de rodillos que trabaja por medio de compresión. Su función fundamental es de hacer más fácil la molienda. Entre sus características principales encontramos:

- 1.- Trabaja por medio de rodillos moleadores para la trituración del clinker, se calcula que el promedio de vida de los cojinetes varía entre 20,000 a 25,000 horas de operación.
- 2.- Provee uno de los métodos más eficientes para mejorar el rendimiento en la molienda de cemento, aumentando la producción en un 20%, por lo que la reducción en la granulometría del tamaño de las partículas de clinker se hace notoria.
- 3.- La producción nominal en la premolienda de cemento es de 165 toneladas por hora.

Con base en el diagrama de flujo de la figura No.1, este molino comprende en forma general la siguiente maquinaria y equipo:

- 1.- Pesadoras.
- 2.- Bandas transportadoras.
- 3.- Elevadores de cangilones.
- 4.- Filtros colectores de polvo.
- 5.- Motores.
- 6.- Reductores.
- 7.- Prensa de rodillos (roller press).

• Molinos 1 y 2 (molienda)

Estos molinos son cilindros de acero de dos compartimientos, donde la reducción del tamaño del material se realiza mediante el movimiento de cuerpos moleadores (bolas de acero de diferentes tamaños distribuidas uniformemente a lo largo del molino). La rotación del molino eleva las bolas de acero a una altura óptima necesaria para que se lleve a cabo la molienda, la cual se realiza por impacto y por fricción de las bolas de acero y el revestimiento del molino con el material. Estos molinos operan en circuito cerrado.

Las características principales de los molinos de molienda de cemento son:

- 1.- Están en posición horizontal y divididos en dos compartimientos; en el primero se realiza la molienda gruesa, donde la alimentación del material de 15 a 28 milímetros, se reduce a 1 milímetro, utilizando para tal efecto bolas de acero de 50 a 80 milímetros de diámetro. Mientras que el segundo es utilizado para la molienda fina. El material es molido, hasta obtener la fineza requerida, utilizando para ello, bolas de acero de 15 a 20 milímetros de diámetro. Para una mejor interpretación y visualización de estos molinos ver en el anexo Fotografías 1 y 2.
- 2.- Este tipo de molinos de acero son utilizados para moler material duro y semiduro.
- 3.- La parte interna de los molinos, se encuentra protegida por medio de placas blindadas resistentes al desgaste y a la abrasión llamadas "corazas"(ver en el anexo Fotografía 3), las cuales son de varios tipos dependiendo su ubicación y funcionamiento.
- 4.- Las dimensiones de los molinos, para la molienda de cemento es de 3 metros de diámetro x 11 metros de largo, para el molino 1 y 4 metros de diámetro x 7 metros de largo para el molino 2.
- 5.- La producción combinada de los molinos de cemento esta por encima de las 100 toneladas por hora.

Con base en el diagrama de flujo de la figura No. 2; estos molinos comprenden en forma general la siguiente maquinaria y equipo:

- 1.- Pesadoras.
- 2.- Bandas transportadoras.
- 3.- Filtros colectores de polvo.
- 4.- Sopladores.
- 5.- Aerodeslizadores.
- 6.- Elevadores de cangilones.
- 7.- Gusanos transportadores.
- 8.- Ventiladores.
- 9.- Separador.
- 10.- Molino de bolas.
- 11.- Motores.
- 12.- Reductores.

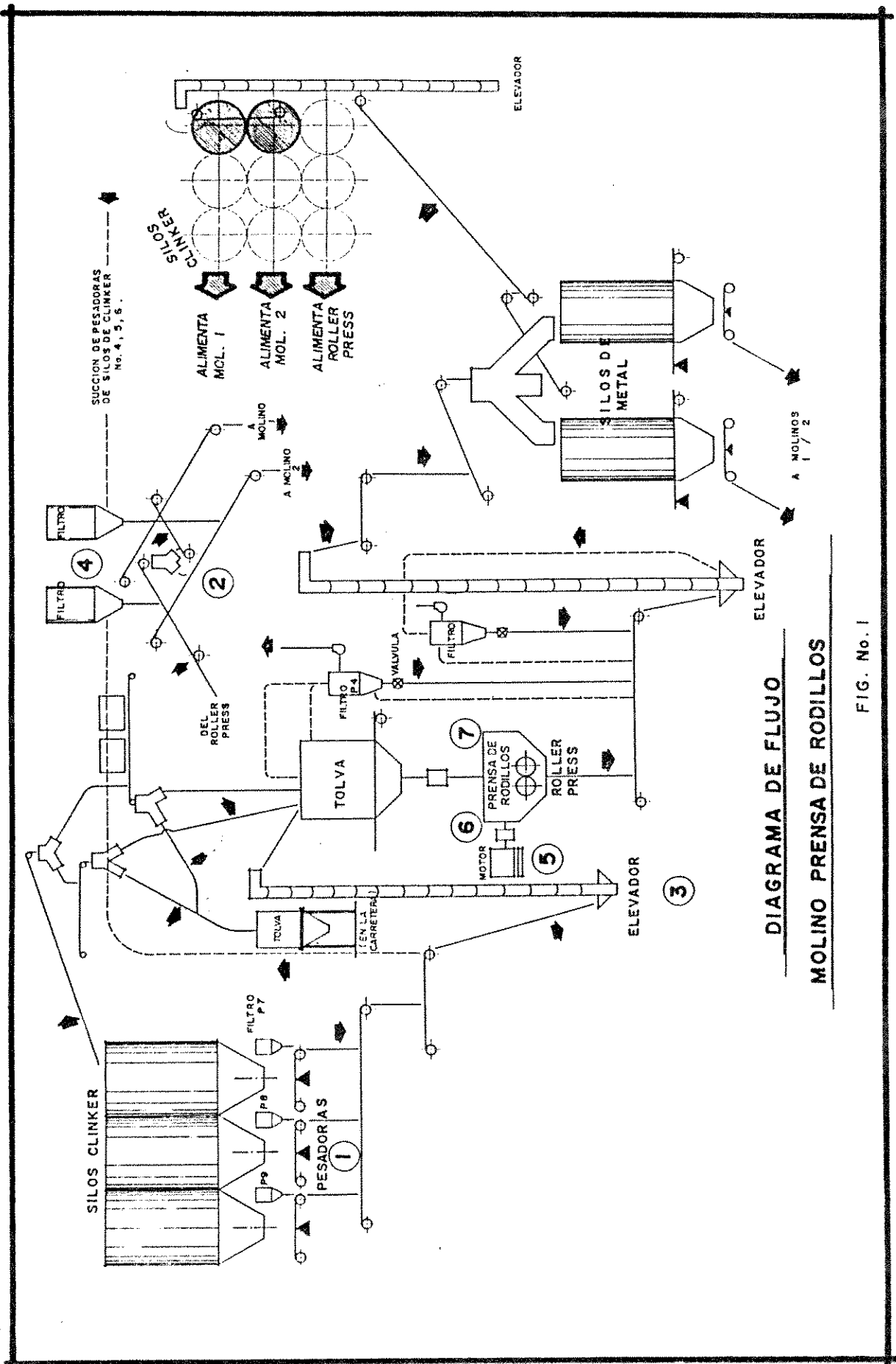


DIAGRAMA DE FLUJO
MOLINO PRENSA DE RODILLOS

FIG. No. 1

1.5 Descripción de los principales problemas de la maquinaria y equipo involucrado en el proceso

Durante el proceso de producción del cemento, las áreas de mayor consumo eléctrico son las etapas de molienda. La selección de un sistema de molienda depende básicamente de la cantidad y del tipo de producto requerido y el consumo de energía eléctrica del sistema. Además, se debe considerar ciertos factores de satisfacción como: requerimiento de calidad, la distribución de tamaño de las partículas o granulometría específica del producto y la mantenibilidad del equipo.

Las condiciones en que un sistema de molienda opera son generalmente muy severas. Lo que significa que durante el proceso de fabricación del cemento los sistemas de premolienda y molienda se ven seriamente afectados por una serie de problemas que interrumpen el buen funcionamiento de la maquinaria y equipo. Específicamente, en el área de molienda de cemento, los principales problemas que encontramos son:

• En premolienda y molienda:

- Desgastes: la mayoría de maquinaria y equipos se ve seriamente afectada durante el desarrollo del proceso productivo por este tipo de problema en particular, esto debido principalmente a la abrasividad del clinker con los sistemas periféricos centrales y auxiliares del área. Los principales equipos que presentan problemas de desgaste son: cascos de rodillos, chifles, tolvas, raspadores, elevadores de cangilones, separadores, rodos de cola, aerodeslizadores, bandas transportadoras, etc.
- Derrames de material: básicamente como consecuencia de diseños inapropiados y de desgastes que ocurren en los equipos.
- Roturas de bandas transportadoras: debido fundamentalmente a la temperatura de trabajo, durante la transportación del clinker, la cuál oscila entre 150 y 200°C.
- Emisiones de polvo: debido a una red de succión deficiente hacia los colectores.
- Fallas en el equipo mecánico y eléctrico debido a la alta contaminación del área.
- Mala lubricación en los equipos.

1.6 Tipos de mantenimiento aplicables dentro de la planta

Existen un sinnúmero de formas para enfrentar la problemática del mantenimiento. A lo largo de los años, el hombre ha venido optimizando los métodos para mantener las máquinas y sistemas en un estado aceptable de trabajo, utilizando para ello una serie de estrategias que le permiten alcanzar sus objetivos a un costo mínimo. Esta búsqueda ha dado como resultado fantásticos adelantos en la optimización y tecnificación de los procesos productivos. A esto se suma que en la actualidad han surgido también, una serie de adelantos en los métodos de administración del mantenimiento, partiendo de un estado puramente reactivo, hasta llegar a un estado casi completamente proactivo. En esto último radica la importancia de optimizar el programa de mantenimiento industrial dentro de la planta de cemento, cuyo fin principal es conservar en óptimas condiciones la maquinaria, equipo e instalaciones, para que operen de una manera segura, económica y con un alto rendimiento.

Las tareas de mantenimiento se han clasificado en diversos tipos que contribuyen a la operación ventajosa y al control total del programa existente, entre los que encontramos:

- a) mantenimiento correctivo,
 - b) mantenimiento preventivo:
 - b.1) programado.
 - b.2) no programado.
 - c) mantenimiento predictivo,
 - d) mantenimiento por modificación.
- a) **Mantenimiento correctivo:**

Llamado también mantenimiento por avería, consiste en todas aquellas acciones encaminadas a corregir una condición inaceptable, es decir, aquellas acciones encaminadas a reestablecer la capacidad de producción de una máquina o sistema que por alguna razón ha fallado. Este tipo de mantenimiento no puede programarse, debido a que las fallas que se presentan son de carácter aleatorio y de naturaleza variada, y se presentan como una opción muy cara para ser utilizada como única estrategia de mantenimiento en la época actual, por lo que no puede eliminarse completamente. La única política razonable para proceder de inmediato a la reparación de los daños producidos es la de disponer siempre de todos los recursos tanto de personal, repuestos, equipo y herramientas.

b) **Mantenimiento preventivo:**

El mantenimiento preventivo dentro del programa actual utiliza una serie de acciones encaminadas a prevenir o anticipar el desarrollo de una condición inaceptable. Las principales

actividades que se llevan a cabo, para este fin son: limpieza, inspección y lubricación. Este tipo de mantenimiento tiene la ventaja que puede programarse, en base a manuales proporcionados por el fabricante, o en algunos casos, de la experiencia interna obtenida a lo largo del tiempo.

Este tipo de mantenimiento, para su desarrollo dentro de la planta, se divide en:

b.1) Programado: es la estrategia más común del mantenimiento preventivo que se utiliza. Consiste en determinar intervalos regulares de parada de la máquina o sistemas, para llevar a cabo procedimientos establecidos de inspección, reemplazo de componentes y reparaciones. El intervalo y los procedimientos se obtienen generalmente de los manuales del fabricante y pueden ajustarse en base a la experiencia interna.

b.2) No programado: este mantenimiento se lleva a cabo cuando el equipo lo necesita, se realizan inspecciones regulares y se establecen límites o alarmas para indicar el comienzo de un problema potencial. Cuando una alarma se excede, inmediatamente se planifica un paro para corregir el defecto, con este tipo de estrategia es sencillo detectar una falla potencial de desarrollo lento, sin embargo, es imposible detectar fallas de desarrollo rápido.

c) Mantenimiento predictivo:

Este tipo de mantenimiento es nuevo en su aplicación dentro de la planta y se define como todas aquellas acciones encaminadas a predecir, determinar y detectar con precisión, el momento en que una falla va a ocurrir, para dar tiempo a corregirla sin perjudicar la operación, utilizando para ello instrumentos de diagnóstico. Básicamente, la estrategia consiste en modificar ciertas condiciones de la máquina o sistema que pueden indicar cuando un problema comienza a desarrollarse, examinado cuidadosamente los datos y analizando las tendencias de dicha condición a través del tiempo. Es necesario conocer los límites de alarma o los niveles anormales de las condiciones en cuestión, para poder determinar cuando ocurrirá la falla. Dentro de las condiciones más comunes tenemos: vibraciones, ruido, presiones, temperaturas, análisis de aceite usado, etc. Para su desarrollo es imprescindible el uso de modernos instrumentos de detección, así como el uso de la computadora para la captación y examen de los datos y la graficación de tendencias.

d) Mantenimiento por modificación:

Este tipo de mantenimiento se define como aquellas acciones encaminadas a mejorar la condición de un equipo, partiendo de una condición aceptable. Casi en su totalidad, las modificaciones para mejorar una máquina o equipo provienen de la experiencia interna, aunque se dan casos en los que el fabricante sugiere que se lleven a cabo.

2. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INDUSTRIAL EN EL ÁREA DE MOLINOS DE CEMENTO

2.1 Planificación-Programación

El Departamento de mantenimiento mecánico es considerado como una organización responsable y capacitada para llevar a cabo una serie de actividades, con el fin de mantener en operación continua, confiable, segura y económica la totalidad de los elementos físicos de que dispone la empresa.

Existe un departamento de planificación que juega un papel de suma importancia en la planificación y programación de la mayoría de las tareas de mantenimiento, específicamente para el área de molinera de cemento se desarrollan las siguientes actividades:

1. El control de las horas de operación semanal de los equipos, fechas y frecuencias de mantenimiento, las cuales determinan el programa.
2. Verificación de los procedimientos de mantenimiento de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
3. Impresión de las órdenes de trabajo preventivas por medio de un sistema computarizado y distribución a los departamentos ejecutantes.
4. Cargar al sistema de la información (cierre de las órdenes de trabajo), para alimentar el archivo histórico.
5. Control y distribución de los costos de insumos y mano de obra de mantenimiento.

2.1.1 Fijación de funciones y objetivos

La función de planificación-programación dentro del programa de mantenimiento industrial sirve para determinar:

- Los parámetros de control de la duración y frecuencia de los mantenimientos.
- Los recursos necesarios a utilizar para el cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- La metodología a seguir en el desarrollo de las actividades de mantenimiento a través del procesamiento de la información de las órdenes de trabajo, las cuales estipulan qué es lo que se debe hacer, dónde se debe hacer, cómo se debe hacer, con qué se debe hacer y cuándo se debe hacer.

2.1.2 Manejo de los recursos necesarios

Dentro de la función de planificación-programación, que se realiza para establecer los distintos trabajos de mantenimiento preventivo en el programa, existen dos recursos que se utilizan, que sin su ayuda no se llevaría a feliz término dicha función. Dichos recursos son:

a) **El humano:** es el elemento más importante en el desarrollo de las actividades de planificación-programación, ya que es el encargado directamente de controlar, procesar y reproducir la información para los mantenimientos tanto para el área de molinos de cemento como para las otras áreas de la planta involucradas en el proceso productivo.

b) **El material:** la ayuda de un sistema computarizado permite agilizar los trabajos de planificación-programación del mantenimiento preventivo a desarrollarse en las diferentes áreas de la planta.

2.1.3 Metodología y plan de acción

¿ Cómo se lleva a cabo la planificación-programación del mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento?

1.- En la premolienda (prensa de rodillos):

Para este tipo de molino en especial se tienen ya estipuladas la frecuencia y la duración de los paros de la maquinaria y equipos involucrados en los trabajos de mantenimiento. Como norma, los mantenimientos se planifican cada dos meses de operación en base a:

- Inspecciones rutinarias a los equipos por mecánicos inspectores.
- Especificaciones del fabricante.
- Experiencia interna adquirida a través del tiempo.

El tiempo de parada establecido para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento es de 36 horas, aunque éste puede variar dependiendo del volumen de trabajo requerido y de los recursos disponibles.

2.- En la molienda (molinos de bolas):

Para estos molinos la frecuencia de mantenimiento preventivo es de cada 1,500 horas de operación, que equivale aproximadamente a dos meses calendario. El control de horas de operación de los molinos es tabulado semanalmente basado en los horómetros del equipo principal. La duración establecida de parada, al igual que en los trabajos de mantenimiento de la prensa de rodillos, es de 36 horas. Igualmente, esta duración puede variar dependiendo del volumen de trabajo requerido y de los recursos disponibles.

Todo mantenimiento preventivo para estos molinos se basa en el activo padre, que es el molino propiamente; los cuales, como se dijo, son controlados por medio de horómetros conectados

al motor principal. Los lapsos de mantenimiento para los activos hijos o equipo periférico, que es prácticamente todo el equipo y maquinaria auxiliar, se planifican utilizando la técnica de "heredar" las horas de operación del activo padre a los activos hijo. Las inspecciones que son las que controlan los trabajos de mantenimiento, ya sean éstos; mecánicos, eléctricos, instrumentación u obra civil, están identificadas por un número, el cual está amarrado a un procedimiento o tarea.

Es importante aclarar que los trabajos de mantenimiento preventivo que se realizan para los diferentes equipos periféricos, no tienen las mismas frecuencias que los de los molinos, ya que en cada mantenimiento no son repetitivas todas las inspecciones. Estas inspecciones son creadas en base a las especificaciones del fabricante y se ajustan a la frecuencia de paros programados del activo padre (molino).

Para ilustrar lo anterior, supongamos que la especificación del fabricante para un reductor de un elevador de cangilones estipula un cambio de aceite cada 7,000 horas. La frecuencia de paro del molino, y por ende las de los equipos periféricos, es de 1,500 horas. Entonces, el cambio de aceite del reductor se llevará a cabo cada 7,500 horas, es decir, cada cinco paradas de molino.

2.1.4 Flujo de la información para la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo

Con base en el control semanal de operaciones y mantenimientos realizados en el área, se hace una proyección de las horas de operación para determinar las fechas de parada del próximo mantenimiento preventivo. Para tal efecto, se llevan a cabo los siguientes pasos:

- 1.- Se imprimen las órdenes de trabajo en el Departamento de planificación por medio del sistema computarizado, una semana antes de la fecha programada para el mantenimiento, con el objeto de que exista una mejor preparación para la realización de los trabajos.
- 2.- El Departamento de planificación distribuye las órdenes de trabajo a los distintos departamentos de mantenimiento para que éstos, a su vez, elaboren su programa.
- 3.- El planificador de cada departamento, una vez terminada su labor, distribuye las órdenes de trabajo a los ingenieros de mantenimiento, quienes se encargan de clasificar y agrupar las respectivas órdenes de trabajo para cada supervisor.
- 4.- Los ingenieros de mantenimiento entregan las órdenes de trabajo a los supervisores de área, quienes a su vez, las distribuyen al personal bajo su cargo.
- 5.- Los trabajadores, una vez que ejecutan y terminan los trabajos asignados, especifican en la orden de trabajo las actividades generales que realizaron y el tiempo de duración empleado.
- 6.- Terminada la labor del trabajador, éste devuelve sus órdenes de trabajo a su supervisor de área.

7.- El supervisor de área, en base a las órdenes de trabajo finalizadas por sus respectivos trabajadores, se encargan de llenar el reporte de mano de obra y su bitácora personal de mantenimiento. Cada supervisor es encargado de llevar al Departamento de Planificación las órdenes de trabajo y los reportes de mano de obra.

