



300617 //
2021 MAR 23 10:21 AM
UNIVERSIDAD LA SALLE, A.C.

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA OPERATIVO DE
UN DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTA”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA
MECANICA

P R E S E N T A N :
CLAUDIA LETICIA MENDOZA NIEVA
HECTOR VALDES VACA

ASESOR DE TESIS :
M. I. RAUL MORALES FARFAN

MEXICO. D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD LA SALLE

Faint, illegible text, possibly a stamp or header information.

ÍNDICE.

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA PLANTA	4
1. Antecedentes.	5
2. Importancia de la Ingeniería de Planta	5
3. La Ingeniería en la Industria	8
4. Objetivos y Alcance	9
5. Organización	15
CAPÍTULO II. MANTENIMIENTO	35
1. Tipos de Mantenimiento	37
2. Programa de Mantenimiento Preventivo	47
3. Controles de Mantenimiento	55
4. Taller de Mantenimiento	68
5. Personal de Mantenimiento	71
6. Descripción General del Mantenimiento	73
7. Presupuestos de Mantenimiento	93
CAPÍTULO III. PROYECTOS	100
1. Definición, Características y Clasificación de los Proyectos	101
2. Metodología y Etapas de un Proyecto	105
3. Administración y Control de Proyectos	116
4. Descripción y Aplicación de Herramientas Económicas	123
5. Reemplazo de Equipo	131

CAPÍTULO IV. SEGURIDAD INDUSTRIAL	135
1. Objetivos	137
2. Accidente	140
3. Higiene en el Trabajo	143
4. Comisión Mixta de Seguridad e Higiene	159
5. Aspectos Legales de la Seguridad en México	163
6. Seguridad Contra Incendios	165
7. Condiciones Inseguras más Frecuentes	178
8. Procedimientos para Emergencias	181
9. Mantenimiento y Seguridad	185
10. Protección de la Planta	187
11. Compañías de Seguros	189
12. Presupuesto de Seguridad	194
CAPÍTULO V. CASO PRÁCTICO	196
1. Planteamiento del Caso	197
2. Descripción de la Planta	201
3. Estrategia a Seguir para la Solución del Problema	204
4. Seguridad	206
5. Mantenimiento	207
6. Proyectos	210
CONCLUSIONES	228
BIBLIOGRAFÍA	231

ÍNDICE DE FIGURAS.

<u>Figura</u>	<u>Pág.</u>
1. El Departamento de Ingeniería de la Planta en la estructura de la Empresa	19
2. Organigrama del Departamento de Ingeniería de la Planta	21
3. Tecnologías para la detección de defectos (mantenimiento predictivo)	43
4. Formas totales de programación (mantenimiento preventivo)	54
5. Orden de Trabajo de mantenimiento	58
6. Registro de Trabajo (reverso de la OT)	59
7. Revisión de equipo "Check List"	62
8. Servicio preventivo mensual	63
9. Forma de control de tiempo	65
10. Registro de mantenimiento por equipo	67
11. Compresor recíproco de aire	77
12. Diagrama de caldera	78
13. Secuencia para el engrasado y lubricado del equipo	81
14. Motor eléctrico de 200 HP para intemperie	83
15. Transformador de gran capacidad en una planta nucleoelectrónica	84
16. Válvulas	88
17. Presupuesto anual de mantenimiento	99
18. Método de la ruta crítica (diagrama de redes)	119
19. Diagrama de barras o de Gantt	122
20. Costo de los accidentes	140
21. Fuentes de riesgo	142
22a Reporte de daños a la propiedad (anverso)	144
22b Reporte de daños a la propiedad (reverso)	145
23a Reporte de accidente (anverso)	146
23b Reporte de accidente (reverso)	147
24. Ruido permisible	152
25. Niveles de ruido	153
26. Triángulo del fuego	166
27. Utilización de los agentes extintores	174
28. Presupuesto de seguridad	195
29. Layout de la planta	202
30a Permiso de corte y soldadura (anverso)	208
30b Permiso de corte y soldadura (reverso)	209
31. Orden de trabajo, mantenimiento preventivo de compresor	211
32. Orden de trabajo, reubicación de equipo	212
33. Plano de distribución propuesta de hidrantes	217
34. Dibujo isométrico de la red de hidrantes	219

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

Actualmente el concepto de "Ingeniería de Planta" es aplicado en México exclusivamente en las grandes empresas que manejan capitales importantes, cuentan con cientos de trabajadores, estructuras corporativas complicadas y equipos de técnicos, ingenieros y asesores especializados en funciones muy específicas. Bajo estos esquemas, se puede encontrar que en algunas de estas grandes industrias el departamento de Ingeniería de Planta tiene el nivel de "Gerencia" y en otros "Superintendencia"; es decir, se le confiere la misma importancia que a las áreas de producción, ventas, finanzas, contabilidad o administración.

Se podrá entender porqué se le da tal importancia a la Ingeniería de Planta cuando se analice, durante el desarrollo de esta tesis, las distintas funciones que se le asignan y el valor que tales funciones tienen para la productividad de la organización.

Ahora bien, si el concepto "Ingeniería de Planta" es productivo para las grandes industrias, la hipótesis que se plantea es que la implementación de este concepto en las pequeñas y medianas empresas no solo es factible, sino también redituable, si el empresario tiene a su alcance de una manera condensada todos los elementos mínimos necesarios para implantar y operar las actividades relacionadas con la "Ingeniería de Planta", sin requerir de una fuerte inversión de recursos financieros y/o humanos.

Así pues, la finalidad de esta tesis es presentar los diferentes parámetros y técnicas que se deben considerar en un departamento de Ingeniería de Planta para que de esta manera pueda servir de guía a las pequeñas y medianas empresas que carecen todavía del concepto "Ingeniería de Planta", y donde trabajan de manera aislada las diferentes actividades que este concepto involucra, tales como mantenimiento, elaboración de proyectos menores y seguridad

industrial, de tal forma que cuenten con mecanismos eficientes y homogéneos de organización y control para estas actividades.

Se puede citar como ejemplo el caso de mantenimiento, que muchos industriales consideran como un "mal necesario", delegando esta responsabilidad a los operadores de producción para que efectúen las reparaciones al equipo instalado, conforme se vayan presentando los problemas. Sin embargo, la principal (o única) preocupación de estas personas, es que el equipo continúe produciendo, sacrificando la calidad del trabajo de mantenimiento, y por ende, corriendo el riesgo de modificar el diseño original de la máquina, acortando la vida útil del equipo y eliminando los márgenes de seguridad que el fabricante consideró conforme a normas de ingeniería para su diseño y construcción.

En relación a proyectos, en ocasiones no se cuenta con un plan de inversiones definido que permita planear a corto, mediano y largo plazo la instalación de equipo nuevo, ampliaciones de planta y/o modificaciones a los procesos de producción, por lo que se suele incurrir en una mala toma de decisiones y por consecuencia gastos mal planeados e innecesarios.

Asimismo es importante tener presente dentro de las empresas, sobre todo en las pequeñas que es donde más frecuentemente se pasa por alto, el aspecto de seguridad industrial como parte del resguardo de los elementos humanos y materiales que integran a la empresa.

La manera en que se estructura el presente trabajo es la siguiente:

En el primer capítulo se habla de las generalidades, dando una visión global de las diferentes funciones que se le asignan al departamento de Ingeniería de Planta, exponiendo algunos ejemplos de estructuras organizacionales y sistemas administrativos y destacando la importancia que este departamento tiene para la empresa.

En el capítulo dos se tocará el aspecto de mantenimiento, exponiendo los tipos de mantenimiento que existen, estudiando sus ventajas y alcances, resaltando la importancia del mantenimiento preventivo como función primordial del departamento de Ingeniería de Planta. Se destacará la utilidad de manejar sistemas de control y registro que son básicos para un departamento de mantenimiento, proponiendo algunos formatos para esta tarea. Por otro lado, se enlistarán los requerimientos de recursos humanos, herramientas y materiales que se requieren para conformar y operar un departamento de mantenimiento.

En el tema tres, se definirá el aspecto de "Proyectos" como parte integrante de la ingeniería de la planta y se explicará la estrecha relación que tiene con el mantenimiento. Se propondrá el método para realizar un proyecto, desde una adecuada detección de necesidades, análisis económicos y evaluación de reemplazo de equipo basándose en los registros y controles de mantenimiento, hasta la conclusión y evaluación del proyecto.

En el capítulo cuatro se expondrá el tema de seguridad industrial que en todas las empresas va muy ligado con el mantenimiento. Se estudiarán los actos y condiciones inseguras así como su manera de prevenirlos, abarcando aspectos legales para conformar la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene, implementación de sistemas de protección contra incendio, procedimientos para emergencias y la importancia de contratar pólizas de seguros para la empresa.

Finalmente se desarrollará en el capítulo cinco un caso práctico en donde se aplicará para una situación realista algunos de los conceptos y técnicas estudiadas a lo largo de este trabajo con el objeto de ejemplificar de una manera concreta la utilidad e importancia de la "Ingeniería de Planta", con la estrecha relación que deben tener mantenimiento, seguridad y proyectos para obtener resultados eficaces.

**CAPÍTULO I.
EL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA DE PLANTA.**

CAPÍTULO I.

EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PLANTA.

1. Antecedentes.

Si se busca una definición de "Ingeniería de Planta" en los libros de texto, se descubrirá que no existe tal definición. En realidad se trata de un concepto desarrollado en campo por las industrias grandes, como una respuesta a la problemática que surge del enorme crecimiento de las plantas productivas, donde cada departamento se maneja como una entidad independiente al resto de la planta, con funciones y objetivos sumamente específicos, ocasionando interferencias con otras áreas, conflictos de intereses entre un departamento y otro, como si se tratara de empresas distintas en competencia.

En esquemas así de complejos y disgregados, resulta muy difícil la planeación y ejecución de trabajos de mantenimiento, seguridad y proyectos entre otros, por lo que los directivos de estas grandes corporaciones se ven en la necesidad de crear un departamento que integre dichas funciones, confiriéndole al responsable de este departamento la jerarquía suficiente para que sus decisiones sean respetadas por otros departamentos como es el de producción, que normalmente es al que mayor importancia se le da por ser el único en el que se ve de una forma tangible o directa las ganancias que reporta a la empresa.

2. Importancia de la Ingeniería de Planta.

Se puede pensar en el caso de una empresa mediana donde el dueño ha nombrado como suprema autoridad de su negocio a un "Gerente de Planta", al que le reportan un superintendente de producción, un supervisor de mantenimiento

y un supervisor de proyectos. El dueño de la planta cierra un importante contrato de ventas que para satisfacerlo requiere ampliar la capacidad de sus líneas de producción, así que el Gerente pide al superintendente de producción trabajar tres turnos, al máximo de capacidad, con la línea de producción "A", al supervisor de mantenimiento le solicita reparar ciertas máquinas de la línea de producción "B" que por una u otra causa se habían postergado, estando totalmente inhabilitada en ese momento, y da instrucciones al supervisor de proyectos de que (a marchas forzadas) instale más equipos para incrementar la capacidad de producción. Una vez dejadas las instrucciones, el Gerente se va de viaje al extranjero con el dueño para concluir las negociaciones del contrato.

El supervisor de proyectos necesita información de Producción relativa a tiempos, capacidades, etc., y asesoría de Mantenimiento para evaluar el equipo usado que van a adquirir, además de ayuda para su instalación y apoyo de Producción para las pruebas en caliente. Sin embargo ni Producción ni Mantenimiento están dispuestos a descuidar la "Tarea Prioritaria" que les encomendó el Gerente.

Por otro lado, la sobrecarga de trabajo en la línea de producción "A" y la falta de revisiones oportunas genera que comiencen a presentarse fallas cada vez más graves en los equipos, por lo que Producción solicita a Mantenimiento reparar urgentemente los desperfectos, petición que no es muy bien acogida por interferir con las prioridades de Mantenimiento dictadas por el Gerente. Sin embargo, tiene que acceder en virtud de que el Superintendente de Producción tiene mayor jerarquía que el Supervisor de Mantenimiento.

Finalmente, para cerrar este caótico cuadro, como consecuencia misma de las circunstancias en que se encuentra la planta, ocurre un accidente laboral que conlleva a que la autoridad entre a la planta a hacer una auditoría de la que resulta un oficio que obliga a la empresa a implementar nuevas medidas de seguridad y habilitar las ya existentes, por cierto muy descuidadas, todo dentro de un período de 30 días so pena de cancelar la licencia de funcionamiento.

Ahora supongase que esta empresa contaba con una estructura en la que al Gerente de Planta le reportaban superintendentes de Producción y de Ingeniería de Planta, teniendo este último a su cargo al Supervisor de Mantenimiento, Supervisor de Proyectos, y un Jefe de Seguridad (en un esquema similar a los organigramas mostrados más adelante en las figuras 1 y 2).

Una de las funciones básicas de Ingeniería de Planta es conservar en todo momento en óptimas condiciones de funcionamiento las instalaciones existentes, por lo que no cabe la posibilidad de que se hubiera descuidado a tal grado de quedar inhabilitados la línea de producción y los sistemas de seguridad.

Por otro lado, la función de "Proyectos" correctamente administrada bajo un Departamento de Ingeniería de Planta con el adecuado apoyo de las diversas áreas, habría identificado con la debida anticipación los cuellos de botella y podría haber implementado mecanismos eficientes para prever una sobre-demanda.

Inclusive durante la "emergencia de producción", la interacción interdepartamental que se desarrolla al existir el concepto "Ingeniería de Planta", permite la unificación en los criterios de prioridades y objetivos, pero sin descuidar otras áreas como seguridad y mantenimiento preventivo.

Así pues, se puede resumir la importancia del Departamento de Ingeniería de Planta en los siguientes aspectos:

- Unificación de criterios y definición clara de responsabilidades.
- Oportunidad en la detección y solución de necesidades.
- Simplificación en la administración y coordinación de los trabajos.
- Desarrollo de técnicos y profesionistas altamente calificados, con mentalidad de trabajo en equipo.
- Ahorro de recursos humanos, económicos y materiales.

3. La Ingeniería en la Industria.

Ahora bien, a este departamento se le llamó "Ingeniería de Planta" por las diferentes funciones que debe realizar. No se le llama simplemente "Mantenimiento" porque es un departamento que debe ir más allá de la inspección, lubricación, reparación y demás actividades de mantenimiento. Este departamento debe aplicar la Ingeniería como una herramienta de servicio para la productividad de la empresa.

Para darse cuenta de lo que implica el "aplicar Ingeniería" se analizarán las diferentes áreas que cubre la ingeniería dentro del contexto industrial. Charles E. Knight¹ divide las tareas de la ingeniería que se desarrollan en la industria de la siguiente manera:

- a) Ingeniería de Investigación. Encaminada al estudio de nuevos mecanismos y/o productos, pruebas de prototipos, etc.
- b) Ingeniería de Desarrollo. Muy ligada a la investigación, cubre la fase exploratoria del procesamiento de materiales para aplicar en la práctica los "nuevos inventos".
- c) Ingeniería de Diseño. Implica la transferencia de los nuevos procesos o nuevos desarrollos en planos completos, generando todas las especificaciones que deben utilizarse para la fabricación y construcción de equipo.
- d) Ingeniería Constructiva. Emplea estos planos y especificaciones para construir e instalar el equipo, los edificios y servicios necesarios.
- e) Ingeniería de Mantenimiento. Se refiere a los problemas cotidianos de

¹ L.C. Morrow, "Manual de Mantenimiento Industrial", Tomo I.

conservar la planta físicamente en buenas condiciones de operación.

Para completar el cuadro de funciones consideradas por Knight, en las que la Ingeniería tiene ingerencia, se pueden agregar las siguientes:

- 1) Ingeniería de Procesos o Manufactura, cuya tarea es la de programar la producción, administrar los recursos y operar los equipos, todo ello encaminado a la producción; y
- 2) La Ingeniería de Seguridad, que debe velar por la integridad física del personal e instalaciones, detectando situaciones de riesgo, implementando procedimientos y sistemas preventivos y vigilando que se cumplan las normas internas de seguridad.

Es indispensable que todas estas funciones de la ingeniería se interrelacionen, ya que todas ellas persiguen el mismo objetivo común de la empresa, además de que requieren apoyo unas de otras para cumplir sus tareas.

El departamento de Ingeniería de Planta se constituye pues como el área que conjuga de alguna manera casi todas las funciones de la ingeniería antes descritas. La excepción tradicional es la de Manufactura o Procesos que, de hecho, es recomendable que sea independiente. Por otro lado, varía de una planta a otra que tanto interviene este departamento en la investigación, desarrollo, diseño y seguridad, dependiendo del tipo de estructura que maneje, pero en cualquier caso, este departamento es un apoyo importante para estas funciones.

4. Objetivos y Alcance.

Del análisis realizado en el punto anterior, se desprenden los objetivos y alcances de un departamento de Ingeniería de Planta.

El primer objetivo de todo departamento de Ingeniería de Planta es el de garantizar a las demás áreas de la empresa la disponibilidad de la maquinaria, equipo, edificios y servicios, en óptimas condiciones de operación y conservación, para que desarrollen sus funciones con el máximo de eficiencia y oportunidad. Todo esto sin perder de vista el factor rentabilidad, es decir, lograr una tasa óptima de rendimiento sobre la inversión en recursos humanos, materiales y maquinaria.

De este objetivo fundamental, se desprende el alcance y funciones del departamento: Proporcionar los servicios técnicos de ingeniería requeridos para la operación segura y eficiente de la planta, abarcando el mantenimiento, producción y distribución de energía y numerosas fases de servicio de las operaciones de la planta.

El resto de las responsabilidades del departamento se derivan de estos principios, pudiendo variar de planta en planta, dependiendo del tamaño, experiencia, giro, etc. pudiendo en algunos casos ser independientes algunas funciones por la importancia que la Dirección de la empresa les confiere, creando un departamento separado que le reporte directamente. A continuación se procederá a exponer las funciones que normalmente se asignan, analizando el alcance y objetivo de cada una.

a) Funciones primarias:

Por funciones primarias se deberán entender aquellas que ineludiblemente deben de asignarse al departamento de Ingeniería de Planta, o por lo menos, hacer a este departamento un importante partícipe de la responsabilidad.

a.1. Mantenimiento del equipo existente en la planta.

Sus responsabilidades se pueden resumir de la siguiente manera: Realizar reparaciones rápidas y económicas, tratando incluso de anticiparse a la ocurrencia de la falla, es decir, tomando acciones preventivas. El principal

objetivo de esta función es minimizar el tiempo muerto de la maquinaria, y para ello se requiere contar con personal técnicamente calificado y llevar registros y controles para administrar adecuadamente los recursos y los tiempos de ejecución.

a.2. Mantenimiento de edificios y demás construcciones de la planta.

Es común que las tareas relacionadas con el llamado "mantenimiento de área civil" se subcontraten a empresas externas, sin embargo, es conveniente que también sea una labor controlada por el departamento de Ingeniería de Planta por la infraestructura y habilidades que este departamento desarrolla para la supervisión, control y programación de trabajos. El objetivo de esta función es conservar los edificios y demás instalaciones fijas en óptimas condiciones de funcionamiento y seguridad, además de contribuir a la proyección de una buena imagen empresarial y, porque no, colaborar para un ambiente de trabajo agradable para el personal. Entre las funciones relacionadas a este respecto se puede citar el servicio de limpieza, la pintura y resane de bardas, fachadas y otras estructuras interiores o exteriores, jardinería, bacheo y repavimentación de calles interiores, conservación de obras de drenaje y sanitarias, impermeabilización, etc.

a.3 Inspección y lubricación del equipo.

Existen dos corrientes respecto a quién debe realizar esta función. Una de ellas sostiene que lo más adecuado es que la realice el departamento de producción en virtud de que su personal está trabajando todo el tiempo estrechamente con la maquinaria, no requiriendo esfuerzos especiales para la inspección y lubricación. Esto es aplicable en aquellos casos en que la función de operar el equipo no absorbe el 100% del tiempo del operador o que la lubricación no sea especializada, pudiendo invertir el tiempo restante en inspeccionar y lubricar el equipo, siendo más económico que contratar otras personas para ello. La otra corriente señala que lo más indicado es que

la inspección y lubricación sean totalmente independientes del departamento de producción, con el propósito de lograr mayor objetividad en las inspecciones y realizar los trabajos de lubricación de una manera más completa; es decir, evitar que se antepongan las metas de producción al cuidado de las máquinas. Aunque ambas posturas tienen motivos plausibles, lo cierto es que en cualquier caso lo más indicado es que los procedimientos y registros para inspeccionar y lubricar los equipos, así como la interpretación de los resultados de la inspección, y las acciones correctivas derivadas, son responsabilidades fundamentales del departamento de Ingeniería de Planta.

a.4. Producción y distribución de electricidad.

La responsabilidad de la generación y distribución de electricidad para el equipo de producción, servicios, oficinas, etc. varía en importancia dependiendo del giro y demanda de la planta. Si bien es cierto que en algunas empresas que cuentan con turbogeneradores y grandes calderas acuotubulares requiere un departamento independiente para la operación y administración de la "casa de fuerza", en la mayoría de las plantas esta función no es tan grande como para reportar a la gerencia de la planta. Lo más conveniente es que esta función la realice el departamento de Ingeniería de Planta ya que por sus características es similar a mantenimiento, es decir, más que la operación misma del equipo, demanda mayor supervisión, inspección y conservación.

a.5. Modificaciones al equipo y nuevas instalaciones.

Para determinar si esta actividad corresponde al departamento de Ingeniería de Planta, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: tamaño de la planta, número de ubicaciones y políticas de la compañía. En el caso de una compañía pequeña, lo más usual es que se ayude de contratistas externos, pero siempre debe ser con la supervisión y administración del departamento de Ingeniería de Planta. En el caso de las compañías grandes, es conveniente la existencia de un departamento separado al de mantenimiento

dedicado a "Proyectos". Sin embargo, se presenta el problema de la definición de cuales trabajos corresponden a mantenimiento y cuales al departamento de Proyectos. Cuando se trabaja con estos dos departamentos, es fundamental crear políticas claras que definan responsabilidades, considerando el monto de inversión que implica el proyecto, la cantidad de Ingeniería que va a requerir la obra, si tiene relación con instalaciones existentes, el tiempo de la obra, los recursos materiales y humanos, etc. En todo caso, es recomendable que el departamento de "Proyectos" trabaje estrechamente con el de "Mantenimiento", independientemente de que "Proyectos" reporte o no a Ingeniería de Planta.

b. Funciones Secundarias.

Las funciones secundarias son aquellas que no forzosamente recaen en el departamento de Ingeniería de Planta; es decir, dependiendo de la organización, tipo de planta y tamaño puede existir un departamento independiente que las realice. Sin embargo, se citan en virtud de ser funciones que bien se pueden realizar con los recursos del departamento de Ingeniería de Planta, máxime en las empresas más pequeñas, donde los empleados deben desempeñar diversas tareas.

b.1. Almacenamiento.

Es común que exista un área encargada de todo lo relacionado con almacenes, que puede ser "compras" o "manejo de materiales". Sin embargo, en muchos casos es conveniente hacer una separación en el manejo de los almacenes de materia prima/producto terminado y el almacén de refacciones, lubricantes y demás accesorios mecánicos y eléctricos, que debe administrar el departamento de Ingeniería de Planta y/o mantenimiento, ya que es el que mejor conoce las necesidades reales, así como las especificaciones técnicas de estos materiales.

b.2. Protección de la Planta.

Este inciso incluye lo referente a vigilancia y seguridad industrial. Aún cuando en las empresas grandes existen áreas independientes con estas responsabilidades, y que de hecho es recomendable para no anteponer los intereses de mantenimiento a los de seguridad o viceversa, la realidad es que en empresas más pequeñas lo más práctico es que estas funciones también las desarrolle el personal técnico de Ingeniería de Planta por el conocimiento detallado que tiene de la planta completa, además de que le es más sencillo implementar las protecciones físicas que se requieren (y mantenerlas) como son guardas de elementos motrices, tapas de interruptores, registros y tableros eléctricos, bombas para la red contra incendio y sus tuberías, etc. Por esto mismo, también es muy recomendable que este personal técnico tome parte activa en la "Brigada Contra Incendio" y en la "Comisión Mixta de Seguridad e Higiene".

La excepción más común es la vigilancia, que puede ser responsabilidad del departamento de personal, ya que la contratación y control de los vigilantes tiene más relación con el manejo de recursos humanos.

b.3. Otras Funciones.

Dadas las características del Departamento de Ingeniería de Planta, es muy frecuente que se le considere como el área que "lo puede todo", o sea que tiene los elementos para "ingenjarselas" (de ahí el nombre "Ingeniería") para solucionar casi cualquier problema, de tal suerte que se pueden encontrar organizaciones que dentro de sus funciones está "servicios generales", donde se incluyen tareas tan diversas como fotocopiado, mensajería, conmutador, papelería, comedor, entre otras actividades. De hecho, mientras más pequeña sea la empresa, es más probable que se de este fenómeno.

Esta situación presenta el inconveniente de saturar al personal del departamento de Ingeniería de Planta, provocando que se descuiden las actividades consideradas como prioritarias o primarias. Si se trata de una empresa con muy pocos departamentos, lo más conveniente es que estas

tareas diversas sean repartidas equitativamente entre ellos, cuando no sea factible un "auto-servicio", por supuesto sin pasar por alto que son actividades secundarias.

Por otra parte, aún cuando en la teoría resulta obvio, cabe recalcar que la función de "servicios generales" nunca debe implicar que sea responsabilidad del departamento el realizar "encargos" o "favores" personales.

En cualquier caso, es conveniente que siempre se establezcan con la mayor claridad y por escrito los objetivos, alcances, responsabilidades, funciones, generales y específicas, de cada área y de los puestos que dependen de ella, estableciendo con precisión cada "perfil del puesto".

5. Organización.

La "Organización" es una división de la Administración de Empresas cuya función es estructurar las relaciones de los recursos materiales y humanos. Así pues, se define "Organizar" como asignar a cada grupo funcional, un administrador con la autoridad suficiente y necesaria para supervisarlo y coordinarlo, con las aptitudes necesarias para poder tomar esa responsabilidad.

Para poder organizar eficientemente el departamento de Ingeniería de Planta, se deben observar ineludiblemente los principios básicos de la organización, mismos que a continuación se resumen en cuatro puntos:

Principios de la Organización.

- 1) Principio de la especialización. Mientras más divididas se encuentren las funciones a desempeñar en un departamento, el trabajo se desarrolla más eficientemente, ya que se consigue contar con "especialistas" para cada actividad. Obviamente no se puede esperar el mismo grado de especialización en una gran empresa que cuente con varias brigadas de mantenimiento que

en una empresa familiar; lo importante en cualquier caso es clasificar lo mejor posible el trabajo en actividades afines para dividirlo a los empleados de los que disponga el departamento, para que toda la organización tenga bien clara la responsabilidad que le corresponde a cada departamento y a cada persona. Sin embargo, no debe llegarse al exceso de subdividir tanto las diferentes actividades, que se burocratice el trabajo. De hecho es recomendable capacitar al personal en funciones distintas, lográndose autosuficiencia, cubrir fácilmente plazas por ausencia, y creando cierto grado de sana competencia que evita amañar al empleado en un puesto específico.

- 2) Principio de la unidad de mando. Cada función y cada empleado debe tener un solo jefe con el objeto de evitar conflictos por contradicción en instrucciones y/o en criterios de supervisión y cargas de trabajo desbalanceadas.
- 3) Principio del equilibrio de autoridad-responsabilidad. Debe quedar claro a la organización y al empleado mismo cual es la responsabilidad de su puesto, así como su nivel jerárquico o nivel de autoridad. Al tener bien definido este aspecto se consigue que todos sepan a quien recurrir en cada caso, evitando tiempo perdido en "consulta con el jefe" o "delegación del trabajo".
- 4) Principio del equilibrio de dirección-control. Para lograr una buena organización deben existir controles que permitan llevar a la práctica los tres puntos anteriores, y que sirvan para retroalimentar al jefe sobre los resultados de sus ordenes e iniciativas, dándole nuevas directrices para continuar acciones, modificarlas o implementar nuevas técnicas.

A continuación se darán algunos consejos prácticos para una organización óptima²:

² Garrido / Ocampo "Administración, Contabilidad y Costos".

a) Características de la buena organización:

1. Debe reflejar la autoridad de que disponen los administradores.
2. No debe ser rígida ni estática.
3. Las limitaciones deben ser consideradas en la estructura de la organización.

b) Lo que debe evitarse en una buena organización:

1. Demasiadas categorías, más de tres o cuatro, ya que se pierde la comunicación entre los trabajadores y los administradores.
2. Posible duplicación de puesto o de la función.
3. Diferentes objetivos en el mismo grupo (por ejemplo, producción y mantenimiento).
4. Más de un jefe.
5. Demasiados empleados a cargo de un jefe (más de 6 para niveles con cierta responsabilidad de administración, y para empleados operativos, como peones de una brigada de mantenimiento, hasta 25).
6. Títulos no descriptivos.
7. Un solo asistente.
8. Carga de trabajo mal distribuida.
9. Servicio mal asignado.
10. Énfasis incorrecto en algún área o función de la organización.

Naturalmente no se puede esperar que en todos los casos se puedan aplicar los principios y consejos de la misma manera para organizar un departamento de Ingeniería de Planta, ya que en cada caso concreto se deben tomar en cuenta aspectos específicos de la planta en cuestión como son tipo de operación y giro, situación geográfica y número de ubicaciones, tamaño de la planta y recursos disponibles. Así pues, se expondrá la organización del departamento de Ingeniería de Planta de una manera general, sin perder de vista que se trata de algo flexible.

A. Jerarquía del Departamento de Ingeniería de Planta.

Se iniciará con un análisis del lugar en la organización de la empresa en el que se debe situar al departamento de Ingeniería de Planta. La pregunta "¿A quién debe reportar el departamento de Ingeniería de Planta?" tiene variadas respuestas con distintos elementos perfectamente defendibles.

Algunos opinan que este departamento debe reportar a la alta dirección, con el objeto de que las prioridades de este departamento tengan peso sobre las otras áreas. Si bien es cierto que definitivamente no es práctico que el departamento de Ingeniería de Planta le informe a una persona sin autoridad, que sería tanto como no darle importancia a las actividades de este departamento, realmente no es indispensable reportar a la máxima autoridad de la empresa.