8.- El Departamento de Planificación se encarga de cerrar las órdenes de trabajo y de imprimir los reportes respectivos.

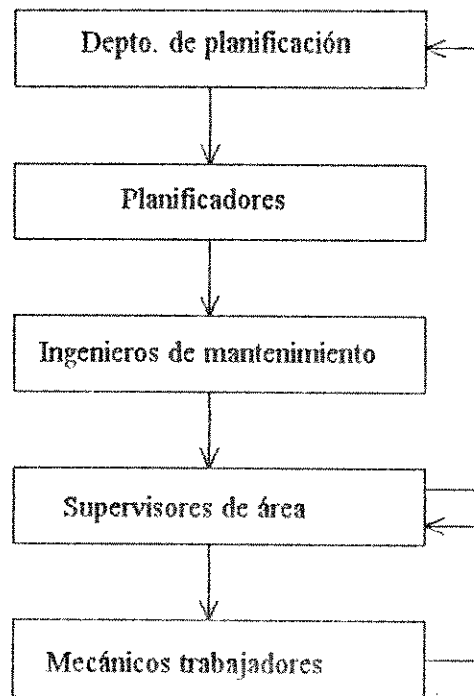


Figura No. 3: flujo de la información para la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo.

2.2 Organización

La organización del departamento de mantenimiento mecánico está definido en la actualidad por funciones y objetivos particulares que se deben cumplir dentro del programa de mantenimiento industrial.

Las funciones y objetivos del departamento en forma general son:

1. Mantener en operación continua, confiable y eficiente la totalidad de los elementos mecánicos de que dispone la planta.
2. Velar por el buen estado y por la conservación de la maquinaria, realizando siempre un trabajo de mantenimiento de alta calidad.
3. Reducir al mínimo las paradas imprevistas del equipo, garantizando los trabajos de mantenimiento realizados.
4. Reestablecer el estado de los activos a su condición original.
5. Llevar a cabo todas las tareas a un mínimo costo, es decir, maximizar el uso de los recursos disponibles.

En resumen, el departamento de mantenimiento mecánico debe realizar todas aquellas actividades preventivas, correctivas, predictivas y de modificación sobre los elementos físicos, con el fin de asegurar un mejor servicio, evitando con ésto paros imprevistos que pudiesen afectar la capacidad productiva y la calidad del producto.

2.2.1 Organización del departamento de mantenimiento mecánico

El departamento de mantenimiento mecánico de la empresa cuenta con una estructura organizativa, la cual establece jerarquías y relaciones entre los puestos de trabajo, tal como se puede apreciar en el organigrama de la figura No. 4. Para efecto del estudio se tomará en consideración sólo la parte que se observa sombreada.

2.2.2 Definición de funciones, deberes y responsabilidades de los puestos de trabajo a nivel operacional

Con base a la parte sombreada del organigrama de la Figura No. 4, se describen a continuación los siguientes puestos de trabajo.

a) Supervisores de área

a.1) Función:

- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo mecánico según programa establecido.

a.2) Deberes y responsabilidades generales:

- Verificar y exigir que todas las actividades del personal a su cargo se efectúen dentro de las normas de seguridad industrial y dentro de las normas específicas que establezca la empresa.
- Mantener las instalaciones y equipo mecánico a un nivel económico de reparaciones para conservar los activos y mantener en operación el equipo de producción un máximo porcentaje de tiempo de fiabilidad, eficiencia y utilización, mediante un efectivo mantenimiento.
- Estimular y motivar al personal para que participe en la realización de actividades que contribuyan a mejorar la productividad, eficiencia y seguridad de la planta.
- Hacer que se mejoren constantemente los métodos de trabajo de mantenimiento y reparaciones, teniendo como objetivo fundamental lograr un trabajo de calidad a un mínimo costo.

a.3) Deberes y responsabilidades específicas:

- Controlar la ejecución y rendimiento de los trabajos encomendados a su grupo.
- Repartir las órdenes de trabajo a su grupo, recibirlas y firmarlas, siendo responsable de los trabajos efectuados por el personal bajo su cargo.
- Llenar diariamente la hoja de distribución de personal de tiempo ordinario y extraordinario.
- Hacer turnos dentro de las instalaciones de la fábrica según horarios establecidos y en todos aquellos casos donde la naturaleza de los trabajos lo amerite.
- Coordinar al personal bajo su cargo para el mejor desempeño de sus labores.

b) Mecánicos tipo A, B y C

b.1) Función

- Ejecutar las órdenes de trabajo y hojas de mantenimiento preventivo que su supervisor les asigne.

b.2) Deberes y responsabilidades generales:

- Verificar y exigir que todas las actividades del personal del departamento se efectúen dentro de las normas de seguridad industrial.
- Evaluar las necesidades de material, equipo y herramientas indispensables para la realización eficiente de su trabajo.
- Mantener las instalaciones y equipo mecánico a un nivel económico de reparaciones para conservar los activos de la empresa y mantener en operación el equipo de producción a un máximo porcentaje de tiempo, mediante un efectivo mantenimiento planificado y correctivo.

b.3) Deberes y responsabilidades específicas:

- Ejecutar las órdenes de trabajo y las hojas de mantenimiento como lo indique el supervisor de mantenimiento preventivo según el programa establecido; llenarlas adecuadamente y firmarlas al concluir el trabajo.
- Hacer turnos dentro de las instalaciones de la fábrica según horarios establecidos y en todos aquellos casos donde la naturaleza de los trabajos lo ameriten.
- Llenar diariamente la hoja personal de tiempo ordinario y extraordinario.
- Pueden sacar herramienta del almacén, por medio de fichas individuales, siendo responsables de la herramienta sacada y de devolverla al concluir el trabajo.

Estas tres jerarquías de puestos de trabajo a nivel operacional no tienen las mismas funciones, deberes y responsabilidades, ya que la diferencia radica principalmente en que el mecánico A tiene más experiencia que el mecánico B y este a su vez sobre el mecánico C. Es decir, que al mecánico A le son asignados trabajos más críticos y complicados que al mecánico B, y así sucesivamente.

2.2.3 Relación con otros departamentos

El departamento de mantenimiento mecánico tiene como fin principal conservar, preservar y restaurar los elementos mecánicos de la maquinaria y equipo en operación para obtener como resultado un máximo rendimiento y beneficio en el proceso productivo. Para alcanzar este fin, se suman a esta causa otros departamentos que son el apoyo para que dicho proceso se complete a cabalidad, y sin los cuales, no sería posible que el proceso se desarrollara convenientemente. Entre estos departamentos encontramos:

1.- Departamento de producción:

Su función fundamental es producir cemento, para lo cual debe controlar directamente todo el proceso productivo, la forma en que opera el equipo y la maquinaria involucrada, utilizando la ayuda de un sistema computarizado centralizado.

2.- Departamento eléctrico:

Su función es velar por la protección y mantenimiento de todos los sistemas eléctricos de la planta, también es responsable de llevar a cabo las distintas instalaciones eléctricas, como: cableado, iluminación y acometidas.

3.- Departamento de control de calidad:

Su función principal es verificar, a través de una serie de análisis físicos y químicos, que el producto cumpla con las especificaciones y normas de calidad internacionales establecidas por la ASTM (Sociedad Americana de Normas para Materiales) y nacionales de COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas).

4.- Departamento de instrumentación:

Este departamento tiene como funciones principales la instalación y mantenimiento de todos los dispositivos que permiten el conocimiento de las variables claves del proceso (temperaturas, presiones, flujos, amperajes, etc); así como también el desarrollo y mantenimiento de los sistemas de automatización para la conducción automática del proceso productivo.

5.- Departamento de generación de electricidad:

Este departamento, como su nombre lo indica, tiene como función principal el suministro confiable de la energía eléctrica, para tal motivo ellos sincronizan la operación de cada una de sus máquinas con el suministro de energía del I.N.D.E.

6.- Departamento de cantera y trituración:

Su función principal es la de proveer a la planta con las materias primas requeridas por el proceso, cumpliendo con las especificaciones de calidad establecidas.

7.- Departamento de planificación:

Este departamento tiene la función de programar los mantenimientos preventivos, correctivos y de mantener la información técnica y el historial de los equipos. Es un departamento de servicio para todos los demás departamentos de la planta.

8.- Departamento de obra civil:

Su función principal es el mantenimiento de activos físicos, como: edificios, carreteras, tanques y silos, y además realizan ciertas labores de limpieza. Adicionalmente a esto, el departamento lleva a cabo trabajos de levantamiento topográfico.

2.2.4 Organización y control del almacén de repuestos y materiales

Como es natural, para poder alcanzar un fin específico es necesario trabajar como un ente organizado, con ésto se lograrán alcanzar más rápido las metas y se obtendrán mayores beneficios. Por esta razón, el almacén se encuentra organizado de acuerdo al peso, volúmen y tipo de repuestos y materiales que se manejan. El almacén esta conformado por una bodega principal, en donde se encuentran los artículos básicos de mayor movimiento, y por dieciséis bodegas secundarias, distribuidas y localizadas en forma conveniente y accesible, en donde es frecuente encontrar todos aquellos artículos de menor consumo.

En el almacén se desarrollan una serie de funciones, entre las cuales podemos mencionar: solicitar, localizar, recibir, despachar e inventariar materiales y repuestos locales y de importación. Para poder desarrollar todas estas funciones, se cuenta con un grupo de trabajo que lleva a cabo todas aquellas operaciones y actividades que tienen por objeto el ocuparse de los repuestos, materiales, combustibles y equipo que la empresa necesita manipular para la consecución de sus fines productivos. Para tal fin, el almacén se encuentra organizado de la siguiente manera:

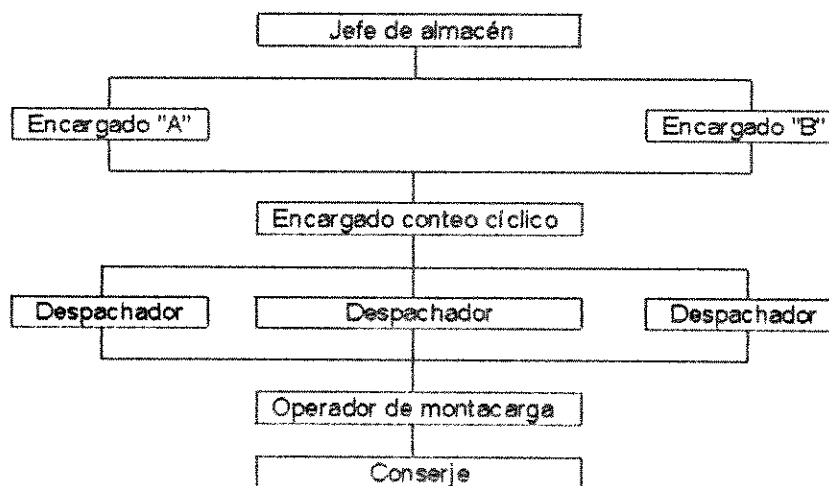


Figura No.5 Organigrama del almacén de repuestos y materiales.

- **Jefe de almacén:** sus funciones principales son la de planificar, organizar, controlar y dirigir todas aquellas actividades que tengan estrecha relación con las funciones básicas descritas anteriormente.
 - **Encargados generales:** éstos se encargan de hacer las requisiciones de compra de los materiales que solicitan los distintos departamentos y también de los que llegan a su mínimo de existencia en los almacenes, supervisan también al personal bajo su cargo.
 - **Encargado del conteo cíclico:** este se encarga de velar porque los artículos estén identificados por tipo, ya sean éstos A, B y C, y por el conteo periódico de los mismos.
- Artículos tipo A:** materiales caros con poco movimiento (constituyen el 20% del inventario físico).
- Artículos tipo B:** materiales no muy caros con movimiento medio (constituyen el 50% del inventario físico).
- Artículos tipo C:** materiales baratos con mucho movimiento (constituyen el 30% del inventario físico).
- **Despachadores de almacén:** están encargados de recibir, localizar y despachar los repuestos y materiales generales, el despacho se realiza por medio de vales de salida de bodega debidamente autorizados.
 - **Operador de montacarga:** su función básica es la descarga y entrega de repuestos y materiales locales y de importación hacia los almacenes y hacia los puntos de consumo.
 - **Conserje:** se encarga de las labores de limpieza de los almacenes.

2.2.4.1 Tipo de almacén

El tipo de almacén opera dentro de la planta, bajo un sistema descentralizado, el cual tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

1. Se pueden obtener y utilizar más fácilmente el material o repuesto, porque se encuentra localizado en lugares accesibles para el personal que lo requiera y cercanos a los puntos de consumo, lográndose emplear menos tiempo para su manipulación.
2. El control de existencias es más sencillo, ya que se lleva un control detallado de los materiales y repuestos existentes en cada almacén.
3. Permite la ubicación adecuada y rápida para cada artículo.

Deventajas:

1. Posibilidad de duplicación de repuestos y materiales en existencia, lo cual aumenta el valor del inventario.
2. El control de costos de almacenaje es menos efectivo, debido a la cantidad de materiales y repuestos (esto puede suceder en un almacén centralizado).
3. El espacio disponible se utiliza menos eficientemente.
4. Menor control.
5. Más personal.

2.2.4.2 Asignación de la responsabilidad

La responsabilidad de selección, y de cantidad de los repuestos y materiales corresponde directamente a los departamentos de mantenimiento quienes, en último caso, son los responsables del inventario. El almacén debe:

1. Verificar que se hagan los pedidos de repuestos y materiales de acuerdo a las cantidades mínimas a mantener en inventario.
2. Verificar que los materiales y repuestos pedidos cumplan con las especificaciones establecidas por el departamento solicitante responsable.
3. Alertar y sugerir a los departamentos de mantenimiento sobre la necesidad de cambios en los niveles mínimos de inventarios a mantener y en las cantidades a pedir.
4. Establecer la comunicación con el departamento de compras en todo lo relacionado a los pedidos.
5. Recibir, localizar, almacenar y despachar los repuestos y materiales correcta y eficientemente.
6. Controlar las órdenes de compra contra las solicitudes de importación y reporte de las mismas a gerencia.
7. Controlar la correcta elaboración de los prorrateos de los pedidos de importación, sus cambios o modificaciones con el fin de obtener los costos reales por artículo.
8. Analizar y verificar las solicitudes de repuestos y materiales de los distintos departamentos.
9. Solicitar los repuestos y materiales que estén bajo el nivel de seguridad establecidos por los superintendentes y agrupar todo lo que se hace contrapedido (local y de importación).
10. Mantener al día los indicadores relacionados con el almacén.

2.2.4.3 Sistema de control

Para el control de la operación, el almacén de repuesto y materiales, utiliza un sistema computarizado para el control de inventarios con capacidad para manejar hasta 40,000 artículos en base al peso, volumen y tipo de material. Este sistema ha venido a mejorar significativamente la exactitud y a simplificar el control de los inventarios en su ordenamiento, identificación y manejo en cada bodega, además de facilitar y agilizar el despacho, etc. Lo anterior ha permitido que el costo de almacenaje y el costo promedio del inventario sean manejados convenientemente.

Este sistema de control se apoya en un método cuantitativo de la teoría de inventarios basado específicamente en dos modelos de inventario, los cuales son:

- 1.- Modelo de inventario de demanda continua con tiempo de entrega.
- 2.- Modelo de inventario de demanda continua por reposición.

1.- Modelo de inventario de demanda continua con tiempo de entrega: este modelo de inventario es el más utilizado en forma general para el control de inventarios de repuestos y materiales. Para la mejor interpretación de este modelo, es necesario conocer los siguientes conceptos:

- **Cantidad económica a pedir (EOQ):** es la cantidad que se necesita exactamente para garantizar la demanda de repuestos y materiales en un tiempo estimado y a un costo mínimo. Esta se refiere a la cantidad que se debe de tener al inicio de cada ciclo.
- **Existencia:** es la cantidad de repuestos y materiales que hay al inicio de un período determinado.
- **Punto de reorden (PR):** es la cantidad en existencia de materia prima que da la pauta para que se haga la requisición u orden de compra.
- **Nivel de seguridad (NS):** es la cantidad mínima que se admite en existencia para compensar por el tiempo de entrega de los artículos. Cuando el inventario alcanza este nivel es necesario hacer un pedido.
- **Demanda:** cantidad que se requiere de un repuesto y material determinado en un período de tiempo establecido.
- **Tiempo de reabastecimiento:** es el tiempo que transcurre desde el momento en que la existencia llega al punto de reorden y se solicita la compra hasta que se reciben los repuestos y materiales.

2.- Modelo de inventario de demanda continua por reposición: este tipo de modelo de inventario es usado en aquellos casos en que la existencia de los repuestos y materiales es crítico, por lo que el nivel de seguridad es el indicador de mayor relevancia. Es importante mencionar que la determinación de cuál repuesto resulta más económico tener en existencia en un almacén para soporte de mantenimiento, no es una tarea fácil. La decisión normalmente depende de la experiencia que se tenga con el equipo, por lo que es muy importante mantener un historial representativo y veraz de la maquinaria y equipo. Este consiste en un registro histórico de los diversos repuestos utilizados para el mantenimiento preventivo y correctivo de cada equipo. También, es imprescindible contar con los manuales de los equipos y maquinaria que incluye las recomendaciones del fabricante y el listado de repuestos.

Para una mejor interpretación del modelo de inventario de demanda continua con tiempo de entrega se presenta la figura No.6.

2.2.5 Organización y control del almacén de herramientas (tool-room)

Actualmente el almacén de herramientas tiene como función principal el almacenamiento, mantenimiento y despacho de la herramienta a todo el personal encargado de llevar a cabo los trabajos de mantenimiento. El almacén de herramientas se encuentra organizado de la siguiente manera:

- Un encargado general.
- Cuatro despachadores.
- Cuatro pilotos.

Este almacén de herramientas tiene como característica principal que las herramientas se encuentran clasificadas e identificadas por su uso, en base a una codificación por secciones y apartados, lo que permite localizar más rápidamente la herramienta requerida por el personal de mantenimiento.

2.2.5.1 Tipo de almacén

El tipo de almacén opera dentro de la planta, bajo un sistema puramente centralizado, el cual tiene las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

1. Es fácil llevar a cabo un conteo físico de las existencias y la aseveración del estado de la herramienta.
2. El control de la herramienta es más sencillo cuando el almacén debe trabajar más de un turno.
3. Se simplifica el manejo de las herramientas ya que se entregan, inspeccionan, reciben y almacenan en un mismo lugar.
4. Menor inventario de herramienta.

Desventajas:

1. Las pérdidas de tiempo del personal de mantenimiento, causadas por la recepción y entrega de la herramienta, son mayores debido a la distancia a que se encuentra el almacén centralizado de las áreas de trabajo.
2. Se requiere de un espacio grande para el almacenamiento adecuado de la herramienta.
3. En ocasiones de alta demanda puede haber falta de alguna herramienta.
4. Es necesario contar con personal para operar este almacén. Si cada trabajador tuviera su propia herramienta, esta necesidad se elimina.

2.2.5.2 Asignación de las responsabilidades

La importancia de una buena comunicación y organización es de suma importancia para el desarrollo y logro de los fines y objetivos de este almacén. Los miembros de esta organización cumplen con las siguientes funciones, deberes y responsabilidades:

a) Encargado general.

- Realizar inventarios e inspecciones periódicas a la herramienta y equipo, para garantizar las cantidades en existencia y la seguridad del personal que la utiliza.
- Organizar al personal para el despacho de la herramienta en los momentos de alta demanda.
- Atender las solicitudes de transporte interno en la planta, asignando los vehículos de acuerdo a la prioridad de los viajes solicitados.
- Calendarizar convenientemente la asignación de turnos para el personal del almacén.
- Mantener accesibles las unidades de transporte para la entrega de materiales y repuestos al lugar de trabajo.
- Controlar que el despacho de la herramienta se lleve a cabo en forma eficaz y eficiente, con el fin de evitar pérdidas de tiempo.
- Realizar reportes semanales de la herramienta en mal estado, solicitando su cambio o su reparación.

b) Despachadores.

- Entregar, inspeccionar, recibir y almacenar en forma eficaz y eficiente la herramienta y equipo.
- Reportar directamente al encargado del almacén sobre la herramienta y equipo perdido o en mal estado.
- Limpieza del área de trabajo.

c) Pilotos.

- Transportar, entregar y recoger en forma eficiente la herramienta y equipo pesado a los lugares de trabajo.
- Sustituir y ayudar a los despachadores cuando se requiera su intervención.

Es importante asegurar que, durante los momentos de alta demanda, se tengan accesibles todas las ventanillas de despacho, con el propósito de hacer más fluida la entrega de la herramienta, evitando así las pérdidas de tiempo y la formación de líneas de espera.

2.2.5.3 Sistema de control

El sistema que impera y funciona para el control del equipo y herramienta de trabajo, se realiza a través de fichas personales. Cada usuario de herramienta tiene asignadas en total ocho fichas, las cuales poseen un número único de identificación. Al momento de requerir la herramienta, el personal utiliza sus fichas como medio de intercambio para poder obtenerla. Durante el uso, el personal es responsable del cuidado de la herramienta y debe entregarla una vez finalizado el trabajo. Para cada herramienta es necesario entregar una ficha. Por ejemplo, si se requieren un martillo y un destornillador, el usuario debe entregar a cambio dos de sus fichas.

2.3 Dirección

Dentro de esta función de supervisión se hace una descripción general del método utilizado para dirigir los recursos necesarios para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento.

2.3.1 Disponibilidad y coordinación de los recursos necesarios para el cumplimiento del programa

Las actividades o tareas de los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, se llevan a cabo en jornadas ordinarias diurnas de 9 horas, las cuales dan inicio a las 7:00 horas y finalizan a las 16:00 horas. En algunos casos, para algunas tareas específicas, es necesario que se trabajen dos jornadas o que las jornadas sean más largas. Entre algunas observaciones efectuadas durante la distribución y coordinación de los recursos para el cumplimiento del programa se puede mencionar:

2.3.1.1 Humano

Para llevar a cabo convenientemente los trabajos de mantenimiento preventivo, se tiene asignado al área un cierto número de mecánicos de diferentes categorías (A, B y C). Entre éstos, se incluyen los mecánicos del área en cuestión y los mecánicos de otras áreas de la planta, tales como: área de trituradoras, área de molinos de harina cruda, área de hornos, área de envasado y área de cal. Todos estos grupos de trabajo son coordinados y dirigidos por el supervisor encargado del área, el cual es el responsable directo de la asignación y distribución del personal a su cargo y de la calidad del resultado del trabajo.

Es importante mencionar que los grupos de trabajo son los encargados directos de llevar a cabo todos los trabajos de mantenimiento preventivo en toda la planta, por lo que muchas veces la cantidad del personal necesario para la ejecución de los trabajos en una área específica se ve limitado. Esto es debido principalmente a las suspensiones por parte del servicio médico y del IGSS, las vacaciones, los permisos y los trabajos correctivos y de modificación que se presentan en otras áreas el mismo día de haberse programado el mantenimiento preventivo, y que deben de ser atendidos de inmediato por el grupo encargado del área respectiva. De esta forma, la disponibilidad y coordinación del recurso humano para el cumplimiento del programa se ven afectadas significativamente.

2.3.1.2 Repuestos, materiales y herramientas

Para esto se debe tomar en consideración que el proceso actual de preparación y obtención de los recursos fundamentales para la ejecución de los trabajos es ineficiente, ya que el mecánico es el responsable directo de coordinarlos, manejarlos y dirigirlos.

A continuación se detallan los principales problemas y factores negativos que se presentan en la dirección de estos recursos:

- No hay reservado de repuestos y materiales, éstos se solicitan en el momento de la ejecución a través de vales de requisición y devolución.
- No se planea la adquisición de herramientas especiales (no existen listados de herramientas para trabajos críticos de mantenimiento).
- No existe despacho de recursos en el sitio de trabajo (no se cuenta con una unidad de servicio al transporte de repuestos, materiales y herramientas especiales de consumo básico que permita minimizar los tiempos de ejecución en los trabajos de mantenimiento).
- Existe ineficiencia de los departamentos de apoyo (almacén de repuestos y materiales, y almacén de herramientas), debido a la poca conciencia y a la falta de motivación en el personal.

2.4 Control (Ejecución)

En la Empresa, los encargados directos del control de la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo son específicamente los supervisores del área, los cuales tienen la responsabilidad directa de supervisar al trabajador en el puesto de trabajo. Inherentemente a esto, se cuenta también con el apoyo y asesoría de los ingenieros superintendentes mecánicos de la planta, quienes intervienen cuando se deben resolver situaciones complejas en la maquinaria y equipo.

2.4.1 Distribución del personal

Una de las primeras cuestiones que surgen con respecto a la organización del personal en la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo, es la relacionada con la distribución y asignación del personal. Entre las ventajas para tal fin, es que el mantenimiento preventivo puede programarse y que para la ejecución de los trabajos se toma muy en cuenta la experiencia, la habilidad y destreza que posee cada trabajador. Por lo que una vez definidas las actividades de trabajo y establecidos los tiempos estandar para realizarlos, la distribución y la asignación de mano de obra puede determinarse fácilmente, utilizando para ello técnicas puramente de planificación.

Actualmente no se ha logrado optimizar esta función por la falta de un buen control en la determinación de los estimativos de tiempo, que permitan conocer con exactitud el estado actual del programa de mantenimiento industrial en el área de molinos de cemento. Por tanto, en esta obra, se han considerado métodos puramente de planificación, programación y control tales como: El Diagrama de Barras (Método Gantt) y El Diagrama de Flechas (Método Pert) para los trabajos de mantenimiento preventivo.

2.4.2 Ejecución de los trabajos

En el área de molinos de cemento, como en las otras áreas de la planta, la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo de carácter mecánico, son asignados directamente y, específicamente a los cinco grupos de trabajo que forman el equipo ejecutor del departamento con el mismo nombre. No se cuenta aún con políticas y reglas de ejecución que permitan el máximo aprovechamiento de los recursos. Por lo que es de suma importancia establecerlas para la correcta interpretación y logro de los resultados según los objetivos. Estas políticas y reglas de ejecución se mencionan en el Capítulo III, inciso 3.3.4.

Inherentemente a todo esto, se ve la necesidad de hacer mención de uno de los factores que se considera tiene influencia negativa en la productividad del personal y en los resultados del programa, hablamos de la "contaminación". El ambiente de trabajo en esta área es considerablemente duro, en cuanto a la cantidad de polvo que se tiene que soportar durante el desempeño de las actividades de mantenimiento, lo que conlleva a que muchas actividades se ejecuten con muchas demoras personales, por lo que la fatiga, el relajamiento y distracción se hacen notar, lo cual requiere que el personal haga un gran esfuerzo para alcanzar un buen rendimiento de trabajo.

Este programador de mantenimiento originalmente sólo se realizaba como una tarea más, en donde se enlistaban en forma general y arbitraria la información pertinente del caso, lo cual no permitía tener una visión clara de la planificación y control de los trabajos de mantenimiento preventivo en las distintas áreas de la planta.

2.5 Evaluación

En la actualidad, referente a esta función de supervisión en particular, no se ha desarrollado ningún tipo de evaluación del desempeño para la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo en el área, por lo que este tema de estudio se ha considerado en obra en el Capítulo III, inciso 3.5.

3. LA INGENIERÍA INDUSTRIAL APLICADA A LA ADMINISTRACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1 Planificación-Programación

El objeto de la planificación-programación llevada a cabo para los trabajos de mantenimiento preventivos en el área molinos de cemento tiene como fines principales:

- La asignación de los tiempos de duración.
- Seleccionar entre varias alternativas de trabajo, la secuencia y orden de ejecución, de acuerdo a las prioridades.
- La determinación de rutas críticas, para establecer los procedimientos y la secuencia de ejecución para cada grupo de trabajo.
- La asignación del recurso humano para cada actividad y la probabilidad de cumplimiento de una hora o fecha programada.
- Proveer al trabajador los recursos básicos (repuestos, materiales, herramienta y equipo de apoyo), en el menor tiempo posible.

3.1.1 Métodos de planificación-programación

Los métodos de planificación-programación son herramientas que permiten establecer y atender determinados objetivos para los procesos en donde intervienen gran cantidad de actividades complejas e interdependientes. Aplicándolos correctamente se puede obtener una predicción de la duración de cada actividad programada y la maximización de la productividad de los recursos para los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento. Se desarrollaron los siguientes métodos:

3.1.1.1 Diagrama de Gantt

Este diagrama en particular determina las actividades principales en que se divide el proyecto de los trabajos de mantenimiento, estimando la duración de cada actividad, y estableciendo un orden de ejecución de las actividades. Se hace en forma de listado vertical por medio de barras rectas cuya longitud es definida por la escala de tiempo calendario, siendo el origen la fecha de parada del equipo y tomando en cuenta el tiempo de limpieza previa.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo ilustrativo de la aplicación del diagrama de Gantt para un grupo de trabajo específico.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo ilustrativo de la aplicación del diagrama de Gantt para un grupo de trabajo específico.

ID	Task Name	Duration	Calendar															
			A	A	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	A	A	A
1	GRUPO A (MOLINO)	8h																
2	Revisión soplarior 02-V1F	2h																
3	Revisión bomba de agua 02-B2	3h																
4	Revisión motor molino 02-G1M	2h																
5	Revisión del sistema de enfriamiento 02-G101	5h																
6	Revisión bomba de lubricación 02-G1RB	2h																
7	Revisión compuertas del molino 02-G1	4h																
8	Revisión de pallas del molino 02-G1	2h																
9	Revisión chumaceras del molino 02-G1	1h																
10	Revisión de bombas de lubricación 02-G1	1h																
11	Revisión embrague del molino 02-G1A	3h																
12	Revisión compresor embrague del molino 02-G1AC	2h																
13	Revisión del reductor del molino 02-G1R	2h																
14	Revisión pesadora 02-D1	3h																
15	Revisión reductor pesadora 02-D1R	2h																
16	Revisión compuerta de aire 02-V1	1h																

Figura No. 8 Diagrama de Gantt en la planificación de los trabajos de mantenimiento preventivo.

Este diagrama de Gantt es una herramienta de gran ayuda para la planificación de los trabajos de mantenimiento preventivo. De éste se puede obtener información como:

- Visión general (resumen del proyecto, tareas críticas, días trabajados, etc).
- Asignación de recursos (quién hace qué, cuándo lo hace, lista semanal de trabajos, etc).
- Carga de trabajo (manejo de tareas, manejo de recursos).
- Actividades actuales (tareas que inician temprano, tareas en progreso, tareas completas, etc).
- Determinación de costos (flujo semanal de dinero en efectivo, presupuesto, etc).

El uso de este diagrama utilizado como gráfico de control permite obtener las siguientes ventajas y desventajas:

3.1.1.1.1 Ventajas

- Mostrar el estado actual del programa de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento en cuanto al tiempo calendario, tomando como origen la etapa de limpieza.
- Separar el tiempo de duración para ciertas actividades críticas y no críticas.
- Obliga a hacer un plan, lo cual es en sí un gran paso hacia las operaciones más eficaces.
- Gracias a este método la labor planeada y la realizada, resulta fácil de comparar.
- Las gráficas, en general, son compactas, simples y fáciles de elaborar, por lo que son fácilmente entendidas por los involucrados.

3.1.1.1.2 Desventajas y limitaciones

- No muestra explícitamente la relación entre las actividades de mantenimiento.
- No muestra las actividades claves que fijan la duración de los trabajos, aunque Gantt permite visualizar rápidamente mucha información.
- No indica la obligatoriedad de terminar una actividad para poder iniciar otra.
- No es posible incluir información acerca de la probabilidad de cumplir con las horas y fechas del programa.
- No presenta información detallada de parámetros tales como: estimaciones de tiempo, desviaciones estándar y varianzas.

3.1.1.2 Diagrama de flechas (Método Pert)

Este diagrama se basa principalmente en el gráfico de flechas que representa en forma objetiva las actividades que componen un proyecto y su secuencia de ejecución. Este método tiende a determinar un tiempo medio o esperado para cada trabajo por medio de la aplicación del cálculo de probabilidades, para lo cual se desarrollan tres estimaciones de tiempo para cada trabajo (optimista, normal y pesimista). Esta estimación de la duración del tiempo medio esperado se efectúa en base a la toma de tiempos con cronómetro y a la experiencia que posee, tanto el supervisor como el trabajador sobre la ejecución de los trabajos asignados.

Tiempo optimista (to): es el tiempo que se emplearía en realizar una actividad bajo el supuesto que se presenten las condiciones más favorables para ello.

Tiempo normal (tn): es el tiempo que se tomaría en realizar la tarea cuando imperan las condiciones normales de trabajo, por lo que es el tiempo más probable para ejecutar el trabajo.

Tiempo pesimista (tp): es el tiempo que se emplearía en ejecutar un trabajo cuando se presentan las condiciones más desfavorables para ello.

De estos tres tiempos se toma un valor medio ponderado o tiempo esperado (te) que se obtiene, no como promedio aritmético, sino como consecuencia de la aplicación de la fórmula probabilística siguiente:

$$te = \frac{to + 4tn + tp}{6}$$

6

La medida de la incertidumbre en la duración de las actividades de mantenimiento esta dada por la desviación estándar (σ_{te}) expresión es:

$$\sigma_{te} = \frac{t_p - t_o}{6}$$

Otro valor importante es la variancia (V_{te}) la cual expresa, en cierta medida, la situación de los valores extremos con respecto al valor medio.

$$V_{te} = \left[\frac{t_p - t_o}{6} \right]^2$$

Se hace necesario calcular la probabilidad del cumplimiento de un plazo dado para la entrega de los diferentes trabajos, empleando para esto la variación de los tiempos esperados y la tabla de la distribución normal de probabilidades. Estos cálculos permiten efectuar los reajustes necesarios a los plazos de entrega, hasta alcanzar el nivel más aceptable. El cálculo de la probabilidad del cumplimiento de un plazo dado se efectua en base a la fórmula siguiente:

$$Z = \frac{t_s - t_e}{\sigma_{te}}$$

donde:

t_s = tiempo estándar (estimado en base a los tiempos determinados en la evaluación del desempeño).

t_e = tiempo esperado o más probable.

σ_{te} = desviación estándar.

A continuación en la figura No. 9 se presenta un ejemplo ilustrativo de la aplicación del Diagrama de flechas (Método Pert) para un grupo de trabajo específico en el molino de cemento No. 2.

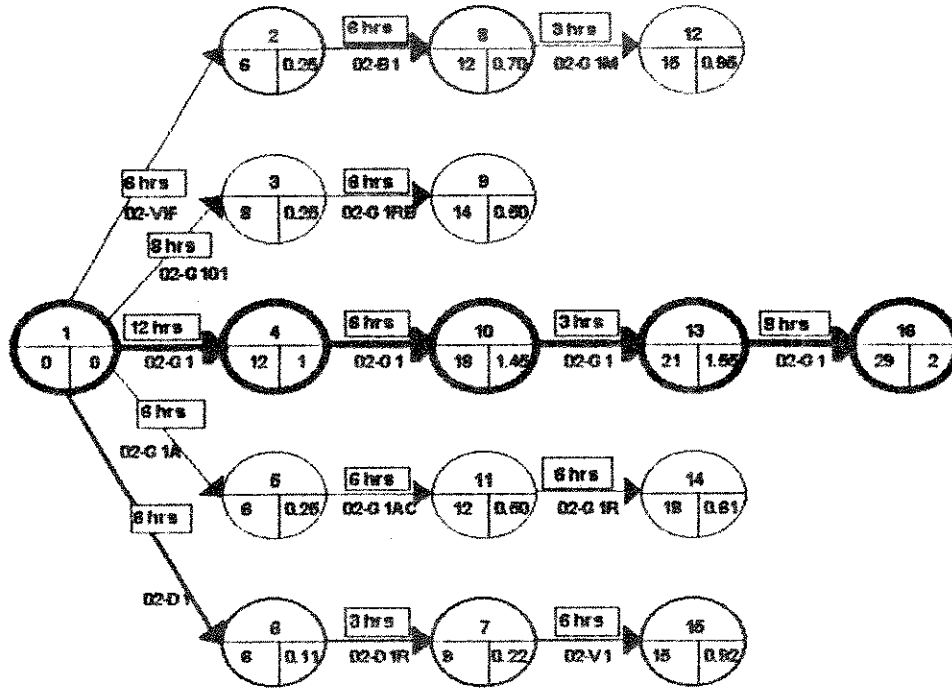


Figura No. 9 Diagrama de flechas (Método Pert) aplicado a un grupo de trabajo, para el mantenimiento preventivo del molino de cemento No.2.

ACTIVIDAD	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	No. PERS.	ti	tf	tp	TE	TS	OTE	OTE	Prob
1 - 2	02V1F	SUPLADOR ESCLUSA AIRE DE DESCARGA	2	5	6	7	5	7	0.50	0.25	97%
1 - 3	02G101	SISTEMA DE ENFRÍAMIENTO DEL MOLINO	2	7	8	10	6	9	0.50	0.25	97%
1 - 4	02G1	MOLINO (revisión, tornillos, compuertas, cojinetes etc.)	2	9	12	15	12	13	1.00	1.00	84%
1 - 5	02G1A	FMBRAGUE DEL MOLINO	2	4	6	7	6	7	0.50	0.25	97%
1 - 6	02D1	PESADORA	2	5	6	8	6	7	0.33	0.11	99%
6 - 7	02D1R	REDUCTOR PESADORA	2	2	3	4	3	4	0.33	0.11	99%
2 - 8	02B2	BOMBA DE AGUA	2	5	6	9	6	7	0.67	0.45	93%
3 - 9	02G111B	BOMBA DE LUBRICACIÓN	2	5	6	7	6	6	0.50	0.25	97%
4 - 10	02G1	MOLINO (limpieza de pasadas)	2	4	6	8	6	7	0.67	0.45	93%
5 - 11	02G1AC	COMPRESOR DEL MOLINO	2	5	6	8	6	7	0.5	0.25	97%
8 - 12	02G1M	MOTOR MOLINO (revisión y limpieza)	2	2	3	4	3	4	0.5	0.25	97%
10 - 13	02G1	MOLINO (revisión chumaceras)	2	2	3	4	3	4	0.33	0.11	99%
11 - 14	02G1R	REDUCTOR DEL DEL MOLINO	2	5	6	7	6	7	0.33	0.11	99%
7 - 15	02V1	ESCLUSA AIRE DEL MOLINO	2	5	6	7	6	7	0.67	0.45	93%
13 - 16	02G1	MOLINO (revisión de bombas de lubricación)	2	6	8	10	6	9	0.67	0.45	93%

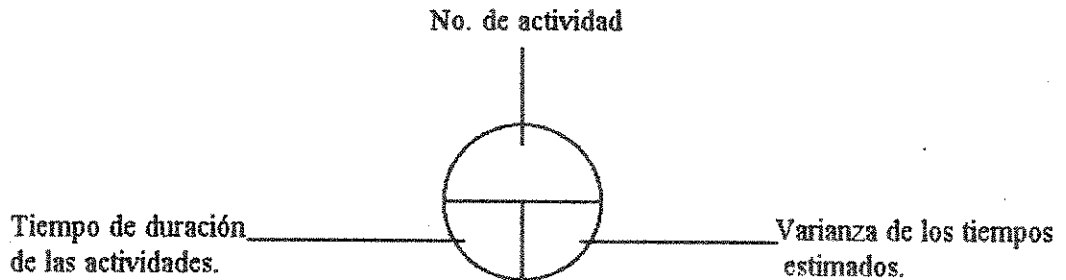
91 hrs
107 hrs

Tabla No.1. Listado general de cálculos para el diagrama de flechas de la figura No. 9.