Es recomendable que el departamento de Ingeniería de Planta reporte a un nivel que sea responsable de la mayor parte de las áreas a los cuales da servicio este departamento; este puede ser, dependiendo de los títulos que existan en la organización, el Gerente de Planta, Gerente o Director General. En la Figura 1 se propone un esquema organizacional donde se aprecia que el Gerente de Ingeniería de Planta depende de un Director General, el cual depende del consejo de administración de la empresa. Si se tratara de una empresa con varias plantas, el Gerente de Ingeniería dependería del Gerente de Planta, que a su vez reportaría a un director corporativo. Puede observarse también en la Figura 1 que se sitúa al departamento de Ingeniería al mismo nivel que las gerencias de producción, recursos humanos, contabilidad, ventas, compras y finanzas (debe considerarse que están al mismo nivel a pesar de que se colocaron unas gerencias a mayor altura que otras por razones de espacio). Las relaciones que se establecen de las diversas gerencias con el departamento de Ingeniería de Planta son las siguientes:

EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PLANTA EN LA ESTRUCTURA DE LA EMPRESA

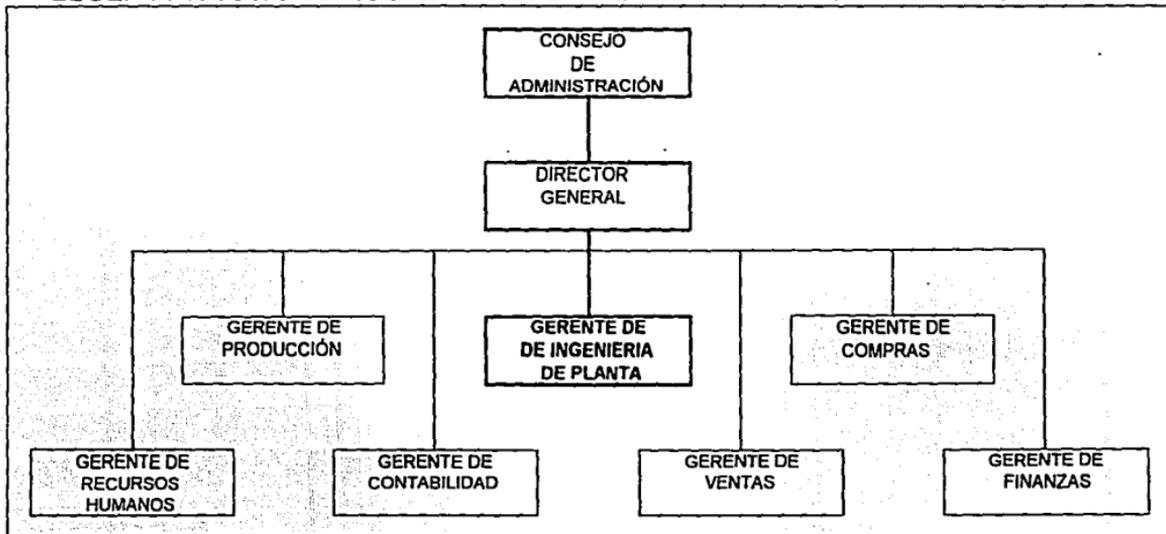


FIGURA 1

- a) Con Producción: Esta gerencia es la que mayor relación tiene con Ingeniería de Planta, ya que es la que más utiliza sus servicios, solicitando reparaciones, servicios, modificaciones, ampliaciones, etc. Se puede describir la relación diciendo que "Producción es el principal Cliente de Ingeniería de Planta".
- b) Con Compras: En este caso "Compras es Proveedor de Ingeniería de Planta". Esta gerencia apoya con la adquisición de refacciones y materiales, herramientas, máquinas, lubricantes y en algunos casos hasta manuales y literatura.
- c) Con Recursos Humanos: Apoya al Departamento de Ingeniería de Planta en: contrataciones, evaluación de desempeño, capacitación, tabuladores de salarios, sindicatos, creación y control de plazas de planta y temporales.
- d) Con Finanzas y Contabilidad: Asignación, autorización y control de presupuestos de mantenimiento, proyectos y seguridad.

B. Organigrama del Departamento de Ingeniería de Planta.

Cuando se habló del "Principio de Especialización", se mencionó que, independientemente del número de empleados de los que se disponga, lo importante es clasificar el trabajo en actividades afines para repartirlo entre los empleados disponibles. Así pues, en la Figura 2 se propone una estructura básica que puede servir de modelo tanto para una empresa mediana como para una pequeña, haciendo las adaptaciones pertinentes; de hecho, es una estructura "condensada" de organigramas de empresas grandes, donde las actividades de un puesto aparecen subdivididas entre dos o más puestos. Se debe tomar en cuenta que con un número pequeño de personas se pueden abarcar muchas funciones y esto puede ocurrir solamente con una buena organización; no por tener mucha gente se hace el trabajo más rápido y mejor. Por otro lado, puede

ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PLANTA

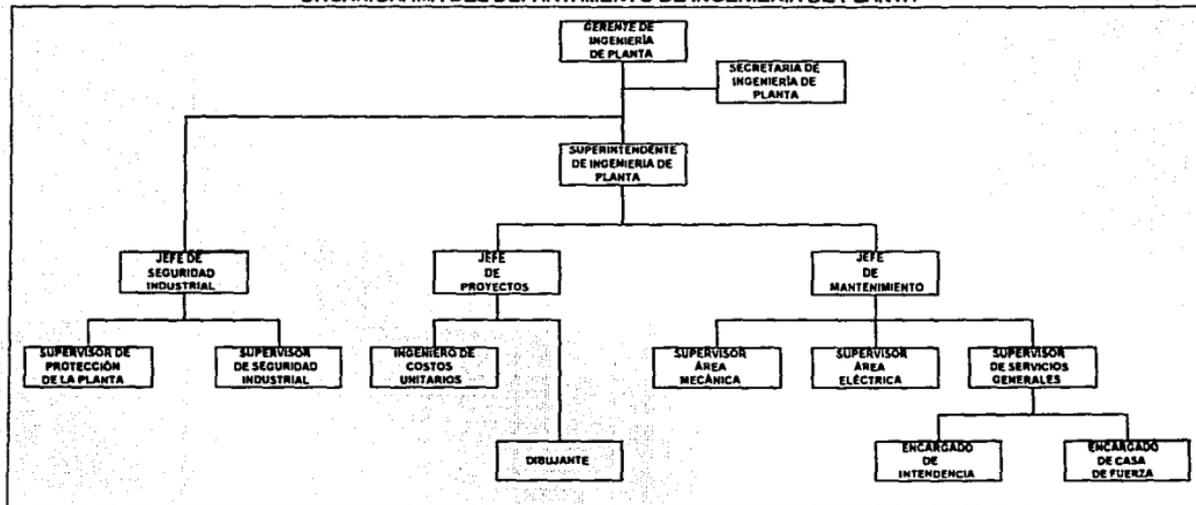


FIGURA 2

observarse que el área de seguridad aparece separada de lo que es propiamente la superintendencia de Ingeniería de Planta, para no distraer al superintendente de las responsabilidades prioritarias de su departamento, pero conservando a Seguridad dentro de la Gerencia de Ingeniería de Planta, ya que como se comentará ampliamente en el Capítulo IV "Seguridad", resulta muy conveniente unificar la administración de mantenimiento y proyectos con la de seguridad, además de que en la práctica es muy positivo que la seguridad se controle vista desde una perspectiva de ingeniería.

C. Descripción de Puestos.

En la descripción de los puestos que se plantean a continuación (conforme al organigrama de la Figura 2) se indican características generales que deben tener los diferentes puestos; sin embargo, debe tomarse como una base general que deberá adecuarse al tamaño y políticas de cada empresa.

- Puesto:** Gerente de Ingeniería de Planta.
- Departamento:** Ingeniería de Planta.
- Dependencia:** Gerente de Planta (o bien, Gerente o Director General).
- Perfil:** Ingeniero Mecánico o Industrial, titulado, con estudios (diplomado o maestría) en Administración. Experiencia en Ingeniería de Planta (Mantenimiento, proyectos, seguridad) y en administración de recursos humanos. Conocimientos de procesos continuos (especialmente los del giro de la planta en la que prestará sus servicios).
- Objetivo:** Administrar el departamento de Ingeniería de Planta.
- Obligaciones y Responsabilidades:**
- 1) Implementación de sistemas de control y seguimiento de los mismos, para asegurar la correcta operación del departamento, con adecuados estándares de eficiencia,

- oportunidad y costos.
- 2) Elaboración y administración de los presupuestos destinados al departamento de Ingeniería de Planta.
 - 3) Coordinación de las relaciones del departamento de Ingeniería de Planta con la Dirección de la Empresa y con "departamentos-clientes" y/o "departamentos-proveedores".
 - 4) Selección del personal (superintendente de Ingeniería de Planta y de jefatura de seguridad), administración de salarios, aprobación de promociones, establecimiento de los criterios de evaluación del personal, así como velar y promover buenas relaciones laborales.
 - 5) Aprobación y promoción de los programas de capacitación para el personal de Ingeniería de Planta.
 - 6) Difusión de la misión, filosofía y políticas de la empresa entre el personal de Ingeniería de Planta.

Puesto: Secretaría (o asistente) de Gerente de Ingeniería de Planta.

Departamento: Ingeniería de Planta.

Dependencia: Gerente de Ingeniería de Planta.

Perfil: Carrera secretarial con amplio dominio de mecanografía, taquigrafía y paquetería de computación, excelente ortografía y redacción, manejo del idioma Inglés y conocimientos básicos de contabilidad.

Objetivo: Apoyar al Gerente de Ingeniería de Planta en el óptimo desarrollo de sus funciones.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Administración de la agenda del Gerente.
- 2) Elaboración de material para presentaciones y juntas, coordinación de salas, material de apoyo y comunicación con los participantes.
- 3) Integración de expedientes, organización y administración de

archivo.

- 4) Realización de comunicaciones telefónicas y escritas.
- 5) Administración de recursos de la Gerencia (papelería, caja chica, liquidaciones de gastos de viaje, cafetería).

Puesto: Superintendente de Ingeniería de Planta.

Departamento: Ingeniería de Planta.

Dependencia: Gerente de Ingeniería de Planta.

Perfil: Ingeniero Mecánico, titulado. Experiencia en Mantenimiento y Proyectos.

Objetivo: Administrar y coordinar los recursos y actividades de Mantenimiento y Proyectos.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Preparar y controlar presupuestos de mantenimiento y proyectos.
- 2) Supervisar y asesorar la elaboración de programas de mantenimiento preventivo.
- 3) Supervisar y asesorar el desarrollo de los proyectos.
- 4) Selección de personal (jefaturas de mantenimiento y proyectos), administración de salarios, aprobación de promociones, evaluación del personal, velar y promover buenas relaciones laborales.
- 5) Fungir como enlace oficial del departamento de Ingeniería de Planta con otras áreas de la empresa (producción, compras, etc.) vigilando la calidad y oportunidad del servicio.

Puesto: Jefe de Proyectos.

Departamento: Proyectos.

Dependencia: Superintendente de Ingeniería de Planta.

Perfil: Ingeniero Mecánico o Ingeniero Civil titulado, con amplios conocimientos en costos, diseño y métodos de preparación de

pronósticos de plantas.

Objetivo: Preparar proyectos civiles, mecánicos y eléctricos viables para satisfacer las necesidades reales de la empresa.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Administrar el departamento de proyectos.
- 2) Supervisar y colaborar en la preparación de proyectos para arreglos de planta, reemplazos y adiciones que incluyen las estimaciones necesarias (tiempo, personal, inversión y otros recursos), planos, diseños, esquemas, cantidades de material, listado de equipos y especificaciones de los materiales.
- 3) Elaborar resúmenes periódicos de costos en base al avance real durante la ejecución del proyecto, y utilizarlos como control de gastos.
- 4) Proporcionar y supervisar el servicio de dibujo y diseño para la planta.
- 5) Supervisar los estudios de detección de necesidades, identificando faltantes o excedentes, con el objeto de activar la ejecución de los proyectos.
- 6) Coordinar la contratación de subcontratistas y supervisar el trabajo que estos realizan.
- 7) Solicitar y coordinar el apoyo del departamento de mantenimiento en la ejecución de proyectos.
- 8) Apoyar todos los programas de seguridad.
- 9) Contratación, evaluación y supervisión del personal dependiente de la Jefatura de Proyectos. Velar por las buenas relaciones laborales.

Puesto: Ingeniero de Costos Unitarios.

Departamento: Proyectos.

Dependencia: Jefe de Proyectos.

Perfil: Pasante o titulado de Ingeniería Mecánica o Civil o

eventualmente Arquitectura.

Objetivo: Proporcionar los cuadros de costos de los proyectos por ejecutar.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Administrar el departamento de proyectos.
- 2) Elaborar estudios de costos para la realización de proyectos, en base al costo de materiales y mano de obra, manteniéndose al día.
- 3) Investigar cotizaciones de contratistas externos, realizando cuadros comparativos que sirvan al Jefe de Proyectos para la toma de decisiones.
- 4) Apoyar en cuanto sea necesario al Jefe de Proyectos en la supervisión de obras, elaboración de reportes y seguimiento de avance e inversión.

Puesto: Dibujante.

Departamento: Proyectos.

Dependencia: Jefe de Proyectos.

Perfil: Pasante o titulado de las carreras de Ingeniería Mecánica o Civil, Arquitectura o Diseño Industrial.

Objetivo: Llevar a cabo las obligaciones de dibujo y otras relacionadas con el departamento de Proyectos.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Preparar y revisar (bajo la dirección del Jefe de Proyectos) diseños, dibujos, copias, esquemas, notas de material, estimaciones y especificaciones de equipo.
- 2) Revisar cuando sea necesario diseños, dibujos y copias.
- 3) Apegarse a las normas de ingeniería para la elaboración de dibujos técnicos, manteniéndose actualizado en codificaciones, nomenclaturas, simbología y normas de seguridad industrial.

4) **Controlar el archivo de planos.**

Puesto: Jefe de Seguridad.

Departamento: Seguridad.

Dependencia: Superintendente de Ingeniería de Planta.

Perfil: Ingeniero Mecánico o Industrial.

Objetivo: Eliminar, o reducir al máximo, las condiciones y actos inseguros en la planta, así como aminorar los efectos nocivos de los accidentes.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Administrar el Departamento de Seguridad.
- 2) Establecer las políticas y programas de seguridad aplicables a todo el personal de la empresa, asignando las responsabilidades que correspondan a los diferentes niveles jerárquicos de la organización.
- 3) Diseño y promoción de programas de capacitación para difundir los principios, normas y políticas de seguridad entre todo el personal.
- 4) Contratación, evaluación y supervisión del personal dependiente de la Jefatura de Seguridad. Velar por las buenas relaciones laborales.
- 5) Analizar los reportes de accidentes ocurridos, actos y situaciones inseguras, evaluando la eficiencia de los programas de seguridad adoptados para definir nuevos cursos de acción.
- 6) Responsabilizarse junto con las áreas de Relaciones Industriales, Relaciones Laborales y Contabilidad, de los trámites y cumplimiento de obligaciones ante la autoridad (Seguro Social, Secretaría del Trabajo, Secretaría de Salud), así como de la contratación del programa de seguros patrimoniales, evaluando las recomendaciones de las

compañías de seguros para su implementación.

- 7) Asegurarse del mantenimiento de equipo contra incendio.
- 8) Coordinar y supervisar la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.

Puesto: Supervisor de Protección de la Planta³

Departamento: Seguridad.

Dependencia: Jefe de Seguridad.

Perfil: Ingeniero Industrial, Licenciado en Administración de Empresas, o con alguna carrera técnica afín. Amplia experiencia y conocimientos en sistemas, dispositivos y métodos de seguridad y protección. Honestidad intachable.

Objetivo: Resguardar los recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos contra actos de personas mal-intencionadas.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Responsabilizarse del control de acceso de personas y vehículos a través de una estrecha supervisión del personal de protección.
- 2) Conocer y mantenerse actualizado en cuanto a leyes y reglamentos oficiales, así como políticas de la empresa, transmitiéndolo al personal a su cargo.
- 3) Programar y supervisar los rondines de vigilancia.
- 4) Detectar las necesidades de equipamiento, mecanismos y sistemas de protección, y coordinar la implementación de los mismos.
- 5) Apoyar activamente en las labores de Seguridad Industrial.

³ Es muy común que este puesto se omita en virtud de que la actividad de Protección se subcontrate a compañías especializadas, en cuyo caso, el Jefe de Seguridad se debe encargar de contratar y supervisar a dicha compañía.

Puesto: Supervisor de Seguridad Industrial.
Departamento: Seguridad.
Dependencia: Jefe de Seguridad.
Perfil: Ingeniero Industrial o Licenciado en Administración de Empresas con estudios y experiencia en Seguridad Industrial.
Objetivo: Apoyar al Jefe de Seguridad en eliminar, o reducir al máximo, las condiciones y actos inseguros en la planta, así como aminorar los efectos nocivos de los accidentes.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Vigilar el buen estado de conservación y funcionamiento de los sistemas de protecciones contra incendio, coordinando con Mantenimiento los trabajos de reparación que requieran.
- 2) Diseñar, distribuir y conservar en buen estado los señalamientos de seguridad y delimitación de áreas.
- 3) Realizar recorridos rutinarios de inspección para detectar situaciones o actos inseguros, elaborando los reportes correspondientes y recurriendo a las instancias que correspondan para su corrección.
- 4) Participar activamente en los programas de capacitación sobre seguridad para todo el personal de la empresa.
- 5) Colaborar con el Jefe de Seguridad en el cumplimiento de obligaciones ante la autoridad (Seguro Social, Secretaría del Trabajo, Secretaría de Salud), y en otras actividades del departamento de Seguridad.
- 6) Participar en la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.

Puesto: Jefe de Mantenimiento.
Departamento: Mantenimiento.
Dependencia: Superintendente de Ingeniería de Planta.
Perfil: Ingeniero Mecánico.
Objetivo: Administrar y coordinar todas las actividades del trabajo de

mantenimiento en general.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Responsabilizarse de la estructuración y funcionamiento de la organización general del mantenimiento y de la coordinación de las actividades del taller y de campo.
- 2) Administrar el presupuesto asignado al departamento de mantenimiento, así como controlar y contabilizar los costos directos, indirectos y generales de mantenimiento.
- 3) Mantener un estrecho contacto con los supervisores y superintendentes de producción para una efectiva detección de necesidades, encaminando acciones para su adecuada satisfacción.
- 4) Diseñar en coordinación con los supervisores a su cargo los programas de mantenimiento, dándoles un constante seguimiento para evaluar su eficiencia.
- 5) Dirigir en coordinación con los supervisores las siguientes funciones.
 - Distribución del taller, herramientas y equipo.
 - Reparaciones y fabricación de piezas de repuesto.
 - Control del inventario de materiales de mantenimiento.
- 6) Contratación, evaluación y supervisión del personal dependiente de la Jefatura de Mantenimiento. Velar por las buenas relaciones laborales.
- 7) Diseñar y promover programas de capacitación.
- 8) Apoyar activamente los programas y medidas de seguridad.
- 9) Ayudar ampliamente al Jefe de Proyectos en la realización de nuevas obras, mejoras y adaptaciones.

Puesto: Supervisor de Área Mecánica.

Departamento: Mantenimiento.

Dependencia: Jefe de Mantenimiento.

Perfil: Carrera Técnica en Mecánica Industrial.
Objetivo: Administrar y coordinar todas las actividades de mantenimiento del equipo mecánico.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Asignar responsabilidades y distribuir cargas de trabajo al personal y/o las cuadrillas de mantenimiento a su cargo.
- 2) Supervisar y asistir al personal operativo en la inspección y reparación del equipo mecánico, así como en la fabricación de piezas.
- 3) Vigilar la adecuada operación y conservación de las herramientas y equipo de taller.
- 4) Vigilar el inventario de material mecánico para mantenimiento, asegurando permanentemente la existencia del material necesario.
- 5) Participar activamente con el Jefe de Mantenimiento en la elaboración de los programas de mantenimiento y responsabilizarse de su cumplimiento.
- 6) Llevar al día las bitácoras, hojas de registro y de control, extrayendo la información pertinente para elaborar los reportes para el Jefe de Mantenimiento.

Puesto: Supervisor de Área Eléctrica.

Departamento: Mantenimiento.

Dependencia: Jefe de Mantenimiento.

Perfil: Carrera Técnica en Electricidad.

Objetivo: Administrar y coordinar todas las actividades de mantenimiento del equipo e instalaciones eléctricas.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Asignar responsabilidades y distribuir cargas de trabajo al personal y/o las cuadrillas de mantenimiento a su cargo.
- 2) Supervisar y asistir al personal operativo en la inspección y

- reparación del equipo e instalaciones eléctricas.
- 3) Vigilar el inventario de material eléctrico para mantenimiento, asegurando permanentemente la existencia del material necesario.
 - 4) Participar activamente con el Jefe de Mantenimiento en la elaboración de los programas de mantenimiento y responsabilizarse de su cumplimiento.
 - 5) Llevar al día las bitácoras, hojas de registro y de control, extrayendo la información pertinente para elaborar los reportes para el Jefe de Mantenimiento.

Puesto: Supervisor de Servicios Generales.

Departamento: Mantenimiento.

Dependencia: Jefe de Mantenimiento.

Perfil: Ingeniero Mecánico o Industrial, o Licenciado en Administración de Empresas.

Objetivo: Administrar los servicios de intendencia y de suministro de energía a toda la planta.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Asignar responsabilidades y distribuir cargas de trabajo al personal a su cargo.
- 2) Supervisar al personal operativo.
- 3) Vigilar la adecuada operación y conservación de las herramientas de trabajo y del equipo de producción y distribución de energía, coordinando con los supervisores del área Mecánica y Eléctrica el mantenimiento de dicho equipo.
- 5) Elaborar programas de limpieza y supervisión de su cumplimiento.
- 6) Llevar al día las hojas de registro y de control, extrayendo la información pertinente para elaborar los reportes para el Jefe de Mantenimiento.

- 7) Determinar eficiencias en la producción, distribución y consumo de energía, detectando posibles desviaciones para tomar las medidas correctivas pertinentes.

Puesto: Encargado de Intendencia.

Departamento: Mantenimiento.

Dependencia: Supervisor de Servicios Generales.

Perfil: Carrera Técnica (no indispensable), amplia experiencia en trabajos de intendencia, habilidad en el trato y manejo de personal de limpieza.

Objetivo: Conservar la planta en excelente estado de orden y limpieza.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Supervisar al personal de intendencia.
- 2) Realizar recorridos periódicos para evaluar las condiciones de limpieza de interiores y exteriores de los edificios, almacenamiento y desecho de desperdicios, conservación de áreas verdes, terracerías, patios y otros espacios al aire libre. En base a los recorridos, generar reportes y coordinar la corrección de anomalías, así como plantear las modificaciones necesarias a los programas de limpieza.
- 3) Observar, promover y vigilar el cumplimiento de todas las medidas de seguridad e higiene.
- 4) Controlar las existencias y asignación de materiales y utensilios de limpieza.

Puesto: Encargado de Casa de Fuerza.

Departamento: Mantenimiento.

Dependencia: Supervisor de Servicios Generales.

Perfil: Técnico en Mecánica Industrial, con experiencia en la operación y mantenimiento de calderas, transformadores y subestaciones, compresores, tanques hidroneumáticos, líneas

de distribución, plantas generadoras diesel y turbogeneradores (cuando aplique).

Objetivo: Abastecer eficientemente a la planta de la energía eléctrica, vapor y aire a presión requeridos para la óptima operación de la misma.

Obligaciones y Responsabilidades:

- 1) Coordinar la operación y mantenimiento de los equipos e instalaciones de generación, transformación y distribución de energía eléctrica, vapor y aire a presión.
- 2) Llevar al día las bitácoras de los equipos e instalaciones a su cargo, generando reportes para el Supervisor de Servicios Generales.
- 3) Vigilar la eficiencia de la operación de los equipos a su cargo.
- 4) Controlar y administrar la existencia de combustibles y lubricantes para los equipos e instalaciones a su cargo.

CAPÍTULO II.
MANTENIMIENTO.

CAPÍTULO II.

MANTENIMIENTO.

Definitivamente la función más importante que debe desempeñar el departamento de Ingeniería de Planta es la de mantenimiento, ya que tiene un papel clave en el buen resultado económico de la empresa. Mantenimiento significa conservar las instalaciones, maquinaria, equipos y edificios en tal estado que puedan cumplir eficientemente las expectativas de la empresa en cantidad, calidad y costo.

Por otro lado, la importancia de Mantenimiento dentro del departamento de Ingeniería de Planta se percibe al constatar lo imprescindible que tiene para el desarrollo de las funciones del resto de las áreas del departamento (proyectos o seguridad) y de la planta en general.

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo fundamental que tiene el departamento de Mantenimiento es el de conservar los bienes de la empresa en condiciones óptimas de funcionamiento (seguras y eficientes) aplicando las técnicas que resulten más económicas para ello. Conseguir este objetivo implica no solamente realizar las reparaciones oportuna y eficazmente, disminuyendo al máximo los efectos nocivos de las descomposturas, sino que además prevenir los daños e incluso anticiparse a la ocurrencia de las fallas para minimizar costos de reparaciones y tiempos muertos de maquinaria.

Así pues, un adecuado sistema de mantenimiento reporta las siguientes ventajas:

- 1) Incrementa la vida útil del equipo y bienes en general, postergando los costos de reemplazo prematuro debido a la buena conservación.
- 2) Mayor capacidad de producción porque reduce la frecuencia de paradas

CAPÍTULO II.

MANTENIMIENTO.

Definitivamente la función más importante que debe desempeñar el departamento de Ingeniería de Planta es la de mantenimiento, ya que tiene un papel clave en el buen resultado económico de la empresa. Mantenimiento significa conservar las instalaciones, maquinaria, equipos y edificios en tal estado que puedan cumplir eficientemente las expectativas de la empresa en cantidad, calidad y costo.

Por otro lado, la importancia de Mantenimiento dentro del departamento de Ingeniería de Planta se percibe al constatar lo imprescindible que tiene para el desarrollo de las funciones del resto de las áreas del departamento (proyectos o seguridad) y de la planta en general.

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo fundamental que tiene el departamento de Mantenimiento es el de conservar los bienes de la empresa en condiciones óptimas de funcionamiento (seguras y eficientes) aplicando las técnicas que resulten más económicas para ello. Conseguir este objetivo implica no solamente realizar las reparaciones oportuna y eficazmente, disminuyendo al máximo los efectos nocivos de las descomposturas, sino que además prevenir los daños e incluso anticiparse a la ocurrencia de las fallas para minimizar costos de reparaciones y tiempos muertos de maquinaria.

Así pues, un adecuado sistema de mantenimiento reporta las siguientes ventajas:

- 1) Incrementa la vida útil del equipo y bienes en general, postergando los costos de reemplazo prematuro debido a la buena conservación.
- 2) Mayor capacidad de producción porque reduce la frecuencia de paradas

inesperadas, así como el número y duración de las paradas programadas.

- 3) Al reducirse las interrupciones en el proceso productivo se consigue una mejor calidad del producto, reduciendo por consiguiente el costo de producción por la menor recirculación del producto de mala calidad.
- 4) Facilita el cumplimiento de los programas de producción, obteniéndose una mejor calidad en el servicio a los clientes, además de mejorar la imagen corporativa ante clientes, autoridades y proveedores al presentar una buena conservación de inmuebles e instalaciones.

1. Tipos de Mantenimiento.

La división más generalizada en la industria de los tipos de mantenimiento considera la siguiente clasificación:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo

Estos tres sistemas no son mutuamente excluyentes, es decir, si una planta aplica un sistema de mantenimiento predictivo no implica que no utilice el preventivo y el correctivo, al contrario, aplica el mantenimiento correctivo como una actividad básica, el preventivo lo aplica como eje central del departamento y utiliza al predictivo como complemento de éste. La idea de utilizar sistemas de mantenimiento preventivo o predictivo es reducir al máximo posible las descomposturas que correspondería atacar al mantenimiento correctivo.

Actualmente es común escuchar en la industria a Ingenieros que plantean otros tipos de mantenimiento, sin embargo, analizando a fondo, se trata de diferentes

variantes de los tres tipos básicos de mantenimiento. Por ejemplo, planteando el peor de los casos, hay quienes hablan de un "Mantenimiento Casual" que en realidad ni es un sistema ni es adecuado, ya que se basa en composturas y trabajos de conservación básicos sin ningún tipo de registro o planeación; y en el otro extremo, hay quienes hablan del "TPM", que son las siglas en inglés de Mantenimiento Total Productivo (Total Productive Maintenance), que combina al mantenimiento predictivo con los conceptos de "Calidad Total" y de involucramiento del personal para optimizar la eficiencia de la planta, eliminar roturas de equipo y promover acciones de mantenimiento diario hecho por los operadores.

a) Mantenimiento Correctivo:

De los tres mantenimientos este es el más conocido y generalizado ya que requiere de menos conocimientos, organización y controles, pero también es el más rudimentario y el menos eficiente ya que, como su nombre lo indica, debe esperarse a que ocurra la falla, que puede ser difícil, tardada y costosa para reparar.

El mantenimiento correctivo como sistema, tiene básicamente dos ramas:

- Actividades rutinarias tales como limpieza, pintura, lubricación, carga o abastecimiento e inspección superficial. Todas estas actividades se realizan con una periodicidad establecida de antemano y con técnicas elementales que no requieren personal calificado o especializado, basándose en la experiencia de los operadores y del personal de mantenimiento o en las recomendaciones del fabricante. No deben confundirse las actividades rutinarias del mantenimiento correctivo con el sistema de mantenimiento preventivo, ya que las primeras son tareas elementales y en el mantenimiento preventivo, como se verá más adelante, existe una metodología perfectamente definida con programas, controles y procedimientos.

- Reparación de las máquinas a medida que se presentan las fallas, ya sea porque ocasionan el paro del equipo o porque definitivamente los síntomas de la falla son muy evidentes. La secuencia del mantenimiento correctivo se resume en lo siguiente:
 - 1) Se presenta la falla del equipo, la cual es detectada generalmente por el operador que observa anomalías en el funcionamiento (muy ocasionalmente la falla se detecta durante la inspección).
 - 2) El operador reporta el desperfecto a Mantenimiento, indicando de acuerdo a sus observaciones y experiencia sus pronósticos de qué está fallando y cómo puede o debe corregirse.
 - 3) Mantenimiento inspecciona el equipo para detectar la falla y planea el trabajo de reparación estimando los recursos necesarios para su reparación, horas hombre, materiales o servicios subcontratados.
 - 4) Una vez autorizada la reparación, Mantenimiento se coordina con el operador para realizar la compostura.
 - 5) Se realiza una inspección y/o prueba final para entregar el equipo a producción para continuar su operación normal.

b) Mantenimiento Preventivo:

Desde el punto de vista de los accionistas o directivos de las empresas, lo más importante de las plantas productivas es que estén trabajando ininterrumpidamente, por lo que el primordial objetivo que le confieren al departamento de mantenimiento es el de evitar los paros y disminuir (si no anular) los tiempos muertos.

En atención a esta exigencia, el personal de mantenimiento se ha visto obligado a desarrollar mecanismos tendientes a prevenir las fallas del equipo, organizando más eficientemente el sistema correctivo, aplicando la experiencia para determinar fallas reinidentes y el tiempo que tardan en presentarse después de la última

reparación, registrando puntos débiles, períodos adecuados de revisión y obviamente optimizando los gastos. Todo este perfeccionamiento en el registro, control y planeación de actividades han llevado a lo que se conoce como Mantenimiento Preventivo.

Ahora bien, aunque no existe una definición precisa de lo que es el Mantenimiento Preventivo que satisfaga a todos los ingenieros por la diferencia de criterios en cuanto a su alcance y sus fronteras con los otros dos tipos de mantenimiento, se propone la siguiente:

El mantenimiento preventivo es la programación de revisiones y sustituciones de partes de maquinaria, equipo, herramientas e instalaciones, tendientes a evitar fallas durante su período y condiciones de trabajo.

Las principales ventajas que se atribuyen al mantenimiento preventivo son:

- 1) Ventajas económicas al reducir los paros no programados que conlleva una disminución de tiempo ocioso, menos trabajos urgentes que suelen ser costosos por pago de tiempo extra y fletes especiales, además de la reducción de costos de mantenimiento al reparar desperfectos sencillos antes de paros no programados.
- 2) Reducción de costos de inventarios, por el mejor control de las refacciones, determinando materiales de mayor y menor consumo.
- 3) Ayuda a optimizar cargas de trabajo, ya que se establece una gran diferencia entre corregir cuando se "tiene" que hacerlo (paro imprevisto) y cuando se "quiere" hacerlo (paro programado).
- 4) Incluso se puede mencionar como ventaja el aspecto de relaciones laborales e interdepartamentales, ya que al reducirse las interrupciones en el proceso

productivo, los empleados pueden aspirar a las bonificaciones por cumplimiento de programas, reducción de trabajo en tiempo extra tanto del personal de mantenimiento como de producción. Por otro lado se aminoran las fricciones interdepartamentales e interpersonales por la mejor coordinación y programación entre Compras, Almacén y Mantenimiento y entre Mantenimiento y Producción.

En el inciso 2 de este capítulo se hablará más a detalle sobre los puntos a considerar para establecer un programa de mantenimiento preventivo así como los elementos que debe incluir.

c) Mantenimiento Predictivo.

Como su nombre lo indica este sistema consiste en "predecir" las fallas del equipo, o sea, detectar los desperfectos antes que provoquen una descompostura mayor. Así como un médico diagnostica las enfermedades estudiando los síntomas que presenta el paciente, el mantenimiento predictivo analiza periódicamente síntomas asociados a defectos de la maquinaria o de su operación, observando si existen cambios en tales síntomas que orillen a una Intervención en la maquinaria. La periodicidad de los análisis debe determinarse considerando la importancia que la máquina en cuestión tiene para el proceso de la planta, el tiempo que un daño incipiente requiere para desarrollarse y el costo que el propio análisis representa. Este tipo de análisis puede llegar a ser un "programa permanente" de monitoreo, y cuando existen variaciones respecto a estándares establecidos, es cuando se realiza una revisión y/o reparación de la máquina.