A continuación se presenta una información general para la interpretación y uso de este diagrama:

1.- Interpretación del diagrama de flechas: este diagrama muestra la secuencia lógica de ejecución para las actividades de mantenimiento preventivo en el molino No. 2 de cemento, específicamente para un grupo de trabajo de diez personas. Este diagrama esta formado por cinco rutas de trabajo independientes, las que a su vez se encuentran formadas por actividades interdependientes; en las cuales se asignan una pareja de personas dependiendo de la experiencia y conocimiento que se tenga del equipo (esto es determinado por el supervisor de grupo).

A continuación para mayor información del diagrama de flechas se detalla los datos contenidos en uno de los eventos.



2.- Para este grupo en particular la probabilidad de concluir la totalidad de los trabajos en el tiempo de parada es del 99%, lo cual se determina por el promedio de las cinco rutas independientes de trabajo ilustradas en el diagrama.

Identificación de la ruta de trabajo	Tiempo esperado (Horas)	Tiempo estándar (Horas)	Desviación estándar (Horas)	Probabilidad de culminación
Ruta # 1	15	18	0.81	99%
Ruta # 2	14	17	0.60	99%
Ruta # 3	29	33	1.41	99%
Ruta # 4	18	21	0.90	99%
Ruta # 5	15	18	0.78	99%
TOTALES	91	107	4.50	99%

3.- el camino crítico lo determinan las actividades de la ruta de trabajo # 3, la cual la conforman las actividades (1-4, 4-10, 10-13 y 13-16), teniendo una probabilidad de culminación en el tiempo de parada del 99%.

4.- La probabilidad total de cumplimiento para este grupo específico de trabajo en el tiempo de parada es del 99%.

Del uso de este diagrama de flechas se derivan las siguientes ventajas y desventajas:

3.1.1.2.1 Ventajas

- Predecir la duración de las actividades y la certeza de las mismas, exigiendo la selección de eventos específicos y bien definidos que producen una red de actividades.
- Informar acerca de la completa o incompleta utilización de los recursos.
- Representar gráficamente la secuencia en la ejecución de las actividades de mantenimiento, el cálculo del tiempo esperado para cada actividad y revelar la incertidumbre que pueda existir.
- Mejorar el control de actividades mediante el análisis de los aspectos críticos de cada acontecimiento antes de que éstos ocurran.
- Proporcionar la probabilidad de cumplir con una hora o fecha del programa.
- Trabajar con base en estimaciones de tiempos, para poder tomar una visión completa de las dificultades particulares que involucran a cada actividad, logrando que se liberen ideas prefijadas respecto a la hora y fecha en que se deben terminar los trabajos.
- Los acontecimientos se enlazan con actividades que muestran las relaciones de dependencia recíproca entre los mismos.

3.1.1.2.2 Desventajas

- Este tipo de método se torna un poco difícil en su desarrollo e interpretación.

3.2 Organización

Toda organización de mantenimiento que desee ser proactiva, polifuncional, flexible y compacta, necesita llevar a cabo en su estructura cambios que permitan orientar y encaminar los esfuerzos a satisfacer, las necesidades técnicas, económicas y de personal. Esto se logra definiendo adecuadamente, una burocracia, que de a conocer las áreas específicas de responsabilidad que tienen y deben desarrollar todos aquellos grupos de trabajo que intervienen en el programa de mantenimiento preventivo. Dentro de los factores más significativos que tuvieron influencia para considerar el planteamiento y propuesta de una nueva estructura organizacional para el departamento de mantenimiento mecánico se pueden mencionar:

1. La cantidad de personas (tamaño del departamento).
2. La cantidad de equipo existente que se tiene que atender.

3. La necesidad de aumentar la fiabilidad, eficiencia y utilización de la maquinaria involucrada en el proceso.
4. La poca disponibilidad de los recursos básicos, dualidad de funciones para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo (preventivo y correctivo al mismo tiempo).
5. Los bajos índices de productividad del recurso humano.
6. La poca relación existente con otros departamentos, especialmente con el departamento de producción.

3.2.1 Estudio de una nueva estructura organizacional para el departamento de mantenimiento mecánico

Para hacer que la organización del departamento de mantenimiento mecánico tenga congruencia con la visión de la empresa y específicamente con la visión de mantenimiento, es necesario realizar ciertos cambios, los cuales deben tomar en consideración las siguientes recomendaciones:

- a) Contar con una estructura organizacional funcional con responsabilidades específicas.
- b) Trasladar cuatro grupos de trabajo al departamento de producción, para atender en forma inmediata los trabajos correctivos de la planta (averías y ajustes menores).
- c) Crear un grupo encargado exclusivamente de las funciones de planificación y programación de los trabajos de mantenimiento preventivo.

En la figura No.10, se presenta una propuesta de organización más congruente con los objetivos del departamento de mantenimiento mecánico. Existen puestos actuales con las mismas funciones y hay puestos nuevos con nuevas o diferentes funciones. En este organigrama propuesto se debe contar con los respectivos grupos de trabajo, los cuales estarán dirigidos por un supervisor de grupo, el cual depende de un jefe de área, quien a su vez reporta a un superintendente auxiliar de áreas y éste a su vez, reporta a un superintendente general.

3.2.2 Funciones nuevas de los puestos de trabajo

Con base en la estructura organizacional propuesta para el departamento de mantenimiento mecánico, se describen a continuación en forma general las nuevas funciones de los puestos de trabajo a nivel operacional.

a) Grupo de mecánicos para mantenimiento preventivo

Para este grupo aplican los deberes y responsabilidades mencionados en el Capítulo II, inciso 2.2.2, pero modificados según los siguientes puntos:

a.1) Función:

- Realizar más o menos el 90% de mantenimiento preventivo y el 10% de mantenimiento correctivo mayor, predictivo, servicios y metal-mecánica en la maquinaria y equipo de la planta según el programa establecido. El organigrama de la figura No. 10 representa a este grupo.

b) Grupo de mecánicos trasladados a producción

Para este grupo aplican también los deberes y responsabilidades mencionados en el Capítulo II, inciso 2.2.2, pero modificados según los siguientes puntos:

b.1) Función:

- Atender y realizar de forma inmediata el 90% de mantenimiento correctivo y el 10% de mantenimiento preventivo en la maquinaria y equipo de la planta.

b.2) Deberes y responsabilidades:

- Limpiar, ajustar, reparar, y cambiar todos aquellos componentes físicos de la maquinaria y equipo de la planta.
- Inspeccionar.

Estas tareas de mantenimiento serán realizadas por grupos de trabajo en turnos rotativos de 8 horas cada uno. Cada grupo contará con un supervisor de campo encargado, el cual reporta al departamento de producción.

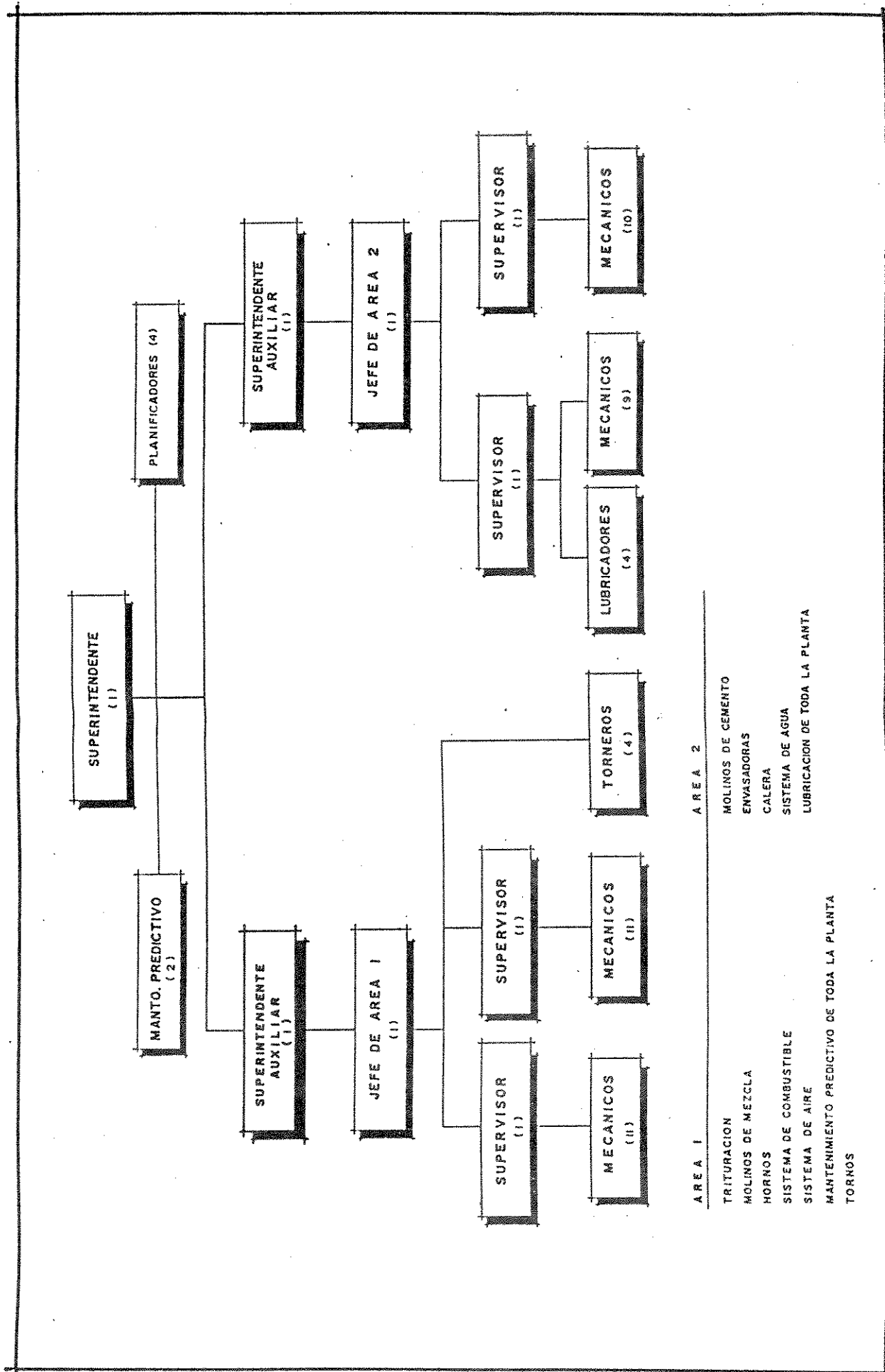


FIG. No. 10

Propuesta de una nueva estructura organizativa para el Depto. de mantenimiento mecánico.

Para una mejor interpretación y visualización de la relación jerárquica de este grupo de mecánicos trasladados a producción, se presenta en la siguiente figura un ejemplo de un organigrama aplicable a la industria cementera.

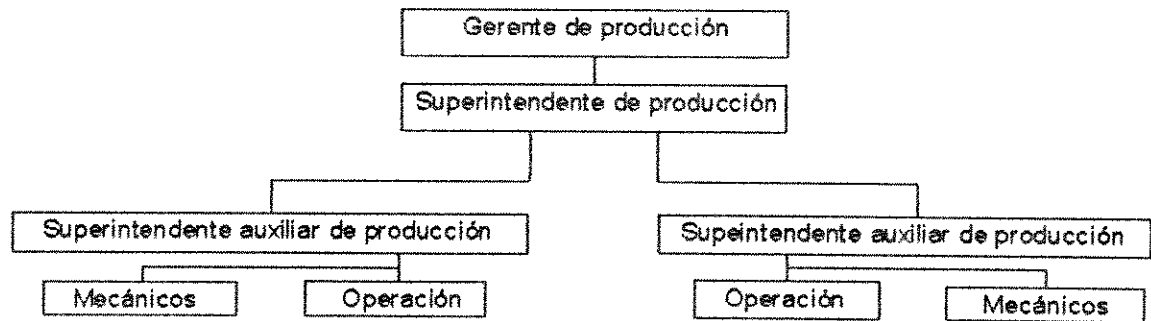


Figura No.11 Organigrama de la relación jerárquica del grupo de mecánicos trasladados a producción.

c) Grupo de planificadores

Es recomendable integrar un grupo de planificadores para atender exclusivamente la planificación de los trabajos de mantenimiento, para lo cual se debe tomar en consideración los siguientes puntos de vista:

c.1) **¿Qué es el grupo?** el grupo de planificadores es un equipo de personas que trabajan juntas para lograr, por medio de una adecuada planificación, mayor eficiencia y calidad en la ejecución y en los resultados de las tareas de mantenimiento.

c.2) **¿Cuál es su objetivo?** su objetivo principal es mejorar, mediante la planificación, la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

c.3) **¿Quién lo integra y cómo se integra?** es recomendable que dicho grupo se integre por personas de las distintas disciplinas de mantenimiento con, por lo menos, una persona del departamento eléctrico, una persona del departamento de instrumentación y dos personas del departamento mecánico, las cuales estarán dirigidas por un líder/coordinador de grupo.

c.4) **A quién reporta o de quién depende:** el grupo estará ubicado en el departamento de planificación en el área de mantenimiento, el cual reportará y dependerá específicamente del superintendente del departamento de planificación.

c.5) Función:

- Planificar la ejecución de los trabajos de mantenimiento, según las prioridades asignadas y según la disponibilidad de los recursos.

c.6) Deberes y responsabilidades:

- Priorizar las órdenes de trabajo por fecha límite y por el nivel crítico de las mismas.
- Clasificar las órdenes de trabajo por departamentos.
- Determinar los tiempos de ejecución y mano de obra de las actividades a realizarse.
- Definir rutas y secuencias de ejecución de los trabajos de mantenimiento.
- Reservar repuestos, materiales, equipo y herramienta.
- Generar listas de despacho de repuestos, materiales, equipo y herramienta.
- Asignar recursos.
- Realizar y entregar los paquetes de mantenimiento a los ejecutores respectivos (grupos de trabajo).
- Informar sobre los resultados finales en la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

Además de la planificación diaria, deben planificar los mantenimientos preventivos mayores (mantenimientos de trituradoras, hornos y molinos), para lo cual se integrará una persona de producción y una de almacén con el objeto de hacer más efectiva la función de planificación.

Para una mejor interpretación y visualización de la relación jerárquica de este grupo de planificadores se presenta en la siguiente figura un ejemplo de un organigrama aplicable a la industria cementera.

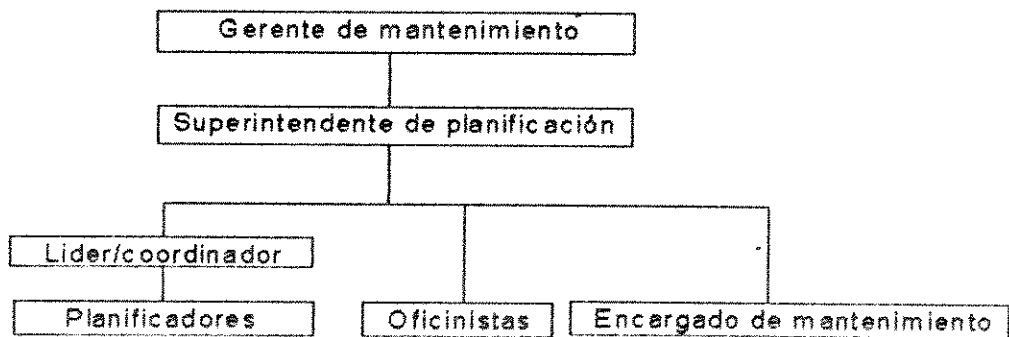


Figura No.12 Organigrama de la relación jerárquica del grupo de planificadores.

3.2.3 Aspectos necesarios de organización a considerarse para mejorar el rendimiento de los trabajos de mantenimiento preventivo

A continuación se enumeran una serie de aspectos generalizados que deben considerarse de importancia dentro de una organización de mantenimiento mecánico para que el rendimiento de los trabajos se lleve a cabo de una manera eficiente:

1. Mejorar la comunicación y coordinación por medio de reuniones periódicas con todo el personal que interviene en los trabajos de mantenimiento con el fin de enterar al personal sobre los objetivos y procedimientos de ejecución.
2. Definir, en base a tiempos estandarizados de ejecución y a la productividad del personal, el número óptimo de personas que se requiere para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento.
3. Crear conciencia en el personal de apoyo de la importancia e impacto que tienen las diferentes actividades que se realizan en los eventos de mantenimiento.
4. Programar el autoservicio de repuestos, materiales, equipo y herramientas de bajo costo y alta rotación en el lugar de trabajo.
5. Nombrar a un encargado general de cada evento de mantenimiento preventivo, para asegurar que se desarrollen convenientemente los objetivos del programa.
6. Informar sobre los costos de mantenimiento (índices de mantenimiento).

3.2.4 Manejo de materiales

Dentro de este tema no se ha considerado el aspecto cuantitativo de algún modelo específico de control de inventarios, sino más bien se ha considerado este tema desde el punto de vista cualitativo, es decir, se han listado todos aquellos puntos de interés que son susceptibles de mejora para brindar un mejor servicio al mantenimiento preventivo. A continuación se mencionan una serie de aspectos que deben considerarse para optimizar el manejo de materiales:

- a) Solicitar y reservar los repuestos y materiales o se deben de generar las órdenes de compra en base a una planeación anticipada a detalle.
- b) Revisar y actualizar las listas de repuestos y materiales críticos del equipo por áreas.
- c) Conocer la disponibilidad o fecha estimada de recepción de los repuestos y materiales para hacer cualquier cambio en el plan, con el fin de evitar retrasos durante la ejecución. Para ésto, es necesario que el sistema de compras y mantenimiento estén ligados.
- d) Revisar y determinar los niveles de seguridad óptimos para las partes y componentes críticos.
- e) Se deben incluir listados de repuestos, materiales, equipo y herramientas en las órdenes de trabajo.

- f) Contar con despacho de repuestos, materiales, equipo y herramientas al lugar de trabajo, con el fin de reducir los tiempos de ejecución (creación de un unidad de abastecimiento: almacén-móvil).
- h) Ligar los vales de salida de bodega a las órdenes de trabajo con cierta anticipación.
- i) Colocar refacciones de bajo costo y alta demanda en puntos estratégicos de trabajo.

Es importante mencionar que una de las ventajas fundamentales con que cuenta el almacén de repuestos y materiales es un sistema computarizado que ha mejorado significativamente la exactitud y ha simplificado el control del inventario. Es conveniente que un sistema de este tipo cuente también con:

- a) Un menú de repuestos y materiales en stock, que son únicos para cada activo.
- b) Un historial actualizado de los cambios o mejoras de repuestos y materiales que se han realizado en el diseño de cada activo.
- c) Utilizar la tecnología de código de barras, el cual permite la identificación rápida y con menos errores de las características de un artículo.

3.2.5 Gestión de Herramientas y Equipo

En toda empresa de gran magnitud, organizada en varias áreas de trabajo, con inventarios considerables de repuestos, materiales y herramientas y con una cantidad considerable de maquinaria y equipo que conservar y restaurar, las distancias entre los lugares centralizados de abastecimiento y los puntos de trabajo de mantenimiento son muy grandes. Cuando no existe una adecuada planeación de los trabajos, estas distancias provocan pérdidas importantes de tiempo al personal ejecutante y, por lo tanto, aumentos en el tiempo de equipo parado.

3.2.5.1 Descentralización de la organización y control del almacén de herramientas (tool-room)

Tomando en consideración que la organización actual del almacén de herramientas es poco eficiente en cuanto a la entrega y recepción de las herramientas durante los períodos de los trabajos de mantenimiento preventivo, se propone descentralizarlo, equipando a cada mecánico con una caja de herramientas. El propósito fundamental es minimizar las pérdidas de tiempo en los viajes entre el almacén de herramientas y el punto de trabajo. Las pérdidas de tiempo se deben principalmente a la distancia que existe entre el almacén y el área de trabajo.

A continuación se detalla la herramienta necesaria que debe contener cada caja. Este listado de herramientas tiene su fundamento en la investigación de campo, y se elaboró en base a los diferentes listados de herramientas obtenidos durante la ejecución de los trabajos de mantenimientos preventivo.