La principal ventaja que se obtiene al aplicar métodos predictivos es que se optimizan al máximo los paros de la maquinaria con fines de mantenimiento, ya que los diagnósticos se realizan mientras el equipo está trabajando, y el paro solo se llega a hacer justo antes de que la falla ponga en peligro la integridad física o funcional de la máquina.

Otra ventaja fundamental es que un buen diagnóstico predictivo dice con anticipación la reparación que se debe hacer y las refacciones que se requerirán, ahorrando tiempo y recursos en tener que buscar la causa de la falla después de haber parado y abierto la máquina.

Existen varias tecnologías aplicables para la predicción de fallas; sin embargo no se puede recomendar una en particular para todos los casos ya que los síntomas de cada falla y en cada máquina son distintos, debiéndose prescribir un "mantenimiento predictivo individualizado". De hecho, el mejor diagnóstico de fallas se consigue utilizando de manera combinada más de una tecnología de predicción, ya que un tipo de defecto produce más de un síntoma, y cada tecnología se enfoca a analizar un síntoma específico.

Los síntomas que se deben analizar para definir el estado de una máquina son muy diversos, sin embargo los más representativos son los siguientes:

- Ruido.
- Temperatura.
- Contaminación de aceite.
- Variación en rendimiento.
- Vibración.
- Cambio de aspecto.

A continuación se presentarán las tecnologías de mantenimiento predictivo más socorridas en la industria, explicando brevemente su procedimiento y campo de aplicación. En la Figura 3 se muestra un cuadro sinóptico de tecnologías aplicables a diferentes tipos de fallas comunes.

a. Análisis de Aceite. El desgaste y los daños de partes lubricadas puede producir contaminación por partículas microscópicas o incluso astillas de varios milímetros de largo que se arrastran con el aceite de lubricación. Este método se usa especialmente para vigilar la calidad del aceite y el estado de

Mantenimiento Predictivo

TECNOLOGÍAS PARA LA DETECCIÓN DE DEFECTOS

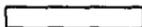
Defecto	Análisis de aceite (Partículas)	Termografía (Calor)	Ultrasonido	Análisis de vibración	Observación Directa
Desbalanceo				Aplicable con buenos resultados.	
Giro Excéntrico				Aplicable con buenos resultados.	
Desalineación		Aplicable con regulares resultados.	Aplicable con regulares resultados.	Aplicable con buenos resultados.	
Aflojamiento				Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con regulares resultados.
Engranajes Dañados	Aplicable con regulares resultados.		Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	
Balero Dañado	Aplicable con regulares resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	
Chumacera Dañada	Aplicable con regulares resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	
Motor Eléctrico Dañado		Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	
Máquina Reciprocante	Aplicable con regulares resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.	
Fugas de Aire			Aplicable con buenos resultados.		
Fugas de Vapor		Aplicable con buenos resultados.	Aplicable con buenos resultados.		Aplicable con regulares resultados.
Fugas de Gases			Aplicable con buenos resultados.		
Fugas de Líquidos					Aplicable con buenos resultados.



Aplicable con buenos resultados.



Aplicable con regulares resultados.



No aplicable.

FIGURA 3

baleros y chumaceras en lugares inaccesibles con sistema de lubricación forzada, donde el aceite se analiza a la salida de cada balero y chumacera. El método más sencillo es el "Tapón Magnético" ubicado en el sistema de lubricación que rellena partículas ferrosas relativamente grandes (mayores a 0.1 mm). Otras tecnologías más avanzadas para el análisis de aceite son el "Análisis Espectrométrico", la "Ferrografía" y el "Análisis de Concentración Ferromagnética"; estos métodos típicamente están basados en muestreo del aceite y análisis en laboratorio. Para que un método sea confiable se requiere de un plan de muestreo bien elaborado y ejecutado, equipo de laboratorio sofisticado para clasificar y cuantificar partículas, y conocimiento de las diferentes aleaciones usadas en la máquina, por lo que la inversión para aplicar esta tecnología es elevada. Este método tiene la desventaja de que puede decir que una chumacera está desgastada, pero no el porqué se desgastó, y solamente en pocos casos puede dar indicios sobre el avance del desgaste.

b. Termografía Infrarroja. Detecta diferencias de temperatura en las superficies observadas a través de una imagen (como una fotografía) a colores o blanco y negro donde cada color o tonalidad de gris corresponde a un rango de temperatura distinto, permitiendo encontrar zonas calientes. Se utiliza principalmente para identificar defectos en aislamientos eléctricos o térmicos en tableros, transformadores, motores eléctricos, subestaciones, hornos, refractarios, trampas de vapor, reactores e intercambiadores (en general, zonas de alto riesgo para el contacto directo con el ser humano). Usado por personal capacitado permite ver con mucha precisión pequeñas diferencias en temperatura localizando fugas calientes o frías, así como defectos eléctricos. El inconveniente de este método es la inversión considerable que representa la adquisición del equipo y la capacitación del personal.

c. Ultrasonido. Una alteración en el ruido producido por una máquina en funcionamiento es muy útil para indicar que algo pasó en ella, pero

generalmente para cuando es posible percibir el ruido a simple oído es por que el daño ya avanzó bastante, ya que normalmente el nivel de ruido en una fábrica es elevado. Una práctica común es ayudarse de un desarmador para escuchar un balero, o mejor aún utilizar un estetoscopio mecánico o electrónico. Sin embargo para obtener avisos más tempranos y más claros, debe captarse el "Ruido no Audible"⁴, es decir, "El Ultrasonido" de muy altas frecuencias. El detector de ultrasonido funciona como un estetoscopio ultrasónico sofisticado con cuantificación del sonido, realizando los diagnósticos junto a la máquina al tomar la medición, o bien, se hacen los diagnósticos en una computadora después de concluir la medición. Con el ultrasonido es posible evaluar el estado y lubricación de rodamientos y chumaceras de fricción, de engranes, fricción interna en las máquinas, arco eléctrico corona en equipos eléctricos, funcionamiento de válvulas, hermeticidad de recipientes, calderas, tuberías, trampas de vapor, etc. El ultrasonido tiene la ventaja de que el nivel general de ruido en una fábrica es bajo dentro de la frecuencia ultrasónica facilitando su captación, además de que es sencillo y rápido el aprendizaje de su uso y la inversión requerida no es elevada. La limitación que presenta es que no sirve para detectar desbalanceo, aflojamiento mecánico, y giro excéntrico cuando este no está combinado con desgaste en baleros o chumaceras.

d. Análisis de Vibración. Generalmente la vibración contiene más información que otros síntomas, porque se produce en varias frecuencias y cada causa se puede asociar a una o varias frecuencias. En cada frecuencia se cuantifica la vibración y así se puede seguir el desarrollo de un defecto mecánico. El análisis de vibraciones es la única tecnología adecuada para detectar desbalanceo de rotores, giro excéntrico en general, aflojamiento mecánico de anclajes, rodamientos y chumaceras, y resonancia. También es útil en la

⁴ Se entiende por "ruido no audible" aquel que el oído humano no es capaz de percibir por encontrarse en una frecuencia fuera del rango comprendido entre los 100 y 20,000 ciclos por segundo que es la gama que domina el oído humano.

detección de desalineación entre flechas acopladas, pandeo de flechas, fricción, daños en rodamientos y chumaceras, defectos y/o carga excesiva en engranes, así como defectos eléctricos en motores de inducción que producen vibraciones mecánicas. Sin embargo, aún cuando el análisis de vibraciones sirve para detectar desalineación entre flechas acopladas directamente cuando la máquina está trabajando, muchas veces estos defectos se pueden diagnosticar más fácilmente con ultrasonido o termografía porque la desalineación produce fricción en el cople; además, si la máquina se puede parar, es normalmente más fácil y más seguro medir la alineación sobre el cople con equipo adecuado (medición mecánica o de rayos láser) y se puede de una vez proceder a corregirla. El análisis de vibración tiene la problemática de que muchos defectos producen vibraciones, como puede observarse en la Figura 3, además de que la vibración se transmite de máquina a máquina y de elemento a elemento, mezclándose todas estas vibraciones y complicando así la interpretación. En vista de la alta especialización técnica que requiere la interpretación del análisis de vibraciones y lo elevado del costo del equipo para ello, pero dada la gran utilidad que esta técnica aporta a la predicción de fallas, lo más recomendable es contratar el servicio de empresas especializadas una vez que se considere pertinente por los resultados obtenidos con otras tecnologías.

e. Observación directa y técnicas visuales. Estas técnicas van desde la observación a simple vista, hasta el estudio con aparatos más sofisticados que incrementan la capacidad del ojo humano y/o le permiten ver lugares normalmente inaccesibles. Como ejemplo de estos instrumentos se pueden citar el borescopio que sirve entre otras cosas para observar el interior de tubos; el estroboscopio que, emitiendo destellos de luz a intervalos regulares ajustables, permite medir la velocidad angular de piezas rotatorias haciendo que estas aparezcan como inmóviles; los líquidos penetrantes permiten ver fisuras incipientes o poros que delaten una falla en el material; y finalmente las técnicas radiológicas (rayos X) que permiten "fotografiar" aspectos de la

estructura cristalina de los materiales permitiendo localizar defectos de soldadura, hermeticidad y fallas en materiales. Aunque muchas de estas técnicas son muy accesibles, algunas de ellas presentan el inconveniente de que se requiere detener el equipo para realizar la observación anulando una de las principales ventajas del mantenimiento predictivo que es realizar la inspección con las máquinas funcionando.

2. Programa de Mantenimiento Preventivo.

El programa de mantenimiento preventivo consiste en definir las operaciones que deben efectuarse, estableciendo la secuencia de pasos a seguir, así como la periodicidad con que deben realizarse cada una de dichas operaciones, asignando tiempos, personal, equipo y materiales.

No puede darse un programa de mantenimiento como una receta para todas las empresas. No hay programas de mantenimiento preventivo hechos, ya que deben ser diseñados para satisfacer necesidades individuales de cada planta, considerando el tipo de productos que fabrican, las características del proceso para producir tales productos, así como el método particular de trabajo empleado por cada planta específica. Por ejemplo, puede no ser costeable un programa de mantenimiento preventivo para una planta ensambladora de aparatos electrónicos donde las operaciones son manuales, teniendo muy pocos equipos de servicio, por el contrario, si se trata de una empresa con un proceso continuo como una industria química, con uno o varios cuellos de botella, el programa de mantenimiento preventivo no solo es costeable sino vital.

Hay funciones de mantenimiento que deben integrarse al programa de mantenimiento preventivo para lograr que éste sea eficiente: un buen sistema administrativo, trabajo de administración y programación, adiestramiento, medición del trabajo, informes de control y buenos talleres y herramientas.

El éxito del programa depende fundamentalmente de la importancia que le den todas las áreas de la empresa así como de su participación y apoyo activo al programa. De hecho, antes de que el programador de mantenimiento preventivo inicie la planeación, es necesario que se convenza a sí mismo, a los directivos de la empresa y a las demás áreas, de la utilidad que el programa puede tener, haciendo un análisis consistente en recabar los registros de años anteriores sobre todos los paros imprevistos de la maquinaria, enlistando el costo que tales interrupciones han tenido en mano de obra, material, tiempo extra y otros cargos, además del costo que implica el tiempo ocioso de los operadores, desperdicio de materia prima o producto en proceso y otros costos indirectos de producción, e incluso las pérdidas posibles por lesiones. Por otro lado se hace un estimado de lo que se hubiera gastado en las reparaciones antes de los paros en base a un programa de mantenimiento preventivo. La diferencia entre lo gastado y el estimado indica el ahorro que genera un programa de mantenimiento preventivo.

Obviamente, las ventajas económicas del programa no deben esperarse en el corto plazo, ya que debe considerarse que la implementación representa una inversión por la capacitación, adquisición de nuevo equipo, reestructuración del departamento, contratación o cambio de personal y posiblemente algunos ajustes o corrección de errores iniciales.

Ahora bien, un programa de mantenimiento preventivo debe contemplar los siguientes puntos:

- Qué debe inspeccionarse.
- Con qué frecuencia o periodicidad debe inspeccionarse.
- A qué debe darse servicio.
- Con qué frecuencia o periodicidad se debe dar el servicio.
- A qué componentes se les debe asignar una vida útil.
- Cuánto debe ser la vida útil de esos componentes.
- Recomendaciones del fabricante del equipo respecto a mantenimiento.

Fuentes de información:

La experiencia propia de cada planta no es suficiente para crear el programa de mantenimiento preventivo. Entre las fuentes de información que se deben considerar se pueden citar:

- Las recomendaciones del fabricante respecto a condiciones normales de operación, servicios básicos de conservación, refacciones e insumos permitidos.
- La experiencia de operadores y jefes de producción respecto a las fallas más frecuentes y forma de solucionarlas y prevenirlas en equipos iguales o similares.
- Debe tomarse en consideración la experiencia propia, de los técnicos y demás empleados del departamento de mantenimiento, incluyendo al personal de lubricación.
- En caso de no ser confiables o suficientes otras fuentes, debe realizarse un análisis de ingeniería, que consiste en un estudio detallado del equipo, sus características de construcción y operación y las condiciones en que va a operar, de lo cual se deducen los puntos que deben inspeccionarse, los que deben recibir servicio, las unidades que deben tener vida útil y las periodicidades y vida útil.
- Los registros de servicio y otros controles, que se verán más adelante, en este capítulo, proporcionan no solo una retroalimentación del funcionamiento del mantenimiento preventivo, sino que también son fuente de información para generar nuevos programas.

Qué debe inspeccionarse.

Como guía general para determinar los puntos que deben ser sujetos a una revisión periódica, debe considerarse lo siguiente:

- Todo lo que sea susceptible de falla mecánica progresiva, como desgaste, corrosión, vibración.
- Todo lo que esté expuesto a falla por acumulación de materias extrañas como en el caso de filtros, separadores de agua, resumideros de tanques y depósitos.
- Todo lo que sea susceptible de fugas como son los sistemas de combustible, sistemas hidráulicos, neumáticos y tuberías de distribución de fluidos.
- Lo que con su variación fuera de ciertos límites puede ocasionar fallas. Por ejemplo: niveles de depósito de abastecimiento y niveles de concentración de electrolitos.
- Los elementos reguladores de todo lo que funcione con características controladas de fuerza, presión, tensión mecánica, holgura mecánica, temperatura, voltaje, amperaje, resistencia, etc.
- Lo que recomiende el fabricante del equipo o el manual de operación y mantenimiento.

Periodicidad o Frecuencia.

Inicialmente se debe establecer cual será la unidad de medida para determinar los intervalos a los que se deben realizar las inspecciones o reparaciones establecidas en el programa de mantenimiento preventivo.

- **Tiempo de Operación.** Una unidad muy común son las "horas de servicio" de los equipos y/o sus componentes. Esta unidad se aplica para elementos que se desgastan progresivamente durante el tiempo que funciona la máquina.
- **Operaciones Especiales.** Hay equipos o componentes que solo intervienen en ciertas etapas del proceso como por ejemplo la periodicidad de los arrancadores (marchas) de motores de gasolina se deberá medir en número

de arranques.

- **Tiempo Calendario.** Ciertos componentes tienen un ciclo de vida asociado al tiempo, independientemente de si la máquina está trabajando o no.
- **Mixtos.** Existen muchos equipos o componentes que se deterioran por la combinación de más una de las causas antes citadas. En estos casos se deberá establecer la periodicidad del mantenimiento indicando las variables de las que depende el desgaste por ejemplo "cada 200 horas de servicio o quince días calendario, lo que ocurra primero".

Para determinar cada cuando se debe aplicar el programa de mantenimiento preventivo se debe considerar la edad de la planta y/o del equipo, el tipo de maquinaria, el ambiente y características de la operación.

También debe tenerse en mente que una parte del equipo puede tener varias frecuencias de servicio, como por ejemplo una por turno para inspección rutinaria y lubricación, una diaria para limpieza, una semanal para ajuste, una mensual para inspección de funcionamiento y una reposición general anual.

División de Actividades en el Mantenimiento Preventivo.

- a. **Conservación rutinaria.** Dentro de este punto entran trabajos que se ejecutan en intervalos relativamente cortos, tales como calibración, limpieza, cambio de filtros y lubricación, y se realizan no importando si el equipo está operando. En esta división se incluyen también los trabajos de mantenimiento del inmueble como son calefacción, iluminación, etc.
- b. **Inspecciones y trabajos periódicos.** Abarca todas aquellas labores que son susceptibles de programarse de acuerdo a una agenda. Esto incluye las inspecciones periódicas, servicios programados, cambios de partes con vida útil conocida, reparaciones mayores en paros de producción planeadas, demoliciones o modificaciones.

- c. Trabajo Contingente. Son trabajos que se tienen plenamente definidos pero no se tiene programada la fecha de su ejecución, sino que se realizan aprovechando paros atribuibles a otras razones no relacionadas con mantenimiento como por ejemplo el paro de una máquina por una reducción en la demanda de ventas.
- d. Correctivos. Este inciso es el único que no puede programarse y por tanto debe fijarse como objetivo su máxima reducción y debe consumir el mínimo de tiempo y recursos. Los trabajos involucrados en este aspecto son tendientes a la corrección de fallas reportadas por los operadores, usuarios o inspectores.

Estudio de Prioridades y Disponibilidad de Recursos.

Para que un programa de mantenimiento preventivo sea realista y ejecutable, debe contemplar un análisis de los siguientes puntos:

- a. **Prioridad.** Para asignar más importancia a algunos trabajos que a otros deben considerarse aspectos tales como impacto económico, influencia en el proceso y disponibilidad de recursos. La asignación de prioridades no debe ser una responsabilidad que recaiga exclusivamente en el encargado de mantenimiento, más bien debe ser una decisión concertada en la que intervengan los responsables de producción, administración, recursos humanos y de ser necesario hasta los niveles directivos. En empresas pequeñas puede bastar con una simple plática entre encargados, pero a medida que la organización es más grande, la tarea se complica.
- b. **Disponibilidad de Mano de Obra.** Este inciso debe supeditarse a la prioridad de los trabajos, por lo que en determinados casos se deberán tomar decisiones como laborar tiempo extra, contrataciones temporales o por obra determinada, asignar provisionalmente personal de otros departamentos a

labores de mantenimiento, empleo de contratistas externos, y en casos de baja carga de trabajo de mantenimiento se puede aprovechar el tiempo en capacitación o adelantar trabajos de prevención.

- c. Disponibilidad de Materiales. Es muy importante que el departamento de mantenimiento defina y controle los inventarios de materiales y refacciones (aún cuando el almacén sea administrado por otra área), de tal suerte que la carencia de material no sea un obstáculo para trabajos sumamente prioritarios.
- d. Disponibilidad de la Maquinaria y Equipo de Producción. Los paros programados para el mantenimiento del equipo de proceso no deben interferir con los programas de producción, por lo que las periodicidades deberán ser fijadas racionalmente, acordandolas entre producción y mantenimiento.

Formas de Programación.

Aún cuando en la sección 3 de este capítulo (Controles de Mantenimiento, "Programación General de Mantenimiento" y "Programación Detallada") se abordará más profundamente este tema, por ahora solo se menciona que existen básicamente dos tipos principales de programas: las "Formas Totales" y las "Tarjetas individuales".

- a) Formas Totales. Consisten en programas a manera de tabla, donde en la parte superior se indican los días, semanas o meses, y en el margen izquierdo se desglosa el equipo. Las fechas de inspección se muestran por una señal (por ejemplo una cruz) en la columna apropiada, utilizando otros símbolos diferentes para identificar limpieza, ajuste, reparación general y otros aspectos (Figura 4).
- b) Tarjetas Individuales. Se abre una tarjeta separada para una función de

INGENIERÍA DE PLANTA

PROGRAMA SEMANAL DE MANTENIMIENTO

EQUIPOS: SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

X Limpieza

@ Reparación general

<> Revisión funcional

		SEMANA →																							
Edificio	Parte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	...	46	47	48	49	50	51	52	
Edificio Norte	Unidad		X	@		X			X			X			X		...	<>	X				X		
	Filtros	X							X								...	X							
	Ventiladores	X															...	X					X		
	Control		X		<>	X			-X	<>		X	<>		X		...	<>	X				X		<>
Laboratorio de calibradores	Unidad					<>		X	@			<>				X	...					<>			
	Filtros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ventiladores			X								X					...				X				
	Control				X	<>					X				X		...			<>					
Cafetería	Unidad						@										...					<>			
	Filtros	X			X			X			X				X		...		X				X		
	Ventiladores																...								
	Control	<>								<>							...	<>							
Capacitación	Unidad					<>		X			<>				X	...					<>				

54

FIGURA 4. FORMAS TOTALES DE PROGRAMACIÓN (MANTENIMIENTO PREVENTIVO).

servicio de cada máquina, parte o pieza de equipo. Tienen la ventaja de incluir más detalles sobre los requerimientos del mantenimiento preventivo, además de que son fácilmente combinables con los registros de equipo. La tarjeta incluye una serie de datos en un extremo, dejando espacio para marcar señales que indiquen la fecha o periodicidad en que debe hacerse la siguiente inspección, limpieza, reparación, etc. Así por ejemplo, una tarjeta que indica una operación con periodicidad mensual, que ha sido realizada el 12 de enero, bastará con archivarla en el tarjetero, ordenado cronológicamente, en el lugar correspondiente al 12 de febrero.

3. Controles de Mantenimiento.

Un elemento fundamental en un sistema serio de Mantenimiento Preventivo lo constituyen los "Controles de Mantenimiento" cuya función es la de planificar y controlar de una manera organizada y sistemática el trabajo de mantenimiento, así como también llevar los registros necesarios para la evaluación de la efectividad del programa y que sirven además como fuentes de información para la realización de proyectos. Esta labor de control se puede realizar auxiliándose de pizarrones o tableros, tarjetas, formas estandarizadas y sistemas de cómputo. Cada empresa deberá elegir las herramientas que considere más apropiadas para controlar la actividad de mantenimiento, de acuerdo a sus recursos y necesidades.

Cabe hacer la observación de que en la actualidad los sistemas y equipos de cómputo son muy accesibles por su bajo precio, facilidad de operación y pocos requerimientos técnicos para su aplicación. Se puede auxiliar el trabajo de control de mantenimiento simplemente con hojas de cálculo electrónicas ("Lotus", "Quattro", "Excell", etc.) o bien comprar programas ("software") ya hechos expresamente para auxiliar el control de mantenimiento, que van desde simples programas contenidos en uno o varios discos flexibles ("disquetes") que pueden correrse en microcomputadoras personales y que auxilian a emitir ordenes de

trabajo, controlar avances y registrar costos, hasta sofisticados sistemas que implican complejas redes informáticas, a las que se integran terminales ubicadas en el almacén de refacciones, taller de mantenimiento, líneas de proceso, oficinas del personal de control de mantenimiento y hasta en las áreas administrativas o directivas de la planta, pudiendo encontrar incluso sistemas en los que se incluyen detectores que se encuentran fijos en las máquinas de proceso y que envían información a un cerebro central respecto a vibraciones, temperaturas, presiones, etc. por lo que se automatizan la mayoría de las labores de inspección, control de inventarios, distribución de cargas de trabajo, personal, programación de revisiones y reparaciones, emisión de ordenes de trabajo, requisiciones de compra y elaboración de reportes de todas clases, "con solo presionar un botón".

Por otro lado, puede parecer muy difícil establecer sistemas de control de mantenimiento porque puede llegarse a pensar que se requiere contratar a un grupo de personas específicamente para realizar las actividades de control, revisando "por segunda vez" las actividades de los supervisores y empleados de mantenimiento. Sin embargo, en un departamento de mantenimiento, con alrededor de 50 personas, basta con que una persona dedique parte de su tiempo para realizar esta función, auxiliándose de una computadora personal.

Los elementos básicos que deben considerarse en el control del trabajo de mantenimiento son los siguientes:

- a. Función de planificación del trabajo.
- b. Sistema de ordenes de trabajo.
- c. Sistema de prioridad del trabajo.
- d. Procedimiento de estimación.
- e. Programa general.
- f. Procedimiento de programación de detalle.
- g. Procedimiento de control de horas.
- h. Base para la medición del trabajo.
- i. Sistema de información.

j. Normas de trabajo.

A continuación se explicará brevemente cada uno de los elementos antes mencionado, proponiendo a como ejemplo algunas formas para su realización, pero se insiste en que cada empresa, de acuerdo a sus muy particulares necesidades y recursos, deberá generar las formas que considere idóneas.

- a. **Planificación del trabajo.** Esta función tiene por objeto trazar el camino a seguir para el mantenimiento, asegurando que se realice solo el trabajo necesario y que este se cumpla del modo más efectivo. Consiste en analizar todas las peticiones o solicitudes que puedan generar un trabajo de mantenimiento adicional al programado, estimando horas-hombre necesarias, prioridad del trabajo y fechas de inicio y fin de la obra. Como resultado de dicho análisis se generan las "Ordenes de Trabajo de Mantenimiento".
- b. **Sistema de Ordenes de Trabajo.** La orden de trabajo de mantenimiento es el documento donde se formaliza la autorización del trabajo de mantenimiento (Figura 5). Contienen la descripción de los trabajos a realizar, su prioridad, los estimados de mano de obra, materiales y tiempos de realización, personal y responsables involucrados, así como partida contable a la que se debe cargar el costo del trabajo. Paralelo a la orden de trabajo debe existir una hoja de registro de trabajo (normalmente al reverso de la orden del trabajo) donde se deberán anotar los tiempos reales, horas-hombre consumidas y materiales efectivamente empleados para la realización del trabajo (Figura 6). Pueden establecerse diferentes tipos de ordenes de trabajo de acuerdo con la complejidad del trabajo que involucran, por ejemplo, puede haber "Abiertas" para aquellos trabajos rutinarios, por lo que se puede hacer una orden semanal o mensual o incluso "por tiempo indefinido" con cortes parciales para registro y evaluación; o bien "ordenes rutinarias" para trabajos menores que puede llenar el supervisor de mantenimiento en base a una petición a través de una simple llamada telefónica. Por otro lado, debe llevarse un "Control de

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		O.T. No.	
TÍTULO: _____		PRIORIDAD: _____	
PROPÓSITO: _____		DEPTO.: _____	
SOLICITÓ: PREPARÓ: APROBÓ:	NOMBRE	DEPARTAMENTO	FECHA
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
CARGAR A CUENTA No.: _____		COSTO ESTIMADO:	
RESPONSABLE DE EJECUTAR: _____ _____		Mano de obra: _____	
FECHA DE ENTREGA: _____		Gastos: _____	
		Material en existencia: _____	
		Material a comprar: _____	
		Flete: _____	
		Impuestos: _____	
		Contrato externo: _____	
		TOTAL: _____	
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	Mano de Obra	Material
1			
2			
3			
4			
5			
6			
OBSERVACIONES. _____ _____ _____			

FIGURA 5

Rezagos" en base a un registro llamado diario de ordenes de trabajo en el que se van anotando todas las ordenes de trabajo abiertas y se van tachando las ya ejecutadas; periódicamente se determina el número de ordenes de trabajo pendientes de ejecutar, el número de horas-hombre que requieren para ejecutarlas y el tiempo que requerirá desahogarlas con los recursos disponibles, tomando las medidas alternas pertinentes como las que se mencionaron en el inciso "g" control de horas.

- c. **Sistema de Prioridades del trabajo.** Este sistema sirve para establecer secuencias de trabajo, es decir, se debe establecer una jerarquía a los trabajos indicando los que deben realizarse antes que otros. Por ejemplo: "Prioridad 1" o "Urgentes", trabajos que deben anteponerse a cualquier otro por ser indispensables para el buen funcionamiento de la compañía; "Prioridad 2" o "Inmediatos" que son importantes, pero se realizan solo cuando se han concluido los de prioridad 1; "Prioridad 3" o "Programables" que son trabajos convenientes de realizar, pero que pueden esperar a que haya bajas cargas de trabajo, o bien, aunque sean programados para una fecha específica puedan ser postergables en caso de que en dicha fecha haya carga excesiva de prioridades 1 ó 2; "Prioridad A" o "Contingentes" para aquellos que deban modificar el orden original por, accidentes, enfermedad o ausencia de trabajadores; y "Prioridad O" o "Administrativos" para aquellos que involucran la realización de reportes a la dirección de actividades, gastos, etc. y otras labores administrativas realizadas en la oficina y no en el taller.
- d. **Procedimiento de Estimación.** La clave de un buen procedimiento de control de trabajo es la estimación exacta de las horas-hombre y materiales requeridos para cada trabajo. Para obtener buenas estimaciones se debe reducir cada tarea a sus elementos de trabajo básicos asignando valores a cada elemento. Si bien, cuando se inicia un sistema de estimaciones, sólo se pueden obtener cálculos aproximados basándose en las opiniones de operadores, mecánicos o supervisores, a medida que se van registrando

tiempos y recursos reales empleados en trabajos realizados, se puede llegar a estimaciones de trabajos complejos con exactitudes de más/menos cinco por ciento. Por ello, es indispensable establecer un método de retroalimentación que incluya mecanismos de revisión y ajuste de los "tiempos y costos unitarios" empleados en las estimaciones, así como detección y explicación de desviaciones importantes que pueden conducir a implementar acciones correctivas.

- e. **Programa General de Mantenimiento.** La esencia de la programación es mantener un balance adecuado entre las cargas de trabajo (o tareas autorizadas) y la capacidad de trabajo disponible (mano de obra y recursos). Una "programación general" se debe realizar antes de intentar la "programación detallada". Deberá vigilarse que la diferencia entre la capacidad de trabajo disponible menos las "horas-hombre" requeridas para los trabajos programados sea en todo momento a favor para garantizar que exista capacidad de trabajo disponible ya sea para los trabajos con "Prioridad 3" o bien para cubrir contingencias o compensar condiciones mal estimadas y/o imprevistas. Este programa de mantenimiento se deberá hacer lo más realista posible de tal suerte que no tenga que cambiarse mucho sobre la marcha, pero es importante considerar que debe tener cierta flexibilidad para prever ciertos ajustes a futuro.
- f. **Procedimiento de programación de detalle.** Para garantizar que las diferentes actividades del programa general se realicen de una manera completa y eficiente se requiere una programación detallada de cada una de las tareas. Así por ejemplo, una "Inspección" señalada en el programa general se complementa con un detalle de "Lista de puntos a Checar", comunmente llamada Check List (Figura 7), o bien, para cada servicio preventivo se asocia una hoja o tarjeta de puntos a revisar y/o corregir (Figura 8).
- g. **Procedimiento de control de horas.** El control de horas proporciona la

**REVISIÓN DE EQUIPO
"CHECK LIST"**

Realizado por: _____
NOMBRE

Supervisor: _____

Fecha: _____ Turno: _____

Firma: _____

DESCRIPCIÓN	OK	Corrección	No corre- gido	Refacciones	Observaciones
HORNO DE INDUCCIÓN					
Ventilador					
Tablero de Control					
Motor					
Brazo de Grafilo:					
Equipo Hidroneumático:					
Ventilador					
Motor					
Equipo Anticontaminación					
Bomba C.M. 280					
Motor					
Ventilador de dos pasos					
Motor de 200 H.P.					
Controles del sistema anticontaminación.					
Tinas de Fofuro					
Bomba					
Motor					
Sistema Hidráulico					
Subestación					
Transformador 500 KVA					
HORNO LATONES ESPECIALES					
Sistema hidráulico					
Controles eléctricos					
Campanas de extracción					
Cofaines					
Mesa de carga					
Ventilador del horno					
Motor					
Ventilador booster					

FIGURA 7

acumulación del costo en horas para cada trabajo y sirven para mostrar con exactitud la distribución de horas de trabajo para las diferentes ordenes de trabajo abiertas. Independientemente de que en el registro de trabajo (Figura 6) se especifican las horas consumidas por cada trabajo, es muy útil realizar un condensado que contenga el tiempo que cada empleado dedicó a cada trabajo y el tiempo total gastado en cada orden de trabajo (Figura 9). Las irregularidades en las cargas de trabajo de mantenimiento son normales, por lo que deben tenerse previstos mecanismos de ajuste de mano de obra tales como contrataciones temporales o por obra determinada, aumento o reducción de personal de planta, redistribución de personal y autorización de tiempo extra.

h. Base para la medición del trabajo. Es de suma importancia establecer métodos para la evaluación del trabajo de mantenimiento, ya que solamente mediante un sistema de calificaciones se podrá definir si el sistema de mantenimiento es adecuado, no lo es o requiere algunas adaptaciones. Algunos factores a medir son: rezagos en los trabajos, horas empleadas para determinadas reparaciones y otros trabajos vs. horas estimadas; tiempos muertos de equipo vs. tiempo de utilización dentro de un período preestableciendo (semana, mes, año); costo del mantenimiento vs. valor del equipo; y costo de desperdicio por mala operación del equipo vs. costo de la producción de dicho equipo. Las mediciones obtenidas servirán para fijar estándares de calidad y para evaluar el desempeño del departamento, comparando las mediciones contra los estándares y contra los registros anteriores. La representación en gráficas (de líneas, barras, circulares o "tipo pastel") del comportamiento de los valores medidos son excelentes mecanismos para evaluar las mejoras o retrocesos registrados en el programa de mantenimiento.

i. Sistema de información. Debe fijarse un adecuado sistema de información para registrar el cumplimiento y efectividad del sistema de mantenimiento, así

como las variaciones que sufra. Debe establecerse la información que debe contener cada reporte, de quien es la responsabilidad de hacerlo, con que frecuencia y a quienes va dirigido. Así mismo, debe establecerse qué tipo de decisiones se pueden o deben tomar las personas a quienes se dirigen los reportes en base a los datos en ellos contenidos, de tal suerte que el esfuerzo que implica el control de mantenimiento no quede estancado.