CANTIDAD	DESCRIPCION
4	Jgos. llaves mixtas 7-17 y 19mm
4	Jgos. copas 1/2 10-15 y 17mm.
4	Ratch 1/2
4	Extensiones para ratch de 1/2 x 5"
3	Destornilladores planos (grande, mediano, pequeño)
4	Destornilladores cabinet
4	Llaves Ajustables
4	Martillos de 2 lbs.
4	Alicates de mecánico
4	Tenazas
4	Vise gripe
3	Llaves mixtas 13mm.
3	Llaves mixtas 16mm.
3	Llaves mixtas 17mm.
1	Caja metálica D-4 Urea

3.2.5.1.1 Control

Cada mecánico es responsable de su caja y de la herramienta.

3.2.5.2 Creación de una unidad de servicio para el transporte de repuestos, materiales, herramientas y equipo (almacén - móvil)

Tomando en cuenta que para un mantenimiento preventivo no sólo se requiere de la herramienta que cada mecánico puede llevar en una caja portátil, sino también de herramienta y equipo de tipo pesado, se propone crear una unidad de servicio para el transporte de repuestos, materiales, herramientas y equipo para abastecer estos recursos directamente en los puntos de ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo. Esta unidad móvil puede utilizarse tanto para el área de molinos de cemento, como para las otras áreas que forman parte del proceso productivo de la planta.

Los objetivos fundamentales que se persiguen con la creación de esta unidad son:

- 1.- Brindar un mejor servicio en la entrega de repuestos, materiales y herramientas de consumo básico en el lugar de trabajo en el menor tiempo posible.
- 2.- Minimizar las pérdidas de tiempo de los trabajadores en ir a traer los repuestos, materiales, herramientas y equipo que necesitan para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento.
- 3.- El abastecimiento inmediato al trabajador de los recursos básicos necesarios, para el desarrollo de sus funciones.

Para el logro de estos objetivos en particular, se necesita que el almacén-móvil sea lo más funcional posible, en cuanto a su estructura, capacidad y dimensiones. Previo a la creación de esta unidad se hace necesario investigar, analizar y enlistar todos aquellos recursos indispensables que deben de incluirse en éste.

Para una mejor interpretación y visualización del almacén-móvil se presenta en la Figura No. 13 una propuesta de diseño.

Para poder operar el almacén-móvil es de suma importancia considerar los siguientes aspectos relevantes para la implementación:

a) Organización

Para dicha unidad (almacén-móvil) la organización sería de la siguiente manera:

- Una persona del almacén de repuestos y materiales.
- Una persona del almacén de herramientas (tool-room).

a.1) Funciones, deberes y responsabilidades

a.1.1) Para el almacén de repuestos y materiales:

- Mantener el inventario exacto de repuestos y materiales.
- Operar las salidas del día en el turno respectivo (éste estará a cargo del bodeguero de turno).

- Realizar el inventario el siguiente día del movimiento en el almacén-móvil (ésto estará a cargo del encargado del conteo cíclico).
- Ajustar las existencias del almacén-móvil después de finalizado el mantenimiento, ésto con el fin de mantenerlo disponible para cualquier eventualidad.
- Cargar los repuestos y materiales y localizarlos adecuadamente.
- Descargarla de nuevo al almacén principal una vez finalizado el mantenimiento preventivo.

a.1.2) Para el almacén de herramientas:

- Mantener el inventario exacto de la herramienta y equipo.
- Entregar, inspeccionar, recibir y almacenar la herramienta que se manipule durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo.
- Reportar al encargado general de dicho almacén la herramienta perdida y la que se encuentre en mal estado.
- Realizar un inventario de la herramienta y equipo, una vez finalizado el mantenimiento preventivo.
- Cargar la herramienta y localizarla adecuadamente.
- Descargarla de nuevo al almacén principal una vez finalizado el mantenimiento preventivo.

b) Sistema de control

- El sistema de control para la herramienta y equipo va ha ser a través de fichas personales y para los repuestos y materiales a través de los vales de salida de bodega y los vales de devolución.

c) Logística

- Cargar el almacén-móvil con los recursos el día anterior al mantenimiento preventivo.
- Movilización al área de mantenimiento preventivo el día programado a primera hora (7:00 de la mañana).
- Permanencia en el área hasta concluido el mantenimiento preventivo.
- Retorno a los almecenes para la descarga.

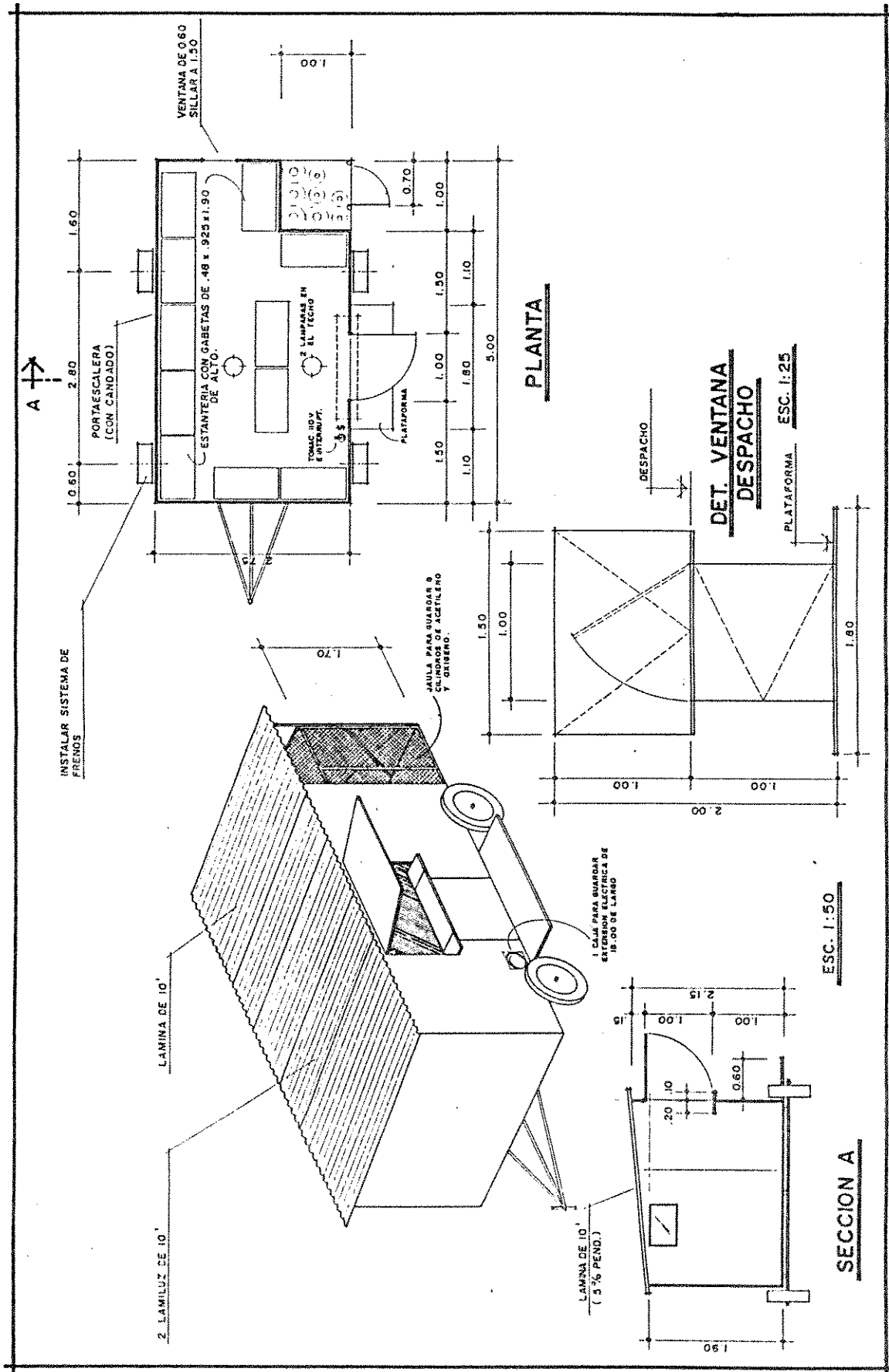


FIG. No. 13

Diseño de una unidad de servicio para el transporte de repuestos, materiales, herramienta y equipo.
(Almacén - móvil)

3.3 Dirección

Tomando en cuenta los factores que se mencionaron dentro de las funciones de dirección y control, podemos darnos cuenta que existen problemas que son esencialmente de carácter administrativo. Una de las primeras cuestiones, que surgen con respecto a la dirección de las actividades de mantenimiento preventivo en el área, es la relacionada con la falta de reglas de ejecución que deben imperar antes del mantenimiento y durante el mantenimiento; con el fin de que se alcancen los objetivos trazados. Básicamente, podemos considerar que la importancia de establecer un patrón de procedimientos básicos de ejecución es simplemente para que los supervisores puedan manejar, de una manera satisfactoria, los recursos que le son asignados.

La función de dirección, propiamente dicha, consiste en la coordinación de actividades, comunicación de objetivos y reglas, y administración de los recursos necesarios para el cumplimiento de lo planeado.

3.3.1 Recursos necesarios para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo

Los recursos necesarios para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo son: el humano, los repuestos y materiales y las herramientas y equipo. Desde el punto de vista de dirección, se hace énfasis administración eficiente de los recursos.

3.3.1.1 Recurso humano

En cuanto a la dirección, el recurso humano es el que demanda mayor atención de los tres. La dotación eficaz del recurso humano a la función de mantenimiento depende básicamente de:

1. La capacidad profesional y la experiencia del personal del departamento.
2. El establecimiento de tiempos programados estandarizados para las tareas específicas de mantenimiento
3. La cantidad de personas disponibles.

Una vez definidos estos parámetros, la asignación de las actividades y la cantidad de personal necesario puede determinarse fácilmente. A continuación se especifica para cada uno de los grupos que intervienen en los trabajos del área, la cantidad de recursos necesarios con que debe contar cada uno de los supervisores para cumplir satisfactoriamente con los trabajos asignados durante el tiempo en que el equipo del área se encuentre parado.

Molino prensa de rodillos (premolenda)

No. de Grupo trabajo	Área a que pertenecen	CATEGORIAS NECESARIAS DE TRABAJO			Mecánicos necesarios para el MP en el Molino Prensa de Rodillos
		mecánicos A	mecánicos B	mecánicos C	
Grupo No. 4	trituradoras	2	2	2	6
Grupo No. 5	molinos de harina cruda	1	2	1	4
Grupo No. 6	hornos	2	3	1	6
Grupo No. 7	molinos de cemento	3	4	3	10
Grupo No. 8	envasadora	1	2	1	4
Grupo No. 9	planta de cal	1	2	1	4
TOTAL					34

Molino 1 y 2 (molienda)

No. de Grupo trabajo	Área a que pertenecen	CATEGORIAS NECESARIAS DE TRABAJO			Mecánicos necesarios para el MP en los Molinos 1 y 2
		mecánicos A	mecánicos B	mecánicos C	
Grupo No. 4	trituradoras	3	2	1	6
Grupo No. 5	molinos harina cruda	2	3	1	6
Grupo No. 6	hornos	2	4	1	7
Grupo No. 7	molinos de cemento	3	4	3	10
Grupo No. 9	planta de cal	2	2	2	6
TOTAL					35

Cabe mencionar que es necesario tomar en cuenta las reglas de ejecución para obtener una asignación adecuada del recurso humano.

3.3.1.2 Otros recursos

En cuanto a los repuestos y materiales y las herramientas y equipo, la función de dirección es ajena al departamento de mantenimiento mecánico.

Es importante recordar únicamente que, durante los mantenimientos preventivos, se intensifiquen en estas dos áreas los esfuerzos para proveer un servicio eficiente a mantenimiento.

3.3.2 Coordinación de las actividades y fases de los trabajos de mantenimiento

Como se ha dado a conocer, dentro de la función de dirección, el recurso humano está organizado en grupos de trabajo dirigidos y coordinados por supervisores de grupo. A continuación se establecen las funciones significativas que todo supervisor debe considerar para que la función de supervisión se lleve a cabo de una manera integral y sistemática:

- a) Planificar, elaborando y utilizando herramientas y métodos puramente de planificación-programación, diagramas que permitan visualizar el número de actividades asignadas, los recursos disponibles o necesarios y estimar los tiempos de duración de las actividades asignadas.
- b) Organizar, distribuyendo y asignando óptimamente el recurso humano disponible, en base al número de órdenes de trabajo asignadas y el conocimiento y experiencia que cada trabajador posee sobre la maquinaria y equipo existente.
- c) Dirigir, orientar, motivar y controlar a los trabajadores en situaciones significativas y adversas que se puedan presentar durante la ejecución de los trabajos, es decir, tener la capacidad de tomar decisiones para resolver problemas que podrían afectar el plan de trabajo.
- d) Evaluar el rendimiento de los trabajadores y la calidad de los trabajos realizados.

3.3.3 Comunicación de las reglas de ejecución del mantenimiento preventivo

Una buena comunicación es la base para que los trabajos de mantenimiento preventivo se planifiquen y se desarrollen convenientemente, tomando como punto de partida los objetivos previamente establecidos por los responsables del programa. A continuación se menciona un listado de reglas que deben ser tomadas en cuenta para la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo:

a) En pre-mantenimiento:

- a.1) Elaboración del programador general de mantenimiento.
- a.2) Limpieza general del área o lugares específicos de trabajo.
- a.3) Distribución de las órdenes de trabajo, en base a los tiempos estandarizados estimados por el programador para cada grupo de trabajo.
- a.4) Determinar los procedimientos de ejecución:

a.4.1) En planificación: elaboración, por parte del supervisor de grupo, del diagrama de flechas correspondiente a los trabajos asignados, con el objeto de dar a conocer al personal las prioridades de los trabajos y los tiempos de duración permisibles para la culminación de los mismos.

a.4.2) En organización: distribución, asignación y coordinación del recurso humano con que se cuenta de una manera óptima.

b) En mantenimiento:

b.1) Supervisión específica del supervisor en los puestos de trabajo.

b.2) Supervisión de actividades críticas de mantenimiento por parte del ingeniero responsable del programa de mantenimiento preventivo.

c) En post-mantenimiento:

c.1) Entrega de trabajos al responsable único del mantenimiento preventivo (superintendentes y jefes de taller de los departamentos mecánico, eléctrico e instrumentación) por parte de los ejecutantes de los mismos.

c.2) Comunicación inmediata a interesados de la culminación general de los trabajos.

c.3) Análisis y evaluación de los resultados obtenidos (conocimiento de los tiempos realizados).

c.4) Verificación de la calidad de los trabajos.

3.4 Control (ejecución)

Esta función, en general, servirá para determinar si los tiempos de ejecución de los trabajos de mantenimiento que se obtuvieron están de acuerdo a lo programado. Si la diferencia es muy grande, será necesario investigar y definir la causa raíz. Con ésto se podrán buscar alternativas de acción para corregir errores y poder alcanzar el objetivo fundamental de realizar los trabajos con calidad, a un bajo costo y en el menor tiempo posible.

3.4.1 Mecanismos de control

Existen muchos mecanismos de control que tienen principios generales y será responsabilidad del ingeniero de mantenimiento, verificar su aplicación. Los mecanismos de control deben diseñarse a las necesidades de información de la administración del mantenimiento en congruencia con la visión de la empresa y específicamente con la visión de mantenimiento.

Para este caso, los mecanismos de control a desarrollar serán boletas de control para obtener la información en forma representativa, precisa y segura, de tal forma que permitan evaluar los resultados obtenidos en la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Entre las boletas de control a considerar, que nos permitirán planificar, ejecutar y controlar los trabajos de mantenimiento preventivo se consideran las siguientes:

a) Ordenes de trabajo para mantenimiento preventivo,

b) Programadores de mantenimiento y

c) Reportes del evento.

3.4.1.1 Órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo

La orden de trabajo es una boleta que está diseñada para proporcionar la información necesaria para programar y ejecutar los trabajos de mantenimiento; en este caso se considera como tema de estudio la orden de trabajo para mantenimiento preventivo, la cual debe contener como marco de referencia la siguiente información:

- Tipo de mantenimiento.
- Fecha de iniciación.
- Fecha de culminación.
- Identificación del equipo.
- No. de orden de trabajo.
- Prioridad.
- Departamento ejecutante.
- No. de inspección o rutina.
- Procedimiento de ejecución (pasos o tareas que se deben de llevar a cabo en el equipo).
- Horas estimadas.
- Cargo de mano de obra (quién y cuánto costo: horas ordinarias y extraordinarias).
- Equipo utilizado y costo.
- Partes utilizadas y costo.
- Trabajo efectuado.

A continuación, en la figura No. 13, se presenta un modelo de una orden de trabajo que puede ser aplicada dentro de un programa de mantenimiento preventivo.

MODELO DE UNA ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVA

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

FECHA DE INICIACIÓN: _____ No. DE ORDEN DE TRABAJO: _____ DEPTO. EJECUTANTE: _____
 FECHA DE CULMINACIÓN: _____ PRIORIDAD: EMERGENCIA No. DE INSPEC. O RUTINA: _____
 IDENTIFICACION DEL ACTIVO: _____ URGENTE No. DE PROCEDIMIENTO: _____
 NORMAL

CANTIDAD DE HORAS-HOMBRE ESTIMADAS: _____

REVISAR: **ELEVADOR DE CANGILONES**

PROCEDIMIENTO A EJECUTARSE

PASO 1 EQUIPO PARADO, TOMAR TODAS LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD PERTINENTES DEL CASO.

PASO 2 REVISAR CADENA
 REVISAR DESGASTES EN ESLABONES Y CUMBOS
 REVISAR REJADURAS EN ESLABONES Y CUMBOS
 REVISAR SEGUROS FALTANTES EN ESLABONES
 REVISAR SEGUROS FALTANTES EN CUMBOS

PASO 3 REVISAR CUMBOS
 REVISAR RAJADURAS (cambiar si es necesario)

.
 .
 .

CARGO DE MANO DE OBRA DE TRABAJADORES

No. ID:	NOMBRE DE LOS TRABAJADORES:	HORAS-HOMBRE REALIZ (ORDINAR. Y EXTRA)
---------	-----------------------------	--

EQUIPO UTILIZADO

No. ACTIVO:	DESCRIPCIÓN:	COSTO:
-------------	--------------	--------

--	--	--

PARTES UTILIZADAS

SERIE ARTÍCULO:	DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD:	COSTO:
-----------------	--------------	-----------	--------

--	--	--	--

TRABAJO EFECTUADO: _____

Figura No. 14 Modelo de una orden de trabajo preventiva.

3.4.1.2 Programadores de mantenimiento preventivo

Para mejorar la planificación y control de los trabajos de mantenimiento preventivo tanto en el área de molinos de cemento, como en las otras áreas de la planta, se ve la necesidad de modificar y mejorar el formato existente de los programadores de mantenimiento preventivo que se utilizan. Así se obtendrá una herramienta de ayuda más representativa para mejorar las estimaciones de tiempo. Es recomendable que el nuevo formato contenga la siguiente información:

- Fecha
- Número de orden de trabajo.
- Descripción del activo.
- Supervisor de área o encargado de grupo.
- Número de inspección o rutina.
- Número de personas necesarias para cada trabajo.
- Tiempo optimista = t_o (determinado en horas-hombre).
- Tiempo normal = t_n (determinado en horas-hombre).
- Tiempo pesimista = t_p (determinado en horas-hombre).
- Tiempo esperado = T_E (determinado en horas-hombre).
- Tiempo realizado (determinado en horas-hombre una vez finalizados los trabajos de mantenimiento preventivo).
- Observaciones.

Para una mejor interpretación y visualización del formato que se recomienda como programador de mantenimiento preventivo, se presenta en la Figura No. 15, un modelo del mismo.