- j. **Normas de trabajo.** Finalmente, deben fijarse normas o políticas que unifiquen los criterios de todo el personal, en cuanto a procedimientos de trabajo, formas a llenar, estándares de servicio y calidad, así como responsabilidades de cada área o personas.

Control de Trabajos por Equipo.

Consiste en llevar un registro pormenorizado de todos los trabajos de mantenimiento realizados a cada equipo, incluyendo fechas, falla o descripción del trabajo, reporte de ejecución, mano de obra y materiales utilizados, con el costo que representan (ver Figura 10). Este control sirve para dos objetivos básicos:

- **Objetivo Técnico.** Permite detectar puntos débiles, para realizar un estudio de modificación de diseño, materiales, etc.
- **Objetivo Económico.** El monto de los gastos de mantenimiento, así como costos indirectos por paro del equipo sirven para evaluar la eficiencia del mantenimiento y realizar estudios económicos de reposición y rentabilidad.

Control de Materiales.

Esta función puede o no ser responsabilidad directa del departamento de Mantenimiento, sin embargo, el departamento debe tener una relación muy directa con esta función ya que el mejor sistema de mantenimiento puede fracasar por un mal sistema de abastecimiento de materiales. El departamento de mantenimiento debe determinar qué y cuántos materiales se deben tener en existencia, así como

INGENIERÍA DE PLANTA

CONTROL DE GASTOS POR CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

Equipo: Homo No. 2

Área: Fundición

Fecha	No. de O.T.	Descripción del Trabajo Realizado	Costo H.H.	Costo Material	Costo Total	Costo Acumulado
02.08.94	23749	Se soldaron 5 tubos de 1"	NS82.20	NS68.31	NS150.51	NS150.51
06.08.94	23764	Colocar nuevas rodajas	NS1,200.00	NS3,800.00	NS5,000.00	NS5,150.51
10.08.94	23786	Montar Horno	NS800.00	NS0.00	NS800.00	NS5,950.51
16.09.94	23802	Recortar ducto	NS130.00	NS210.00	NS340.00	NS6,290.51
16.09.94	23803	Continuar recorte de ducto	NS130.00	NS0.00	NS130.00	NS6,420.51
16.09.94	23804	Terminar recorte de ducto	NS130.00	NS0.00	NS130.00	NS6,550.51
17.09.94	23825	Soldadura de ducto	NS87.00	NS128.00	NS215.00	NS6,765.51
20.10.94	24002	Fabricar anclas y soldar al ducto	NS308.00	NS92.00	NS400.00	NS7,165.51
23.10.94	24086	Fabricar 10 eslabones	NS245.00	NS40.00	NS285.00	NS7,450.51
27.10.94	24132	Presencia vaciada de horno	NS44.00	NS0.00	NS44.00	NS7,494.51
27.10.94	24135	Habilitar tornillos	NS87.00	NS0.00	NS87.00	NS7,581.51
03.11.94	24315	Retirar pistón y colocar empaques	NS875.00	NS1,240.00	NS2,115.00	NS9,696.51
12.11.94	24512	Colocar pistón y ajustar	NS761.00	NS0.00	NS761.00	NS10,457.51
13.11.94	24551	Revisar y reparar reductor cambio de corona	NS6,400.00	NS5,200.00	NS11,600.00	NS22,057.51
15.11.94	24598	Fabricar 100 bujes para chumacera	NS780.00	NS450.00	NS1,230.00	NS23,287.51
16.11.94	24610	Se enderezan 3 canastillas	NS126.00	NS0.00	NS126.00	NS23,413.51
25.11.94	24704	Cortar canal a master	NS122.00	NS42.00	NS164.00	NS23,577.51
25.11.94	24706	Armar master	NS256.00	NS143.00	NS399.00	NS23,976.51

FIGURA 10. REGISTRO DE MANTENIMIENTO POR EQUIPO.

vigilar el adecuado control del inventario.

La pregunta "¿Qué se debe tener en existencia?" la debe responder el departamento de mantenimiento en base a su experiencia, clasificando los materiales en:

- Equipos y herramientas (llaves, multímetros, instrumentos, etc.)
- Materiales de consumo (lubricantes, combustibles, detergentes, madera, cemento, tornillería, clavos, empaques, etc.).
- Piezas de repuesto, que pueden ser consumibles, o sea que se sustituyen por piezas nuevas desechando las viejas (focos, filtros, fusibles, etc.) o bien piezas reparables, que son aquellas que al fallar se sustituyen por otras nuevas o reparadas, enviándolas al taller para su reacondicionamiento y reuso posterior.

La respuesta a "¿Cuánto se debe tener en existencia?", que involucra el definir para cada material la reserva, el punto de reposición y el lote de reposición, debe ser definida conjuntamente por el departamento de mantenimiento y el de almacén. Mantenimiento debe indicar el consumo de materiales, estimándolo o calculándolo, para que el almacén realice un estudio económico, definiendo el punto medio entre el "costo de tener un inventario", "costo de adquirir el inventario" y el "costo de no tener inventario"

4. Taller de Mantenimiento.

Para desarrollar eficientemente labores de mantenimiento tales como reparaciones, recambios, reacondicionamiento de equipo, mejoras y adaptaciones e incluso construcción de nuevos equipos, resulta muy útil tener un taller mecánico ligado al departamento de mantenimiento. Entre las principales ventajas de contar con dicho taller se pueden citar:

- a) Los paros por reparaciones de las máquinas de producción pueden reducirse considerablemente, mediante la fabricación de los recambios que no se poseen en almacén.
- b) A veces, resulta más barato fabricar en el taller las piezas de recambio que comprarlas al proveedor.
- c) Los ajustes y las modificaciones pueden efectuarse más fácilmente, sin recurrir a subcontratistas.

Todo taller de mantenimiento debe estar bien equipado en cuanto a herramientas manuales se refiere, contando con uno o varios juegos, dependiendo del número de personas que laboran en el departamento, tales como llaves españolas, llaves allen, desarmadores planos y de cruz (phillips), pinzas y alicates, equipo de metrología, placas para verificar superficies, etc. además de otras herramientas especiales o equipos portátiles como taladros de mano y multímetros entre otros.

Las máquinas herramientas con las que debe contar varían en cantidad y capacidades dependiendo del tipo de piezas que el taller tenga que maquinar con frecuencia así como de la disponibilidad y costo de las piezas de recambio. Es indispensable que las máquinas sean versátiles, tanto más cuanto menor sea el taller. Se propone la siguiente lista de máquinas, sin pretender ser muy específicos: simplemente se destacan los rasgos peculiares que resulten útiles para la elección del equipo de taller. Las medidas que se dan son las mínimas requeridas y además, son aproximadas.

- a. Pequeño taller mecánico. Cuando es probable que solamente sea necesario un limitado número de reparaciones en la fábrica, está fuera de lugar el equipar un taller de mantenimiento con máquinas herramientas, que sólo serán parcialmente utilizadas. En tales casos, gran parte del trabajo puede comprarse o contratarse en talleres externos, pero resultará todavía necesario, para llevar a cabo reparaciones urgentes de naturaleza sencilla, tener el siguiente equipo:

- a.1. Taladro vertical, con broquero de 1.5" y velocidades variables desde 30 hasta 1,500 r.p.m. Las características principales para el taladro son la resistencia y rigidez, broquero bien ajustado, caja de cambios sólida y mesa resistente, con potencia del motor suficiente para poder utilizar sin inconvenientes la velocidad máxima (al menos 2 HP).
 - a.2. Esmeril de banco con doble rueda abrasiva. Se utilizará para afilar herramientas y brocas, así como para pequeños trabajos manuales de rectificado.
 - a.3. Torno paralelo de 200 mm de altura de puntos y 1,800 mm de distancia entre puntos, con movimientos de cilindrado, refrentado y roscado. Debe incluirse un sólido conjunto de cabezal fijo, equipado con rodamientos de bolas o de rodillos, y que contenga un husillo con agujero de diámetro adecuado (2.5" o mayor). Amplia gama de velocidades (aproximadamente de 20 a 1,500 r.p.m.). La máquina debe estar provista de puente móvil o postizo, y el equipo debe ser tan completo como sea posible, incluyendo platos de 3 y 4 garras, plato de garras independientes, plato de arrastre y accesorio para torneado cónico.
 - a.4. Banco resistente de 1.80 m x 0.90 m aproximadamente, con un tornillo de banco (mordaza) de 150 mm, provisto de cajones.
 - a.5. El taller debe contar con medios adecuados para la elevación de las máquinas y sus componentes; dependiendo del tamaño y peso de los equipos que normalmente ingresen al taller se podrá decidir entre poleas, polipastos o incluso una grúa viajera.
- b. Taller de mayor capacidad.** Cuando aumentan las necesidades de trabajos de reparación, el equipo anterior debe ser incrementado con la adición de las máquinas siguientes:
- b.1. Rectificadora universal de 250 mm de diámetro máximo admisible y 600 mm de distancia entre centros. Debe contar con un resistente husillo portamuelas que debe equiparse con un fiable mecanismo de avance,

- apto para mantener una exacta relación de avance. Los husillos del cabezal portapieza y del cabezal contrapunto deben ser bastante robustos, para resistir el peso de piezas de gran diámetro, sin deformarse ni desviarse. Es esencial tener a mano una amplia gama de equipo auxiliar; este debe incluir lo siguiente: mandril para rectificado de interiores, lunetas, platos de tres y cuatro garras, plato de arrastre, equipo de afilado de muelas y protectores contra salpicaduras frontales.
- b.2. Fresadora universal, tamaño de la mesa 1,200 mm por 300 mm. Debe estar provista de desplazamientos rápidos y de trabajo para los movimientos longitudinal y transversal de la mesa, y para el movimiento vertical del codo. Amplia gama de velocidades, oscilando entre las 30 y 1,000 r.p.m. Incluso en su presentación más sencilla, esto es sin ningún accesorio, esta máquina debe ser capaz de llevar a cabo muchas operaciones que de otro modo, tendrían que ser realizadas manualmente. Plenamente equipada (con divisor universal, accesorios para fresado vertical y para ranurar, y una mesa giratoria), la fresadora universal se convierte en una de las más versátiles de las máquinas herramientas, capaz del tallado de engranes, ranurado, mecanizado de chaveteros y, por supuesto, todas las formas de fresado vertical y horizontal.
- b.3. Equipo de soldadura oxiacetilénica y de soldadura de arco eléctrico. Este equipo es necesario para realizar reparaciones rápidas y/o temporales. Se precisan ambos tipos de soldadura y debe disponerse, junto con el equipo oxiacetilénico, de un soplete para calentar metales y para limpieza por quemado de pintura.

5. Personal de Mantenimiento.

En la Figura 2, capítulo I, se ha presentado un organigrama general del departamento de Ingeniería de Planta, dividiendo al departamento de

mantenimiento en área mecánica, área eléctrica, intendencia y casa de fuerza; sin embargo, cada una de las divisiones puede contar con varias personas a cargo del responsable, que a su vez pueden tener diferentes categorías, dependiendo del sistema de personal de la empresa, tales como "Maestro", "Ayudante" y "Aprendiz".

Referente a cuántas especialidades de "Maestros" se requieren, es muy variado dependiendo de la naturaleza y volumen de trabajos así como del tamaño de la empresa y recursos disponibles. Recordando los principios de la organización que fueron detallados en el capítulo I, es muy útil contar con especialistas para cada caso, con lo que se aseguran trabajos de calidad en el menor tiempo posible. Entre las especialidades se pueden citar:

- Fogonero
- Mecánica
- Montaje y ajuste
- Maquinado (torno, fresa, etc.)
- Carpintería
- Electricidad
- Electrónica
- Instrumentación
- Mecánica automotriz
- Soldadura
- Herrería
- Lubricación
- Plomería
- Limpieza
- Etc.

Sin embargo, aún cuando cada empleado tenga una especialidad, es conveniente que conozca otros campos de acción para fines de coordinación de trabajos, eliminar dependencias y burocratización.

El área de mantenimiento constituye un campo idóneo para el adiestramiento de aprendices. Es conveniente que durante los primeros dos años, los aprendices trabajen por periodos en las diferentes especialidades, tras lo cual se les podrá introducir en la labor para la que hayan mostrado mayor aptitud, con la ventaja de que se está formando un especialista, pero que conoce todas las áreas de mantenimiento.

Un sistema conveniente de trabajo es que un Maestro trabaje con grupos de tres o más personas, entre ayudantes y aprendices, dedicándose cada grupo al mantenimiento de tres o cuatro máquinas o partes a la vez, pudiendo el personal menos calificado realizar las tareas más sencillas, reservándose para el Maestro los trabajos más complicados. Además, si se interrumpe el trabajo en una máquina por falta de materiales, el personal puede continuar trabajando en las otras dos o tres máquinas. Las excepciones para este sistema de trabajo es cuando se trata de la reparación de una "Máquina Clave", en la que deberá enfocarse al 100% el grupo de trabajo, o bien, cuando el Maestro, a pesar de haber demostrado tener excelentes dotes de técnico, no tiene aptitudes de liderazgo, lo más conveniente es que se le asignen trabajos para él solo.

6. Descripción General del Mantenimiento.

¿A qué se debe dar Mantenimiento?

La respuesta a esta pregunta es sencilla: A todo aquello que esté sujeto a desgastarse o perder vigencia en la planta. Puntualizando se puede enlistar:

- Equipo de proceso (hornos, intercambiadores de calor, tuberías, bombas, compresores, motores, instrumentos).
- Equipo de seguridad (válvulas de alivio de presión y vacío, controladores de flama, equipos de respiración y de primeros auxilios).
- Equipo de servicio (calderas principales, generadores eléctricos, suministros,

almacenes y sistemas para distribución de agua, vapor y tuberías de aire comprimido).

- Tanques y equipo accesorio (tanques de almacenamiento, tuberías, diques, zanjas o acequias, caños, calibradores e instrumentos de medición).
- Edificios de planta (incluye áreas de embarque y almacenamiento, áreas verdes, caminos, espuelas de ferrocarril e instalaciones deportivas).
- Equipo de protección contra incendio (abastecimiento de agua y tuberías, bombas, instalaciones permanentes para extinguir fuego con espuma, niebla, gas, rociadores o polvo seco, extinguidores auxiliares, camiones de bomberos y sistemas de alarma).

¿Cómo se debe dar mantenimiento?

Esta respuesta no es tan sencilla; como se ha indicado anteriormente, debe basarse en información del fabricante, experiencia previa y estudios de ingeniería para confeccionar programas de mantenimiento adecuados.