3.4.1.3 Resumen del evento

Para mejorar y, por tanto, hacer más útil el historial del equipo de la planta, en cuanto a las actividades críticas de mantenimiento realizadas en éstos, es importante diseñar un formato que sirva para medir la eficiencia obtenida en el desempeño de las funciones de los trabajadores y para registrar información sobre posibles complicaciones o retrasos en la ejecución. A continuación se presenta un modelo de un formato para el resumen del evento en la ejecución de los trabajos críticos de mantenimiento:

RESUMEN DEL EVENTO						
NOMBRE DE LA EMPRESA: _____						
NOMBRE DEL RESPONSABLE DE GRUPO: _____						No. ID: _____
NOMBRE DE LOS TRABAJADORES ASIG. _____				PUESTO: _____	_____	_____
_____				_____	_____	_____
_____				_____	_____	_____
_____				_____	_____	_____
_____				_____	_____	_____
_____				_____	_____	_____
FECHA DE INICIO	FECHA DE CULMINACIÓN	No. DE ORDEN DE TRABAJO	TRABAJO REALIZADO	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO REALIZADO	COMPLICACIONES Y RETRASOS
OBSERVACIONES: _____						

Figura No. 16 Modelo de un formato para el resumen de eventos de mantenimiento.

3.4.2 Aspectos básicos necesarios para mejorar el rendimiento en la ejecución

En toda empresa industrial o comercial, cualquier persona que desempeñe la tarea de supervisión, debe aplicar las funciones de planificación, organización, dirección, control y evaluación orientadas hacia la utilización óptima de los recursos disponibles. Es imprescindible contar con objetivos claros y asegurarse que los supervisores los conozcan. Mientras más precisos sean estos objetivos, mayores serán las probabilidades de que las funciones estipuladas se ejecuten eficientemente. Es por ello que la asignación de los trabajos requiere de supervisión constante en los puestos de trabajo y un estricto cumplimiento de las normas de seguridad industrial. Aunque existen varios que pueden servir para mejorar el rendimiento en la ejecución de los trabajos de mantenimiento, a continuación se mencionan los más significativos que pueden aplicarse a toda la planta y, específicamente, al área de molinos de cemento:

1. El ambiente de trabajo: se deben buscar las mejores condiciones de trabajo para que las personas puedan ejecutar las tareas con mayor efectividad.
2. La capacitación o adiestramiento: el entrenamiento eficaz y la capacitación pueden variar considerablemente el rendimiento y la especialización en las actividades de mantenimiento.
3. Motivación y control: la implementación de métodos para evaluar el desempeño en las labores de mantenimiento llevan a establecer sistemas de incentivos y reconocimiento a las personas que son merecedoras, con lo que aumenta su motivación.

3.5 Evaluación

3.5.1 Estudio de tiempos y movimientos

3.5.1.1 Análisis de tiempos

El análisis de tiempos fue desarrollado con base en el sistema Wenstinghouse, el cual asigna porcentajes de puntuación a las diferentes tareas del trabajador, según sea su desempeño, para luego establecer los tiempos estándar. Para la determinación de los tiempos estándar, se observó a ciertos trabajadores que mantenían promedios de rendimientos medios en los diferentes grupos de trabajo que ejecutan los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento. Les fue evaluada su actuación y la tolerancia de factores relacionados.

Para las actividades desarrolladas en los diferentes trabajos de mantenimiento preventivo, se observaron y evaluaron los siguientes grupos de trabajo:

No. DE GRUPO DE TRABAJO	TOTAL DE PERSONAS EN EL GRUPO	No. DE PERSONAS EVALUADAS DURANTE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL MOLINO No.2	SUPERVISOR ENCARGADO	EQUIPO ASIGNADO EN LOS MANTENIMIENTOS
Grupo A (Trituradoras)	10	6	S1	separador, damper, bombas de lubricación, motorreductor.
Grupo B (Mol. de Mez.)	10	6	S2	pesadoras, elevador de cangilones, reductores, colector de polvo.
Grupo C (Hornos)	11	6	S3	colector de polvo, elevador de cangilones.
Grupo D (Mol. de Cem.)	11	11	S4	molino y sus auxiliares inmediatos.
Grupo E (Calera)	10	6	S5	compresores, regueras, sopladores.
TOTAL		35 PERSONAS		

Durante la evaluación se observaron a 35 personas, las cuales son el número necesario para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo en el molino No.2.

3.5.1.2 Calificación de la actuación

La calificación de la actuación persigue definir de una manera equitativa, el tiempo requerido para un trabajador normal para desarrollar una labor determinada. Este procedimiento asigna una puntuación a cada trabajador, según sea su actuación durante la realización de la actividades asignadas. Utilizando como referencia, las tablas de puntuación del método Wenstinghouse (Apéndice No.1), se evaluarán en forma general; la destreza o habilidad, el esfuerzo o empeño, las condiciones y la consistencia para los distintos grupos de personas mencionados en la tabla anterior. Se debe tomar en cuenta que el supervisor encargado del grupo tiene la responsabilidad de motivar, orientar y hacer conciencia a su gente de concluir los trabajos en forma eficiente y eficaz.

En la calificación de la actuación se dará mayor énfasis a los grupos de trabajo que tienen a su cargo los trabajos en la maquinaria y equipo más crítico (molinos, colectores de polvo, separador, compresores, bombas, elevadores de cangilones, etc).

Es importante considerar dentro de la calificación de la actuación los siguientes conceptos fundamentales a manejarse.

1. **Trabajo eficiente:** es la habilidad, capacidad y conocimiento para desempeñar el trabajo en el menor tiempo y con menos errores, es decir hacer el trabajo de la mejor manera posible.
2. **Trabajo eficaz:** es la capacidad de obtener del trabajo realizado los resultados esperados con un alto grado de calidad, es decir hacer lo que se debe hacer.
3. **Destreza o habilidad:** la destreza o habilidad de un trabajador se determina por su experiencia y sus aptitudes inherentes al trabajo que desempeña, como: coordinación natural y ritmo de trabajo.
4. **Esfuerzo o empeño:** el esfuerzo o empeño es la demostración de voluntad para trabajar con eficiencia, es representativo de la velocidad con que el trabajador aplica su habilidad en su desempeño.
5. **Condiciones:** las condiciones son los distintos factores (temperatura, ventilación, iluminación, ruido, contaminación, etc.), que afectan e influyen en el rendimiento del trabajador, pero no a la operación en si.
6. **Consistencia:** la consistencia es la capacidad del trabajador para mantener un ritmo determinado en la ejecución de un trabajo asignado.

FACTORES DE EVALUACION EN LA ACTUACION DEL TRABAJADOR	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	GRUPO D	GRUPO E
• Destreza o habilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
• Esfuerzo o empeño	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
• Condiciones	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
• Consistencia	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
TOTAL	0.93	0.93	0.93	0.99	0.93

3.5.1.3 Tolerancias

Una parte importante, previa a la determinación de los estándares de las actividades, consiste en añadir ciertas tolerancias que tomen en cuenta las diferentes interrupciones y retrasos producidas por ciertas condiciones inherentes al trabajo, ya sean éstas de tipo personal o de tipo ajeno e inevitables.

Las tolerancias aplicables al tiempo total de los trabajos realizados se expresa como un porcentaje del tiempo e incluye retrasos como: cambiarse de ropa, almuerzo, necesidades fisiológicas, relajamiento o distracción, fatiga, ir a traer herramienta y repuestos, etc.

En los cálculos del porcentaje de tolerancias para cada grupo, se tomará en cuenta el equipo asignado y los siguientes datos:

- Jornada de trabajo = 9 horas/día (540 minutos/día).
- Almuerzo = 45 minutos/día
- Necesidades fisiológicas = 15 minutos/día
- Refacción = 15 minutos/día
- Cambiarse de ropa = 45 minutos/día (entrada y salida)
- Tiempo Efectivo de Trabajo = 420 minutos/día ó 7 horas/día

TOLERANCIAS	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	GRUPO D	GRUPO E
• Relajamien. distrac.	20mn	20mn	20mn	20mn	20mn
• Fatiga	30mn	30mn	30mn	30mn	30mn
• Ir a traer herr. y rep.	30mn	40mn	40mn	45mn	15mn
% TOTAL	80/420 = 0.19	90/420 = 0.21	90/420 = 0.21	95/420 = 0.23	65/420 = 0.15

3.5.1.4 Tiempo estándar

El tiempo estándar para un trabajo determinado de mantenimiento preventivo es aquel que necesita un trabajador más o menos preparado, con cierta experiencia y trabajando a una velocidad normal para ejecutarlo. Este tiempo estándar se determina por medio de las siguientes fórmulas:

$$T_s = T_n + (T_n \times \% \text{ tolerancias })$$

donde: T_s = tiempo estándar

$$T_n = T_{\text{cronometrado}} \times \text{factor de la actuación}$$

donde: T_n = tiempo normal.

Una vez establecido el análisis de tiempo para los grupos de trabajo que intervienen en los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, se procedió a determinar los tiempos estándares para cada actividad y para cada grupo de trabajo, de la forma siguiente:

GRUPO A:

No.	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TIEMPO CRONOM. (HRS)	FACTOR ACTUACIÓN	TIEMPO NORMAL (HRS)	TOLERANCIA	TIEMPO ESTÁNDAR (HRS)
1	02S1R	REDUCTOR SEPARADOR	3	0.93	3	0.19	3.5
2	02S1FV	DAMPER	4	0.93	4	0.19	5.0
3	02S1	SEPARADOR	8	0.93	8	0.19	9.5 *
4	02S1S1M	MOTORREDUCTOR VALVULA DE DESCARGA CICLON 1	2	0.93	2	0.19	2.5
5	02S1S1V	VALVULA DE DESCARGA CICLON 1	3	0.93	3	0.19	3.5
6	02S1S2M	MOTORREDUCTOR VALVULA DE DESCARGA CICLON 2	2	0.93	2	0.19	2.5
7	02S1FVM	MOTORREDUCTOR DEL DAMPER	4	0.93	4	0.19	5.0
8	02S1B1	BOMBA DE LUBRICACION	2	0.93	2	0.19	2.5
9	02S1B2	BOMBA DE LUBRICACION	2	0.93	2	0.19	2.5
10	02S1F	VENTILADOR DEL SEPARADOR	10	0.93	10	0.19	12.0 *
11	02S1S2V	VALVULA DE DESCARGA CICLON 2	3	0.93	3	0.19	3.5
12	02S1S3M	MOTORREDUCTOR VALVULA DE DESCARGA CICLON 3	2	0.93	2	0.19	2.5
13	02S1S3V	VALVULA DE DESCARGA CICLON 3	3	0.93	3	0.19	3.5
14	02S1S4M	MOTORREDUCTOR VALVULA DE DESCARGA CICLON 4	2	0.93	2	0.19	2.5
15	02S1S4V	VALVULA DE DESCARGA CICLON 4	3	0.93	3	0.19	3.5
16	02S1V2	VALVULA DE ESTRANGULACION	2	0.93	2	0.19	2.5
						TOTAL =	66.5

El grupo A necesita de un tiempo total estándar de 66.50 horas para realizar la totalidad de los trabajos asignados, lo que significa que el estimativo de tiempo estándar real que deben trabajar las personas asignadas en los equipos críticos (separador y ventilador del separador) debe ser de 11 horas de trabajo efectivo al día.

GRUPO B:

No.	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TIEMPO CRONOM. (HRS)	FACTOR ACTUACIÓN	TIEMPO NORMAL (HRS)	TOLERANCIA	TIEMPO ESTÁNDAR (HRS)
1	02P2J	GUSANO TRANSPORTADOR COLECTOR	4	0.93	4	0.21	5.0
2	02F2JR	REDUCTOR GUSANO TRANSPORTADOR COLECTOR	2	0.93	2	0.21	2.5
3	02P2JV	VALVULA DE DESCARGA DEL GUSANO	1	0.93	1	0.21	1.25
4	02P2F	VENTILADOR COLECTOR DE POLVO	2	0.93	2	0.21	2.5
5	02D11	PESADORA DE CLINKER SILO No. 7	5	0.93	5	0.21	6.0
6	02D11R	REDUCTOR PESADORA DE CLINKER SILO No. 7	2	0.93	2	0.21	2.5
7	02P2	COLECTOR DE POLVO (100 bolsas)	9	0.93	8	0.21	10.0 *
8	02D13	PESADORA DE CLINKER SILO No. 9	5	0.93	5	0.21	6.0
9	02D13R	REDUCTOR PESADORA DE CLINKER SILO No. 9	2	0.93	2	0.21	2.5
10	02D12	PESADORA DE CLINKER SILO No. 8	5	0.93	5	0.21	6.0
11	02D12R	REDUCTOR PESADORA DE CLINKER SILO No. 8	2	0.93	2	0.21	2.5
12	02D9	PESADORA DE YESO SILO No. 7A	5	0.93	5	0.21	6.0
13	02D9R	REDUCTOR PESADORA DE CLINKER SILO No. 7A	2	0.93	2	0.21	2.5
14	02D10	PESADORA DE YESO SILO No. 8A	5	0.93	5	0.21	6.0
15	02D10R	REDUCTOR PESADORA DE YESO SILO No. 8A	2	0.93	2	0.21	2.5
TOTAL =							64.0

El grupo B necesita de un tiempo total estándar de 64 horas para realizar la totalidad de los trabajos asignados, lo que significa que el estimativo de tiempo estándar real que deben trabajar las persona asignadas en el equipo crítico (colector de polvo) debe ser de 10 horas de trabajo efectivo al día.

GRUPO C:

No.	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TIEMPO CRONOM. (HRS)	FACTOR ACTUACIÓN	TIEMPO NORMAL (HRS)	TOLERANCIA	TIEMPO ESTÁNDAR (HRS)
1	02J2	ELEVADOR DE CANGILONES (revisión de la cadena)	8	0.93	8	0.21	10.0 *
2	02J2	ELEVADOR DE CANGILONES (revisión de cumbos)	5	0.93	5	0.21	6.0
3	02J2	ELEVADOR DE CANGILONES (revisión de registros)	2	0.93	2	0.21	2.5
4	02P1	COLECTOR DE POLVO (84 bolsas)	8	0.93	8	0.21	10.0
5	02J2R	REDUCTOR DEL ELEVADOR (cambio de aceite)	3	0.93	3	0.21	4.0
6	02J3	FAJA TRANSPORTADORA	8	0.93	8	0.21	10.0 *
7	02J3R	REDUCTOR FAJA TRANSPORTADORA	2	0.93	2	0.21	2.5
8	02P1J1	GUSANO TRANSPORTADOR COLECTOR	2	0.93	2	0.21	2.5
9	02P1JR1	REDUCTOR GUSANO TRANSPORTADOR COLECTOR	4	0.93	4	0.21	5.0
10	02P1F	VENTILADOR COLECTOR DE POLVO	2	0.93	2	0.21	2.5
TOTAL =							60.0

El grupo C necesita un tiempo total estándar de 60 horas para realizar la totalidad de los trabajos asignados, lo que significa que el estimativo de tiempo estándar real que deben trabajar las personas en los equipos críticos (elevador de cangilones, colector de polvo) debe ser de 10 horas de trabajo efectivo al día.

GRUPO D:

No.	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TIEMPO CRONOM. (HRS)	FACTOR ACTUACIÓN	TIEMPO NORMAL (HRS)	TOLERANCIA	TIEMPO ESTÁNDAR (HRS)
1	02T2	STUFFIN BOX (cambio de empaques y limpieza)	6	0.99	6	0.23	7.0
2	02G1RB	BOMBA DE LUBRICACION DEL SYMETRO	3	0.99	3	0.23	4.0
3	02G1	MOLINO (revisión: coraz , tornill , chumcer , cadazo)	17	0.99	17	0.23	21.0 *
4	02D1	PESADORA DOSIMAT	12	0.99	12	0.23	15.0
5	02G1A	EMBRAGUE DEL MOLINO	9	0.99	9	0.23	11.0
6	02G1R	REDUCTOR SYMETRO	6	0.99	6	0.23	7.0
7	02G1	MOLINO (bombas de alta y baja presión)	8	0.99	8	0.23	10.0
8	02D1R	REDUCTOR PESADORA DOSIMAT	5	0.99	5	0.23	8.0
9	02G1M	MOTOR MOLINO (revisión y limpieza)	5	0.99	5	0.23	6.0
10	02G1	MOLINO (limpieza de parillas)	3	0.99	3	0.23	4.0
TOTAL =							91.0

El grupo D se necesita un tiempo total estándar de 91 horas para realizar la totalidad de los trabajos asignados, lo que significa que el estimativo de tiempo estándar real que deben trabajar las personas asignadas en el equipo crítico (molino) debe ser de 11 horas de trabajo efectivo al día.

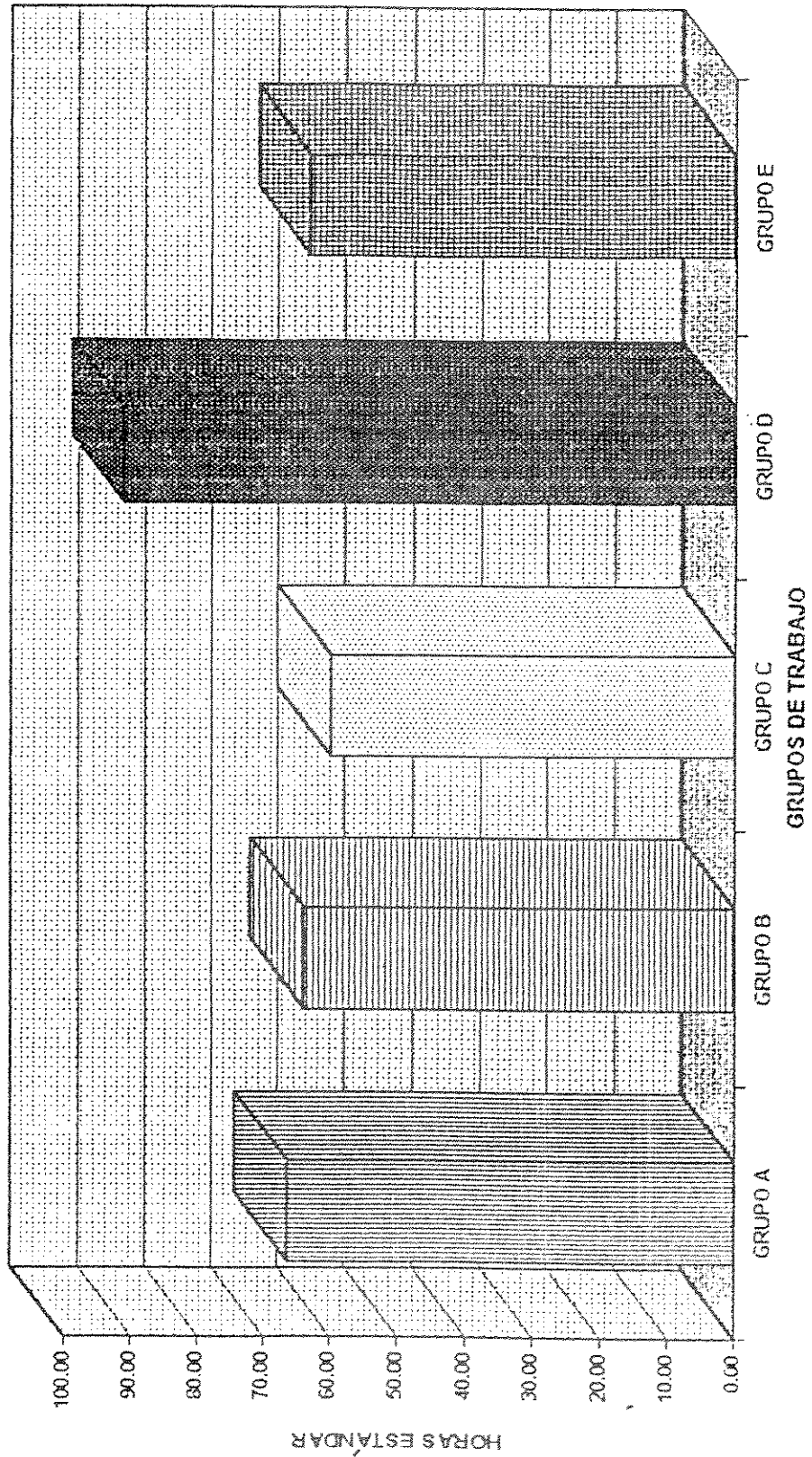
GRUPO E:

No.	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TIEMPO CRONOM. (HRS)	FACTOR ACTUACIÓN	TIEMPO NORMAL (HRS)	TOLERANCIA	TIEMPO ESTÁNDAR (HRS)
1	02K6	REGUERA	3	0.93	3	0.15	3.5
2	02KBF1	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
3	02KBF2	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
4	02KBF3	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
5	02G1AC	COMPRESOR EMBRAGUE DEL MOLINO	7	0.93	7	0.15	8.0 *
6	02K3	REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
7	02K1	REGUERA	1	0.93	1	0.15	1.0
8	02K2	REGUERA	1	0.93	1	0.15	1.0
9	02K8	REGUERA	7	0.93	7	0.15	8.0 *
10	02KBF1	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
11	02KBF2	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
12	02KBF3	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
13	02K5	REGUERA	3	0.93	3	0.15	3.5
14	02K5F1	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
15	02K3F1	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
16	02K4	REGUERA	3	0.93	3	0.15	3.5
17	02K4F1	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
18	02K2F1	SOPLADOR REGUERA	2	0.93	2	0.15	2.5
19	02K2F2	SOPLADOR REGUERA	3	0.93	3	0.15	3.5
20	02K7	REGUERA	3	0.93	3	0.15	3.5
TOTAL =							63.0

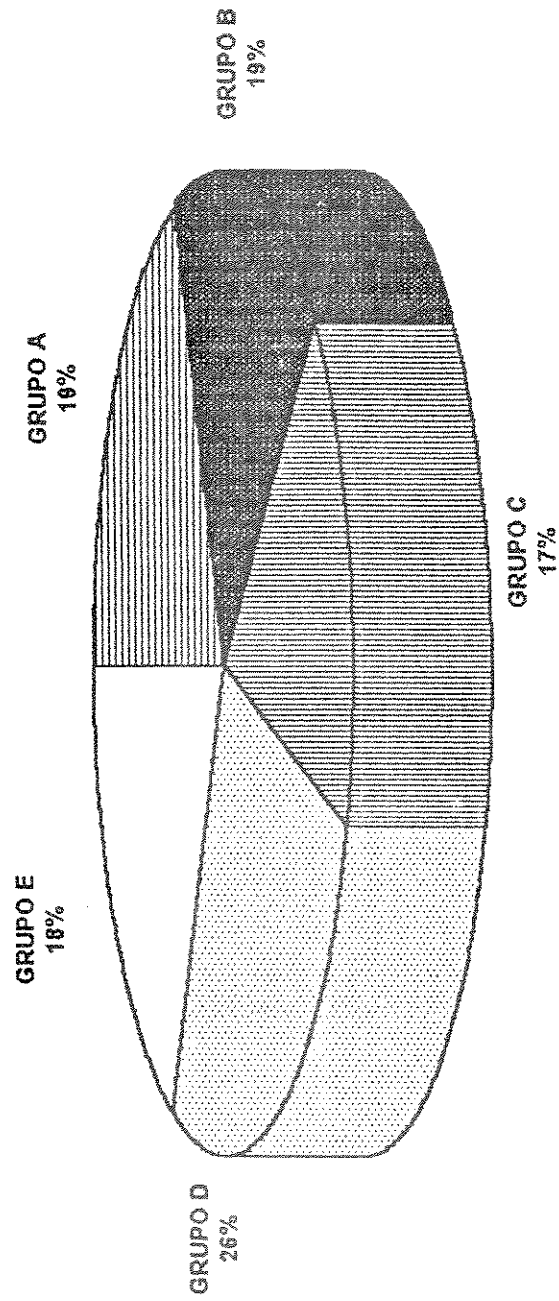
El grupo E necesita un tiempo total estándar de 63 horas para realizar la totalidad de los trabajos asignados, lo que significa que el estimativo de tiempo estándar real que deben trabajar las personas

asignadas en los equipos críticos (compresor y regueras) debe ser de 8.0 horas de trabajo efectivo al día.

GRÁFICA COMPARATIVA DEL TOTAL DE HORAS ESTÁNDAR NECESARIAS PARA LOS GRUPOS DE TRABAJO EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MOLINO No.2



GRÁFICA COMPARATIVA DE PORCENTAJES DE HORAS ESTÁNDAR NECESARIAS
PARA LOS GRUPOS DE TRABAJO EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
MOLINO No. 2.



3.5.3 Razones básicas de la implementación de un sistema de evaluación del desempeño para los trabajos de mantenimiento preventivo

Existen muchas razones básicas en la aplicación de un sistema de evaluación del desempeño, propiamente para el equipo humano de trabajo, el cual debe permitir alcanzar de una mejor forma los objetivos de productividad y autoperfeccionamiento. Dicho sistema de evaluación debe derivarse específicamente de un método en particular o independientemente de éste, su aplicación debe tener como fin principal:

1. Tomar decisiones objetivamente.
2. Tener un historial de desempeño del trabajador o equipo humano.
3. Dejar saber al trabajador como se le juzga.
4. Establecer programas de mejora para incrementar la productividad.
5. Identificar las necesidades para el entrenamiento individual o colectivo en las áreas que requieran mayor atención.
6. Medir resultados y cualidades de los grupos de trabajo.

Estas razones básicas conllevan a facilitar:

1. Las recompensas, aumentos de salarios, promociones y premios.
2. La motivación.
3. El descubrimiento de áreas de mejora.
4. La disciplina, los despidos, las sanciones, las demociones y las condiciones estáticas en los puestos de trabajo.

De lo planteado anteriormente radica la importancia de la aplicación de un sistema de evaluación del desempeño.

CONCLUSIONES

- 1.- Una adecuada planificación para la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, puede lograr importantes ahorros de tiempo en el personal ejecutante y por consiguiente disminución en el tiempo de equipo parado, esto conlleva a que se cumpla con los objetivos esperados. Si se realiza una comparación de los tiempos de ejecución en el programa de mantenimiento preventivo; se establece que el total de las actividades de trabajo se realizaban en un tiempo de 25 horas, en tanto que con una adecuada planificación y programación de los trabajos, estos pueden realizarse en un tiempo de 22 horas, lo que significa un ahorro de tiempo de 3 horas de trabajo efectivo.
- 2.- El personal de mantenimiento tiene una baja productividad y rendimiento en cuanto a la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo desarrollados en el área de molinos de cemento, esto debido principalmente al tiempo de ocio asociado a la duración de los tiempos de ejecución, dicho tiempo se debe principalmente a la distancia que existe entre los almacenes y el área de trabajo, como a la falta de no contar con una unidad de transporte (almacén-movil) para el abastecimiento de los recursos.
- 3.- El establecimiento de un patrón definido de procedimientos y la comunicación de reglas básicas de ejecución entre los participantes de los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento (Departamentos de mantenimiento mecánico, eléctrico, instrumentación y obra civil) permite mejorar de una manera satisfactoria la disponibilidad de los recursos asignados.
- 4.- El desarrollo de estándares de ejecución, en cuanto al establecimiento de tiempos programados para las actividades de mantenimiento preventivo llevadas a cabo en el área de molinos de cemento a través de un estudio de tiempos y movimientos, permiten establecer de una manera óptima el recurso humano necesario para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.
- 5.- El área de molinos de cemento es la más crítica del proceso productivo, es por ello que se le debe prestar especial atención a las funciones de supervisión (planificación-programación, organización, dirección, control y evaluación), ya que implementadas y desarrolladas adecuadamente dentro del programa de mantenimiento preventivo, se logrará incrementar la eficiencia y eficacia del personal.

RECOMENDACIONES

- 1.- Capacitar a los supervisores de grupo en la utilización de algunas herramientas de programación, tales como: el Diagrama de Gantt y el Diagrama de Flechas; con el fin de lograr una mejor planificación, programación y control en la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- 2.- Con el objetivo de reducir los tiempos de ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, es necesario que se implemente una unidad de servicio (almacén-móvil) para el transporte de repuestos, materiales, herramientas y equipo al lugar de trabajo.
- 3.- Para obtener una mayor productividad y rendimiento en los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, se debe implementar un método para la evaluación del desempeño, lo cual conlleva a establecer sistemas de incentivos y reconocimientos a las personas que son merecedoras, con lo que aumenta la motivación.
- 4.- Para poder monitoriar el programa de mantenimiento preventivo se deben utilizar indicadores del desempeño, los cuales deben convertirse en un lenguaje universal dentro de la planta.
- 5.- Para lograr un mayor rendimiento en la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo se deben desarrollar programas de capacitación continuos para el personal.
- 6.- Para cumplir satisfactoriamente y en forma general con los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo dentro del programa de mantenimiento industrial en el área de molinos de cemento, se deben tener grupos únicos de mecánicos dedicados exclusivamente a atender y realizar el mantenimiento preventivo mayor (mantenimiento de trituradoras, hornos, molinos y envasadoras) y considerar el traslado de grupos de mecánicos hacia el departamento producción que puedan atender y realizar en forma inmediata el mantenimiento correctivo menor (limpiar, ajustar, reparar, y cambiar todos aquellos componentes físicos de la maquinaria y equipo de la planta).
- 7.- Integrar un grupo de planificadores, con el objetivo de atender exclusivamente la planificación de los trabajos de mantenimiento del día a día y eventos mayores, y que éstos puedan ejecutarse con mayor eficiencia y calidad, dependiendo de las prioridades asignadas y de la disponibilidad de los recursos.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Biblioteca Central

8.- Atendiendo los objetivos fundamentales de minimizar las pérdidas de tiempo de los trabajadores durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo y brindar un mejor servicio al abastecimiento de repuestos (materiales) de alta rotación y bajo costo sin control, se recomienda que los mismos sean colocados en puntos estratégicos de trabajo; asimismo, es importante el equipamiento de los mecánicos con una caja de herramienta personal.

BIBLIOGRAFIA

- 1) HEINTZELMAN, John E. Manual de la administración del mantenimiento. U.S.A.: Edit. Lineal Publishing Company 1987. 589 pp.
- 2) DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La administración en el mantenimiento. México: Edit. Continental S.A. 1,973. 175 pp.
- 3) MEZA YELA, Ramón. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la industria de fibrocemento. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1,980. 130 pp.
- 4) ORELLANA LOPEZ, Erick Estuardo. Desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para una línea de embotellado. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1,992. 85 pp.
- 5) SEVILLA PARADA, Jaime Leonel. Estudio de optimización de los métodos de corte y siembra de semilla de caña en el Ingenio Concepción Departamento de Escuintla. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1,995. 120 pp. Pág. 53.

ANEXOS

PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

- **Misión:**

La misión de todo programa de seguridad e higiene industrial se basa fundamentalmente en prevenir riesgos, evitar accidentes, proteger a los trabajadores y velar por un ambiente adecuado de trabajo. Todo programa formal de seguridad e higiene industrial debe tener objetivos, políticas (lineamientos a seguir), procedimientos de ejecución y evaluación (medición de resultados).

- **Objetivos específicos:**

1. Implementar procedimientos, planes y programas de inspección con el fin de controlar las condiciones de trabajo propias de cada área.
2. Dictar la normas de seguridad e higiene industrial (reglamento de seguridad e higiene industrial en el trabajo), que tengan como objetivo común, proteger la vida, salud e integridad física del trabajador, así como la correcta operación y mantenimiento de las instalaciones de la fábrica.
3. Eliminar los peligros en las áreas de trabajo, utilizando primero las revisiones y medidas de ingeniería, dejando como último recurso la utilización de protecciones y dispositivos de seguridad.
4. Reducir los costos directos e indirectos ocasionados por los accidentes de trabajo.
5. Desarrollar programas continuos de capacitación.

- **Importancia y beneficio**

La importancia y beneficio de un programa de seguridad e higiene industrial radica fundamentalmente en tener una "Planta Segura", conllevando con esto a obtener una mayor productividad en los procesos, minimizar los costo asociados y por ende elevar la moral y motivación en el trabajador.

El éxito del programa dependerá del apoyo que se obtenga de la gerencia, por lo que es de suma importancia considerar y hacer mención que la seguridad no debe ser impuesta en la organización de la planta, sino que debe ser incorporada en cada proceso, en cada diseño de producto y en cada operación que se realiza en la planta. Es necesario crear conciencia de seguridad en el trabajador.

La importancia de un programa de seguridad e higiene industrial en toda empresa esta ligado a obtener los siguientes beneficios:

a) Para el trabajador:

El trabajador obtiene únicamente los beneficios de la ejecución general del programa, en cuanto a:

- Un ambiente de trabajo sano y seguro: el elemento más importante de una empresa es el recurso humano; de acuerdo en las condiciones en que trabajen se tendrá una mayor o menor productividad en el rendimiento de las actividades.

b) Para la empresa:

La empresa obtiene beneficios importantes de la inversión en Seguridad e Higiene Industrial, que se verá retribuida de diferentes formas, entre las cuales se pueden mencionar:

- Cumplir con la ley.
- Imagen empresarial.
- Reducción de costos asociados (costos asegurados y no asegurados: seguros, fianzas, etc.).
- Moral del trabajador aumenta.

• **Implementación**

Para la implementación de los programas de seguridad e higiene industrial se siguen diversos estilos. Algunos son muy simplistas. Muchos otros necesitan estrategias comerciales y de ingeniería para cumplir sus objetivos; es por lo tanto importante que el programa sea asociado tan efectiva y continuamente como resulte posible, con el deseo de la gerencia para controlar los riesgos en sus operaciones. No obstante, existen conceptos de programación que son comunes a todos los programas, a continuación se detallan una serie de pasos sencillos que se pueden seguir para la implementación de un programa:

1. Redactar y anunciar la política de seguridad de la empresa por medio de un manual o reglamento de normas de seguridad en el trabajo.
2. Establecer el Comité de Seguridad Industrial con representación de todas las disciplinas de la planta.
3. Diseñar las inspecciones y los respectivos reportes.
4. Definir las rutas de inspección.
5. Analizar los informes operativos relacionados con las lesiones, daños a las instalaciones y a las enfermedades ocupacionales en el trabajo.
6. Evaluar la amplitud y seriedad de los riesgos operativos.
7. Seleccionar, organizar y planear los métodos de comunicación para el programa.

8. Establecer un calendario de revisiones periódicas para auditar el programa y sus medios de aplicación.
9. Determinar las metas de largo alcance y de corto plazo del programa.
10. Programar reuniones periódicas del comité para definir las políticas y evaluar resultados.

Para poder implementar un programa eficaz de seguridad e higiene industrial toda la organización debe participar. A continuación se menciona una lista de personas que pueden ser integrantes del comité de seguridad e higiene industrial, aunque no debe ser considerada como un patrón rígido de referencia, ya que ésto dependerá del tamaño de la organización y de las necesidades de la misma en materia de seguridad:

1. **Gerentes y subgerentes:** son responsables de mantener el interés en la seguridad a los superintendentes y al resto de la organización. Son los facilitadores de la seguridad industrial.
2. **Superintendentes:** por su nivel de autoridad y responsabilidad el éxito del programa dependerá del apoyo que le den los superintendentes de cada departamento.
3. **Supervisores y jefes de sección:** por el contacto constante con los empleados, es el hombre clave para difundir y crear interés en el programa de seguridad.
4. **Asesores externos:** son los responsables de asesorar y colaborar en la administración de la política de seguridad garantizando la continuidad del programa.
5. **Coordinador de seguridad:** es el responsable directo de ejecutar todas aquellas funciones y actividades inherentes encaminadas a garantizar el éxito en el desarrollo del programa.
6. **Trabajadores:** es importante que participen pues son los que conocen y están más expuestos a los riesgos de trabajo.

La seguridad no es responsabilidad única del Departamento de Seguridad e Higiene Industrial, de Gerencia, o de Recursos Humanos; sino que es responsabilidad de todos, para ésto se requiere la colaboración de todos en el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene que se especifiquen.

• **¿ Qué abarca ?**

Todo programa de seguridad e higiene industrial abarca una serie de recursos entre los cuales podemos mencionar:

a) Recurso humano

- **A todo el personal de la planta:** es de suma importancia la participación de todo el personal de la planta, pues al ser el activo más valioso de la empresa, son la razón de ser de un programa de seguridad e higiene industrial. Debe inculcarse al personal conciencia y responsabilidad respecto de la Seguridad, el respeto a los procedimientos que se adopten, y el interés hacia el tema.

considerando que es necesaria la adopción de medidas de seguridad e higiene en el trabajo que protejan la vida, la salud e integridad física de los trabajadores. Lo cual dará como resultado una planta más segura y con un buen ambiente de trabajo.

b) Recursos físicos

- **Instalaciones:** es de suma importancia considerar la correcta operación y mantenimiento de las instalaciones de la fábrica.

- **Económicos:** es muy importante la disposición de la empresa para la ejecución de todo programa, pues de los recursos disponibles dependerán los resultados del mismo.

- **Tiempo:** el programa de seguridad debe ser de aplicación inmediata y debe dársele un seguimiento indefinido para poder observar resultados satisfactorios. Este puede evaluarse periódicamente, con el fin de comparar los resultados con las estadísticas anteriores, a fin de retroalimentar la ejecución y el logro de los objetivos establecidos.

- **Equipo:** es indispensable contar con un almacén, que albergue todo el equipo de protección personal necesario, además de la cantidad adecuada, para que se disponga de éste en todo momento.

c) Recursos técnicos (concientización y capacitación)

Es de vital importancia requerir la intervención de personas especializadas en la exposición de temas en materia de seguridad e higiene industrial con el fin de capacitar al personal.

• Actividades del programa

1. Seleccionar al personal mediante la aplicación de exámenes integrales: médico, psicológico, conocimientos, aptitudes.
2. Acondicionar los locales, de acuerdo con las normas de seguridad e higiene industrial.
3. Realizar conferencias, proyectar películas, etc., para grupos de trabajadores expuestos a riesgos similares.
4. Sostener pláticas formales, directas e individuales con los trabajadores.
5. Capacitar y adiestrar a los trabajadores en el trabajo que desempeñan, los riesgos a que se exponen y la manera de evitarlos. La capacitación y adiestramiento debe incluir instrucciones sobre el manejo del equipo de protección personal.
6. Practicar con periodicidad exámenes médicos al personal.
7. Dotar a los trabajadores de equipo de seguridad personal y vigilar su uso adecuado durante la exposición al riesgo.
8. Resolver sobre las sugerencias relativas a la seguridad.
9. Organizar concursos y establecer sistemas de estímulos y distinciones individuales y colectivas.

10. Instalar carteles y propaganda mural referentes a la seguridad.
11. Elaborar estadísticas sobre riesgos ocurridos y derivar de ellas las medidas correctas adoptables para evitar su repetición.
12. Enterar a los trabajadores sobre dichas estadísticas y las medidas adoptables.

• **Organismos**

Existen organismos nacionales e internacionales que determinan las formas en que se apliquen las disposiciones legales en materia de seguridad para las empresas, dichas disposiciones se basan principalmente en conservar y mejorar la salud de los trabajadores, evitando riesgos ocupacionales en el ambiente de trabajo. Entre estos organismos podemos mencionar:

1.- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (I.G.S.S.): dicta las normas de seguridad e higiene industrial que tengan como objeto común, proteger la vida, salud e integridad física del trabajador, así como la correcta operación y mantenimiento de las instalaciones de la fábrica, con base a los artículos 63 y 77 del Código de Trabajo, Reglamento Sobre protección Relativa a Accidentes en General (Acuerdo No.1002 de la junta directiva del I.G.S.S.) y Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo.

2.- OSHA (Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional)

La aprobación en 1970 de la ley legislativa federal internacional (OSHA), al exigir informes acerca de la seguridad, e imponer su cumplimiento por parte prácticamente de todos los patronos, ha venido a constituir un ímpetu de importancia para iniciar los programas de seguridad.

Esta ley considera que los elementos más esenciales que deben formar parte de todo programa de seguridad integral son:

- La formulación de técnicas de trabajo que limiten el riesgo.
- La formación de personal supervisor.
- La formación de los trabajadores para el desempeño de sus tareas.
- El análisis de la seguridad del trabajo.
- La ingeniería de los factores humanos.

El verdadero objetivo primordial de la ley es lograr un mayor nivel de seguridad y salud en el trabajo. Su propósito es "garantizar" en la medida de lo posible, condiciones de trabajo seguras a todo hombre o mujer trabajador del país, y preservar los recursos humanos nacionales.

INDICADORES DEL DESEMPEÑO DEL PROCESO

Es de suma importancia hacer mención que, además de contar con un método de evaluación para el desempeño de los trabajadores de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento, se deben desarrollar "indicadores del desempeño". Los indicadores sirven básicamente para monitorear, controlar y evaluar el desempeño de un proceso y deben ser de lenguaje universal. Dichos indicadores deben cumplir para su formulación y desarrollo con los siguientes requisitos:

- a) fácil de medir,
- b) complementarios,
- c) pocos.

Entre estos indicadores claves para el desempeño del proceso se pueden considerar:

1.- **Utilización:** se define como la razón de dividir el tiempo real operado de una máquina (horómetro) entre el tiempo real requerido para operar. El tiempo requerido es aquel que representa lo que se hubiese deseado que la máquina estuviera operando, es decir, no se deben de excluir las paradas voluntarias, los mantenimientos preventivos, etc.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tiempo real operado (Horas de operación)}}{\text{Tiempo real requerido para operar (Horas requeridas)}}$$

2.- **Eficiencia:** se define como el rendimiento productivo de un equipo, expresado como un porcentaje con respecto a la capacidad especificada por el fabricante o por alguna práctica histórica aceptada.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Unidades de producción por tiempo reales}}{\text{Unidades de producción por tiempo nominales o de diseño}}$$

3.- **Fiabilidad (tiempo medio entre fallas):** es el tiempo promedio que tarda un equipo sin parar, no incluyendo paradas voluntarias, mantenimiento preventivo, etc.

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Horas reales esperadas}}{\text{No. de paradas no voluntarias}}$$

4.- Porcentaje (%) de mantenimiento correctivo: es la porción del costo total de mantenimiento que fue correctivo, el cual se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje (\%) de mantenimiento correctivo} = \frac{\text{Costo del mantenimiento correctivo}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$$

5.- Porcentaje (%) de cumplimiento del programa: Este indicador en forma particular, puede ser utilizado para eventos de mantenimiento preventivo (mantenimientos de molinos de cemento, mantenimientos de molinos de harina cruda, mantenimientos de hornos, mantenimientos de trituradoras, etc.), en éste se pueden considerar los siguientes dos casos:

- Caso 1: involucra a las órdenes de trabajo cumplidas en relación con las órdenes de trabajo emitidas.

$$\text{Porcentaje (\%) de cumplimiento del programa} = \frac{\text{Órdenes de trabajo cumplidas}}{\text{Órdenes de trabajo emitidas}}$$

- Caso 2: involucra las horas reales en relación a las horas programadas de mantenimiento preventivo.

$$\text{Porcentaje (\%) de cumplimiento del programa} = \frac{\text{Horas reales}}{\text{Horas programadas}}$$

6.- Bitácora de pendientes: es importante considerar este índice para evaluar el estado del programa de mantenimiento preventivo. En este se pueden considerar los siguientes dos casos:

- Caso 1: involucra el número de órdenes de trabajo que se encuentran pendientes por prioridad en relación a las horas disponibles en que se pueden realizar los trabajos de mantenimiento.

$$\text{Bitácora de pendientes} = \frac{\text{No. de órdenes de trabajo pend. por prioridad}}{\text{Horas disponibles a la semana}}$$

- Caso 2: involucra las horas pendientes por prioridad en relación a las horas disponibles en que se pueden realizar los trabajos de mantenimiento.

$$\text{Bitácora de pendientes} = \frac{\text{Horas pendientes por prioridad}}{\text{Horas disponibles a la semana}}$$

7.- **Porcentaje (%) de compras de emergencia:** este índice particularmente debe ser llevado en el almacén de repuestos y materiales, indica la calidad de planificación del mantenimiento.

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ compras de emergencia} = \frac{(\# \text{ de items de emergencia}) + (\# \text{ de items de urgencia})}{(\# \text{ de items totales})}$$

En conclusión, estos indicadores del desempeño deben proporcionar a todos los involucrados un claro reflejo del estado de un proceso en particular.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

MÉTODO DEL VALOR PRESENTE APLICADO A LA COMPRA DE CAJAS DE HERRAMIENTAS

La aplicación del método de valor presente a la evaluación de la compra de herramientas para los mecánicos trabajadores, radica simplemente en transformar los ahorros y gastos futuros a un valor monetario actual, utilizando una tasa de interés de oportunidad vigente. Es decir, traducir los flujos de efectivo futuros a quetzales de hoy.

Para el desarrollo del presente método se tomó en consideración que los trabajos de mantenimiento preventivo en el área de molinos de cemento se llevan a cabo cada 1,500 horas (aproximadamente 63 días de operación) siendo la duración de la parada para la ejecución de los trabajos de 36 horas seguidas. Que en un año, el número de paradas para la línea común de premolienda y las dos líneas de molienda es de seis veces para cada una, obteniendo un acumulativo total de 648 horas de parada durante el año (72 días de mantenimiento preventivo).

A continuación en el ejemplo siguiente se especifican todos los datos aplicables para el desarrollo de las opciones de evaluación, haciendo énfasis principalmente en los costos de tiempo perdido de mano de obra por los mecánicos trabajadores en buscar herramientas, se asume que el costo de la caja de herramientas es de Q 1,500.00:

CLASIFICACIÓN DE LAS OPCIONES	NÚMERO DE PERSONAS	MONTO DE LA INVERSIÓN INICIAL	TIEMPO PERDIDO (hrs)	COSTO DE MANO DE OBRA POR HORA PERDIDO	COSTO TOTAL DIARIO DE MANO DE OBRA PERDIDO	COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA PERDIDO (AHORRO)	VALOR DE RESCATE A (20% DE DEPRECIACIÓN ANUAL EN 5 AÑOS)
1. Mecánicos A	16	Q 24,000.00	1.00	Q 4.81	Q 76.96	Q 5,541.12	Q 7,594.31
2. Mecánicos B	21	Q 31,500.00	1.00	Q 3.18	Q 66.78	Q 4,808.16	Q 9,967.54
3. Mecánicos C	13	Q 19,500.00	1.00	Q 2.39	Q 31.07	Q 2,237.04	Q 6,170.38

Evaluación de las opciones:

$$VP_1 = 24,000.00 - \underset{25\%-5}{5,541.12 \times Uspwf} - \underset{25\%-5}{7,594.31 \times Sppwf}$$

$$VP_1 = 24,000.00 - 14,901.62 - 2,488.50 = \mathbf{Q 6,609.88}$$

$$VP_2 = 31,500.00 - \underset{25\%-5}{4,808.16 \times Uspwf} - \underset{25\%-5}{9,967.54 \times Sppwf}$$

$$VP_2 = 31,500.00 - 12,930.48 - 3,266.16 = Q 15,303.36$$

$$VP_3 = 19,500.00 - 2,237.04 \times U_{spwf} - 6,170.38 \times S_{ppwf}$$

25%-5
25%-5

$$VP_3 = 19,500.00 - 6,016.02 - 2,021.91 = Q 11,462.07$$

Estos valores reflejan el monto de la inversión para las tres opciones evaluadas anteriormente, a una tasa de oportunidad del 25% (tasa de interés en la que se incurriía al hacer un determinado préstamo) y una vida útil de la herramienta de 5 años.

Para el cálculo de los factores U_{spwf} (factor serie uniforme - valor actual) y S_{ppwf} (factor pago simple - valor actual) se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$1.- \quad P = R \frac{(1+i)^n - 1}{i} = R \times \frac{U_{spwf}}{i - n}$$

$$2.- \quad P = F \frac{1}{(1+i)^n} = F \times \frac{S_{ppwf}}{i - n}$$

donde:

P = cantidad actual.

R = cantidad de serie uniforme.

F = cantidad futura.

i = interés.

n = tiempo.

Resumen General:

CLASIFICACIÓN DE LAS OPCIONES	MONTO DE LA INVERSIÓN	VALOR PRESENTE	RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN
1.- Mecánicos A	Q 24,000.00	Q 6,609.88	11 meses
2.- Mecánicos B	Q 31,500.00	Q 15,303.36	4 meses
3.- Mecánicos C	Q 19,500.00	Q 11,462.07	3 meses

Para el cálculo del tiempo en la recuperación de la inversión se utilizó la siguiente fórmula económica:

$$n = \frac{(S/P) - 1}{i}$$

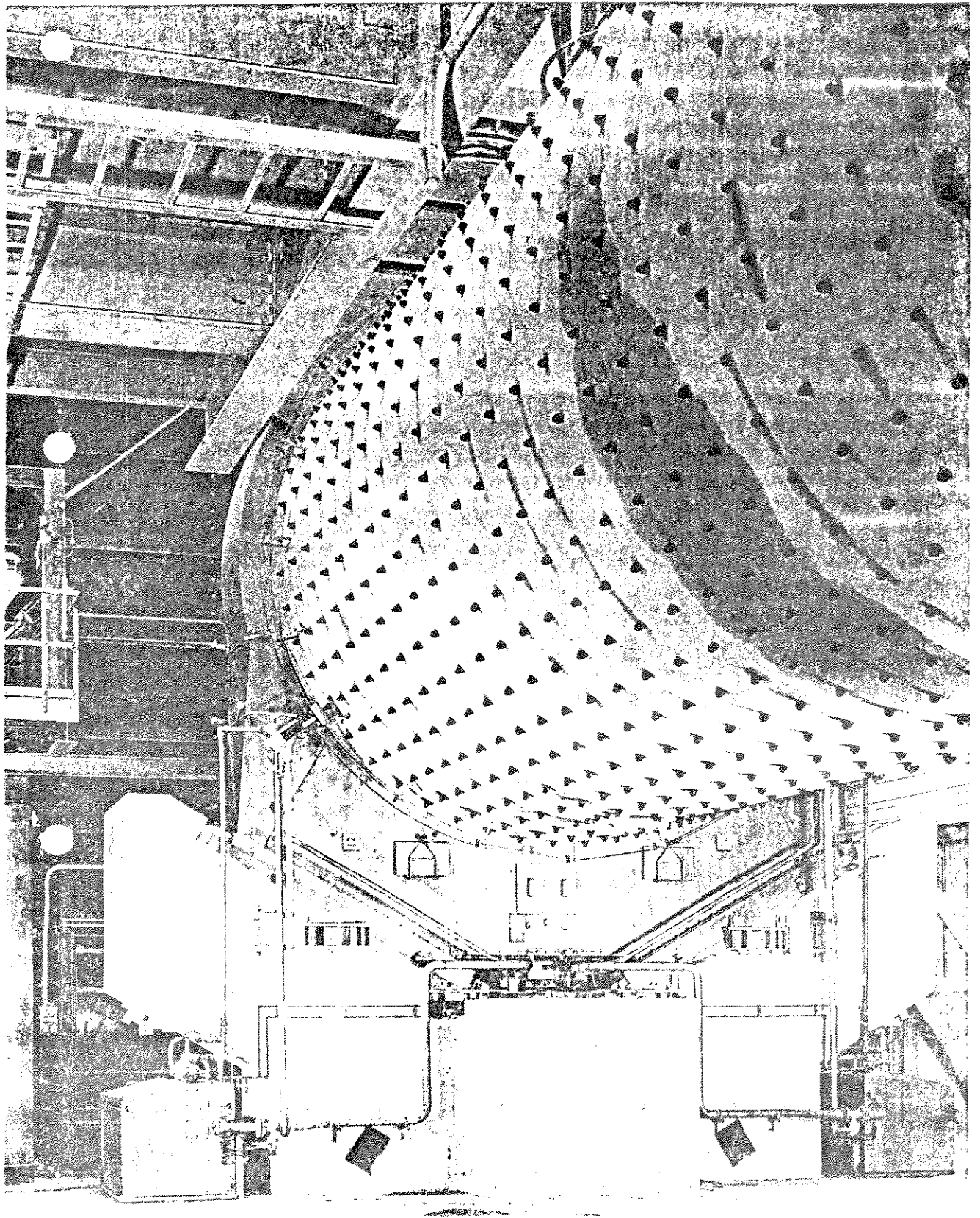
donde:

S = monto de la inversión.

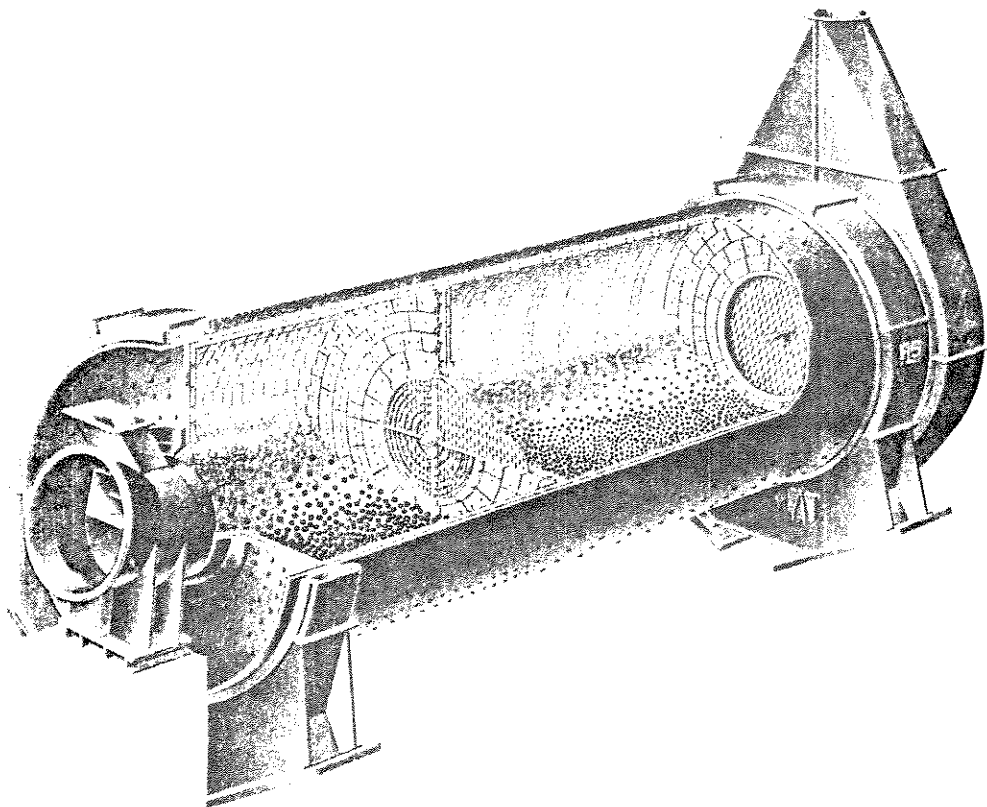
P = cantidad presente.

n = tiempo.

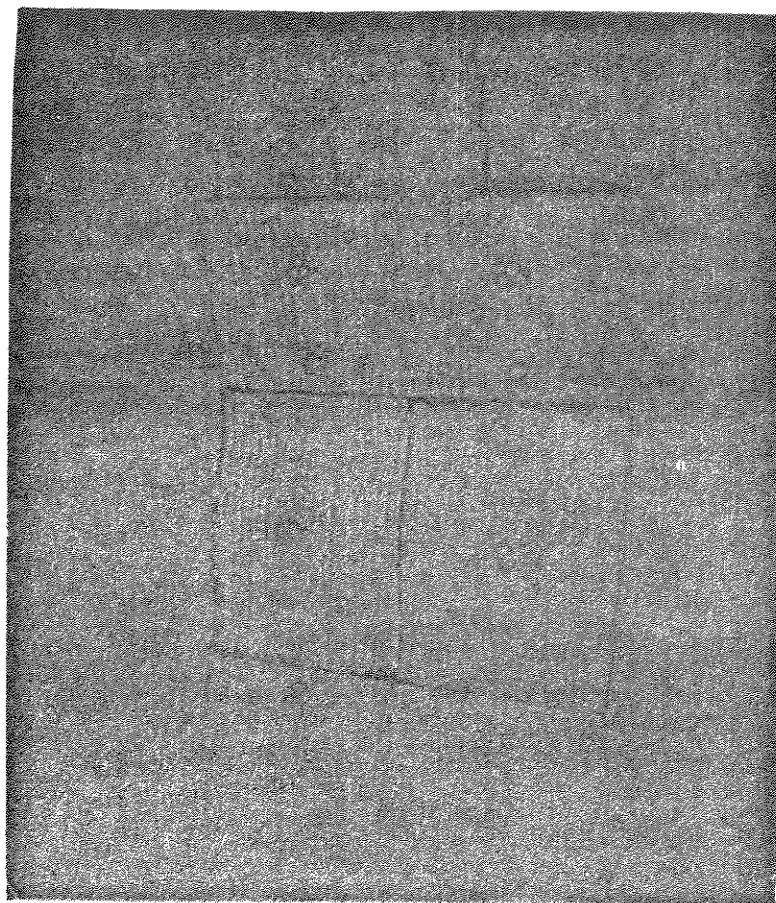
i = interés.



Fotografía 1. Molino utilizado para la molienda de cemento.



Fotografía 2. Interior de un molino utilizado para la molienda de cemento.



Fotografía 3. Corazas internas de un molino utilizado para la molienda de cemento.

APENDICE No. 1

TABLAS DE CALIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN

Destreza o habilidad			Esfuerzo o empeño		
0.15	0.13	excelente extrema	0.13	0.12	excelente excesivo
0.11	0.08	excelente	0.10	0.08	excelente
0.06	0.03	buenas	0.05	0.02	bueno
0.00	0.00	regular	0.00	0.00	regular
-0.05	-0.10	aceptable	-0.04	-0.08	aceptable
-0.16	-0.22	deficiente	-0.12	-0.17	deficiente

Condiciones		Consistencia	
0.06	ideales	0.04	perfecta
0.04	excelentes	0.03	excelente
0.02	buenas	0.01	buenas
0.00	regulares	0.00	regular
-0.03	aceptables	-0.02	aceptable
-0.07	deficientes	-0.04	deficiente

Tabla No.2 Tablas de puntuación del método Wenstinghouse.

APENDICE No.2

VALORES DE LA FUNCIÓN TÍPICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

Z	PROBABILIDAD	Z	PROBABILIDAD
0.0	0.5000	-3.0	0.0013
0.1	0.5398	-2.9	0.0019
0.2	0.5793	-2.8	0.0026
0.3	0.6179	-2.7	0.0035
0.4	0.6554	-2.6	0.0047
0.5	0.6915	-2.5	0.0062
0.6	0.7257	-2.4	0.0082
0.7	0.7580	-2.3	0.0107
0.8	0.7881	-2.2	0.0139
0.9	0.8159	-2.1	0.0179
1.0	0.8413	-2.0	0.0228
1.1	0.8643	-1.9	0.0287
1.2	0.8849	-1.8	0.0359
1.3	0.9032	-1.7	0.0446
1.4	0.9192	-1.6	0.0548
1.5	0.9332	-1.5	0.0668
1.6	0.9452	-1.4	0.0808
1.7	0.9454	-1.3	0.0968
1.8	0.9641	-1.2	0.1151
1.9	0.9713	-1.1	0.1357
2.0	0.9772	-1.0	0.1587
2.1	0.9821	-0.9	0.1841
2.2	0.9861	-0.8	0.2119
2.3	0.9893	-0.7	0.2420
2.4	0.9918	-0.6	0.2743
2.5	0.9938	-0.5	0.3085
2.6	0.9953	-0.4	0.3446
2.7	0.9965	-0.3	0.3821
2.8	0.9974	-0.2	0.4207
2.9	0.9981	-0.1	0.4602
3.0	0.9987	0.0	0.5000

Tabla No.3 Valores típicos de la distribución normal.