Es importante que cada empresa realice su propio "Manual de Mantenimiento", el cual constituirá para su caso específico la respuesta a ¿cómo se debe dar mantenimiento?. El manual de mantenimiento debe describir las normas, la organización y los procedimientos en una empresa para efectuar la función de mantenimiento, así como métodos normalizados para el mantenimiento y reparación de equipos y aparatos. Deberá incluir el desglose de equipos, con las secuencias de inspección, revisión y reparación, partes a reemplazar, frecuencias, etc.

Se puede establecer una división de las actividades de mantenimiento en:

- a. Equipo mecánico.
- b. Equipo eléctrico.
- c. Equipo electrónico.
- d. Equipo especial.
- e. Sistemas (eléctrico, agua, gas, aire comprimido).
- f. Instalaciones y edificios.

A continuación se darán algunas recomendaciones básicas sobre el mantenimiento de equipos y partes más comunes; definitivamente cada planta tendrá que complementar esta información para constituir su propio manual de mantenimiento:

a. Equipo Mecánico.

a.1. Cojinetes.

El material antifricción debe ceder y cuando daña o distorsiona el eje, es un indicativo de que algo sucede y se deben hacer ajustes; teniendo una buena lubricación, el cojinete tendrá una duración mayor.

Es necesario que se aplique de manera apropiada el lubricante, observando los programas de drenado y reemplazo, proporcionando filtración si es necesario, reduciendo al mínimo la contaminación y manteniendo la temperatura de operación tan baja como sea posible.

Antes de que el lubricante tenga ocasión de desgastarse, se contaminará con agua, rebabas de metal, partículas abrasivas o compuestos orgánicos ácidos, que ocasionarán desgaste o pérdida del material antifricción.

Limpieza. La duración del lubricante puede aumentarse por la continua remoción de los contaminantes (filtración). Son importantes las partes como filtros de aire, recipientes para el lubricante y cubiertas que ajustan herméticamente sobre los depósitos de aceite. Hay que tomar en cuenta dentro de la revisión de los cojinetes la temperatura y la presión.

Temperatura. El control de la temperatura es un factor importante en la duración de los cojinetes. Las temperaturas altas privan de su resistencia a los materiales antifricción, arriba de 135° C promueven la rápida separación de los lubricantes para formar lodos o compuestos corrosivos. Por medio de un termómetro o

tocando el aceite, la temperatura del cojinete debe ser determinada a intervalos frecuentes. Si se descubre un cojinete anormalmente caliente debe enfriarse por algún medio o bien, si fuera necesario, detener la maquinaria.

Presión. Se debe checar el manómetro de presión, una presión alta o baja puede ser señal de peligro. Si falla una bomba o una línea, será impedida la lubricación o puede ser restringido el flujo de aceite.

a.2. Bombas Centrifugas.

Para el mantenimiento de las bombas se tiene que checar la lubricación de las chumaceras, los collarines deben de estar empacados con el empaque correcto, quedando ajustado uniformemente y con el apriete justo para evitar la pérdida de agua o la filtración de aire al interior, pero no debe quedar muy apretado para que no frene la flecha.

Es importante que el alineamiento del motor con respecto a la bomba sea revisado regularmente; si no está alineado, causará un desgaste excesivo en chumaceras y cojinetes, ocasionando un sobrecalentamiento en el motor y la bomba. Cuando se vean síntomas de que la empaquetadura se ha endurecido y tiene tendencias a rayar la flecha, hay que cambiar, en caso de que tenga sellos mecánicos hay que lubricar las caras de estos sellos.

a.3. Compresores.

Dentro del mantenimiento que debe darse a los compresores (como el de la Figura 11) está la lubricación, donde se debe verificar el nivel de aceite; al estar llenándose el colector de aceite del compresor hay que asegurarse de que esté libre de polvo o arena. Manteniendo el agua del compresor a una temperatura de 120° y 130°F se tendrá un buen enfriamiento y lubricación ya que un cilindro frío no se lubrica adecuadamente. Además, la lubricación se vería afectada al necesitar un exceso de potencia, y así se conserva en un mínimo de condensación el cilindro.

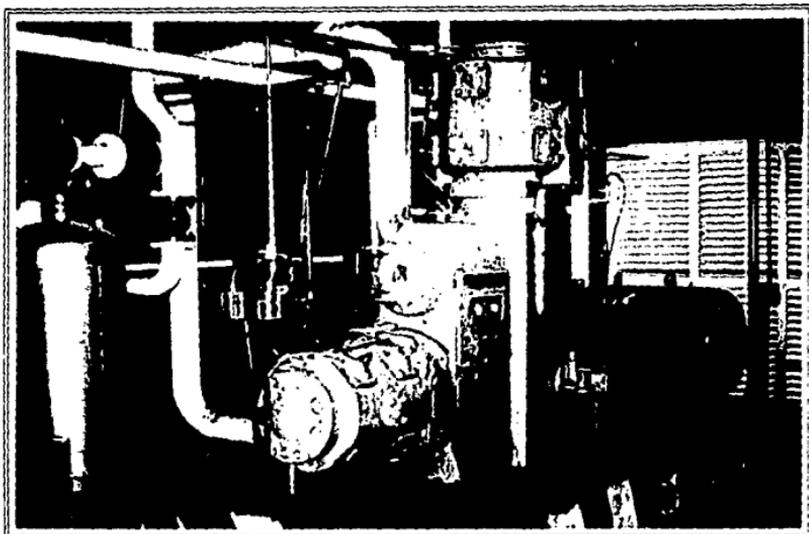
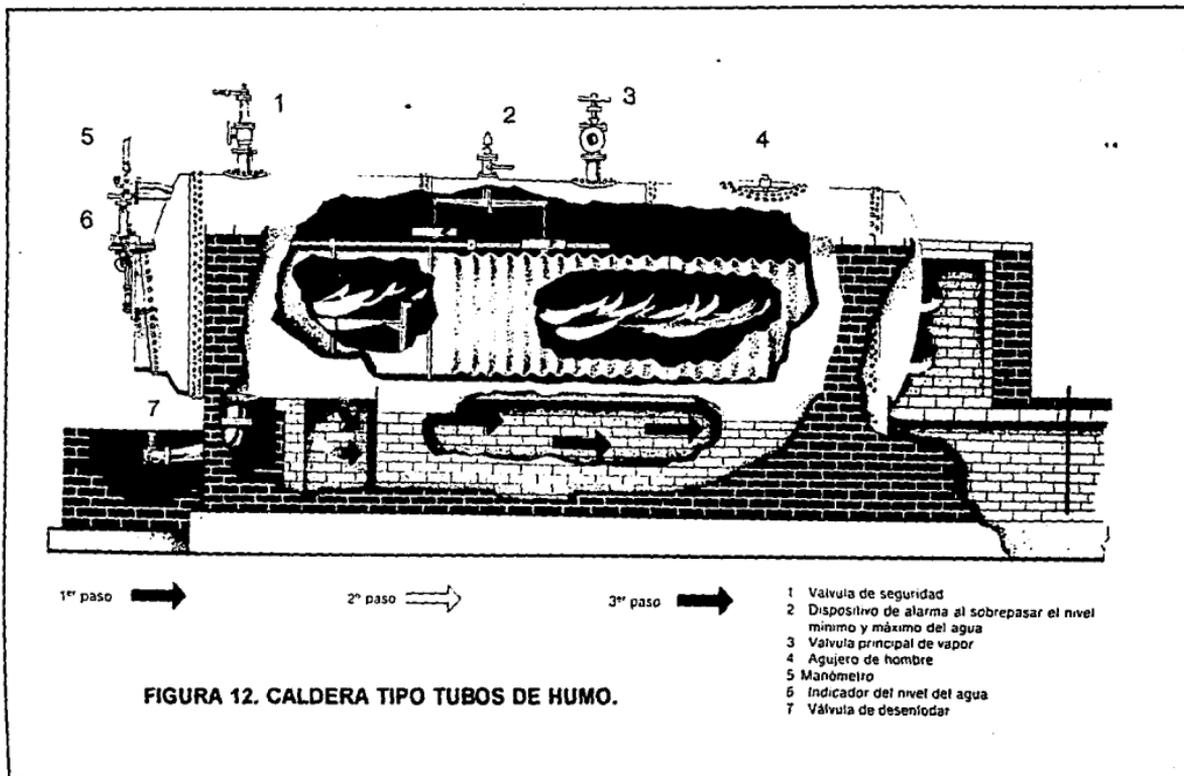


FIGURA 11. COMPRESOR RECIPROCANTE DE AIRE.

a.4. Calderas.

La inspección y el mantenimiento deben llevarse a cabo cuando la unidad se pone fuera de servicio. Es frecuente que la limpieza externa se efectúe con agua o chorros de aire. Las superficies interiores de calderas pequeñas se conservan limpias por medios mecánicos, pero las de mayor capacidad se mantienen por medios químicos a base de una composición normal de 3 a 5% de ácido clorhídrico mezclado con agentes humectantes y complejos que cumplen la función de remover la sílica y otras incrustaciones de cierta dureza (como óxidos de cobre o hierro), y un inhibidor adecuado que impide el excesivo ataque de las partes componentes de la caldera. El ácido clorhídrico debe usarse en superficies no incrustadas, ya que da lugar a agrietamientos en el material, debido a su fuerza de corrosión. Se recomienda en estos casos ácidos que puedan ser orgánicos o inorgánicos.



En caso de inactividad durante pequeños o grandes períodos debe emplearse agua tratada con 10 ppm de amoníaco y 200 ppm de hidracina, este es el mejor medio de protección.

a.5. Hornos.

Existen muchos tipos de hornos, por lo que no puede englobarse un solo tipo de mantenimiento para todos ellos. Sin embargo, es importante cambiar los refractarios de acuerdo a lo prescrito por el fabricante para la temperatura y horas de operación, limpieza periódica de material fundido, escoria y otras impurezas, y verificación de los controles e instrumentos de medición de temperatura, tiempo y presión (cuando existan). En el caso de hornos de gas u otros combustibles deberá verificarse la hermeticidad del sistema de alimentación y condiciones del fogón. En hornos eléctricos se deberá dar mantenimiento a los transformadores, embobinados y demás componentes eléctricos de acuerdo al mantenimiento eléctrico. Para otros componentes de los hornos como medios mecánicos de transporte interno, mecanismos de rotación, ventiladores, etc. se seguirán las recomendaciones de mantenimiento mecánico o eléctrico según corresponda.

a.6. Lubricación.

La lubricación se puede definir como la modificación de las características de fricción, reduciendo los daños y desgaste en las superficies de dos sólidos adyacentes que se mueven uno en relación al otro.

Aunque las sustancias de uso más frecuente como lubricantes han sido aceites o grasas, pueden ser adecuados muchos otros materiales de naturaleza muy diferente. Los sólidos y los fluidos (aire u otros gases y también líquidos) se emplean como lubricantes. El lubricante desempeña, con frecuencia funciones simples como por ejemplo: es un medio para transferencia de calor, protector contra la herrumbre y la corrosión, sellador, para arrastrar o suspender los

contaminantes. La aplicación particular, en sus múltiples aspectos, determina la selección del lubricante. Los lubricantes se fabrican y se modifican a fin de que tengan ciertas características específicas, que se pueden definir en términos de propiedades físicas o químicas o por su acción y rendimiento.

El concepto del lubricante ha ayudado a dar la importancia necesaria a los aspectos de la lubricación en el funcionamiento de mecanismos dando como resultado un rendimiento más satisfactorio. Los fabricantes y proveedores de equipo seleccionan los lubricantes aptos para las condiciones de operación que se esperan para ese equipo; se deben seguir sus recomendaciones.

Un adecuado sistema de mantenimiento debe contemplar secuencias de lubricación perfectamente definidas en las que debe basarse el empleado de lubricación, para garantizar que no pasará por alto ningún punto importante. En la Figura 13 se muestra un ejemplo de secuencia de lubricación, misma que debe entregarse al empleado al inicio de la jornada laboral para que vaya lubricando los puntos necesarios, con el lubricante apropiado, registrando el cumplimiento de la secuencia, así como probables observaciones de situaciones que considere objeto de atención especial.

b. Equipo Eléctrico.

b.1. Equipo Eléctrico en General.

El equipo eléctrico puede ser dañado con más facilidad a consecuencia de las condiciones de operación que cualquier otra clase de maquinaria. Es recomendable examinar el equipo al menos una vez cada tres meses.

El agua, el polvo, el calor, el frío, la humedad, la falta de ésta, los ambientes corrosivos, los residuos de productos químicos, los vapores, las vibraciones e innumerables condiciones más de otra índole pueden afectar el funcionamiento y la duración de los aparatos eléctricos.

INGENIERÍA DE PLANTA

SECUENCIA PARA EL ENGRASADO Y LUBRICADO DEL EQUIPO

EQUIPO	ÁREA	PARTE A LUBRICAR	MATERIAL EMPLEADO	EFECTUADO	OBSERVACIONES
Ventilador C M 0161	Casa de Humos	Chumacera	Marylco 15		
Ventilador C M 0163	Casa de Humos	Chumacera	Marylco 15		
Ventilador C M 0165	Casa de Humos	Chumacera	Marylco 15		
Ventilador C M 0167	Casa de Humos	Chumacera	Marylco 15		
10 Gusanos	Casa de Humos	Chumacera	Ilusite 29		
8 Compuetas	Casa de humos	Pistones	Ilusite 29		
Vibradores	Casa de Humos	Bisagras	Ilusite 29		
Sistema aire en General	Casa de Humos	Vaso de Lub	Marylco 15		
Transportador de metal	Briquetadora	P movies	Ilusite 29		
Reductor	Briquetadora	C engranes	Trans 90		
Criba	Briquetadora	Chumacera	Ilusite 29		
Gusano alimentador	Briquetadora	Chumacera	Ilusite 29		
Reductor	Briquetadora	Chumacera	Ilusite 29		
Mezclador	Briquetadora	Chumacera	Ilusite 29		
Gusano cónico	Briquetadora	C engranes	Trans 90		
Reductor	Briquetadora	C engranes	Trans 90		
Transmisión de reductor	Briquetadora	Cadena polea	Ilusite 29		
Skp	Cubilote	Polea cable	Ilusite 29		
Skp	Cubilote	Rodaja guia	Ilusite 29		
Polipasto	Cubilote	C engranes	Trans 90		
Ventilador	Cubilote	Chumaceras	Marylco 15		
Motor de ventilador	Cubilote	Baleros	Ilusite 29		
Motor de turb postq	Cubilote	Baleros	Ilusite 29		
Cuchara de vaciado	Cubilote	Baleros	Ilusite 29		
Rodajas	Horno No 4	Rodajas	Ilusite 29		
Cople Falk	Horno No 4	Cople	Ilusite 29		
Ducto Chimenea	Horno No 4	Cople	Ilusite 29		
Reductor	Horno No 4	C engranes	Trans 90		
Cadena del horno	Horno No 4	Cadena	Ilusite 29		
Compuetas	Horno No 4	Sist lub	Marylco 15		
Quemador coppus	Horno No 4	Quemador	Marylco 15		
Soporte de Quemador	Horno No 4	Soporte	Ilusite 29		
Master	Horno No 4	Rodajas	Ilusite 29		
Reductor de Master	Horno No 4	C engranes	Trans 90		
Transmisión de reduct	Master	C engranes	Trans 90		
Transmisión cad reduct	Master	Cadena	Grasa		
Sist engranes de volt	Horno No 3	Engranes	Ilusite 29		
Ventilador	Horno No 3	Cople	Ilusite 29		
Ventilador	Horno No 3	Chumaceras	Marylco 15		
Motor de ventilador	Horno No 3	Baleros	Ilusite 29		

FIGURA 13

Se pueden evitar reparaciones costosas siguiendo estas reglas de importancia que a continuación se observan:

- Manténgase limpio
- Manténgase seco
- Manténgase firme y libre de fricciones.

Manténgase Limpio. La suciedad proveniente de partículas suspendidas en el ambiente, polvos metálicos de máquinas adyacentes, aceites, nieblas y vapores, contaminan el equipo causando fallas. Por ejemplo la suciedad puede obstruir el flujo normal de aire generando incremento de temperatura; combinándose las partículas con humedad o aceite pueden convertirse en conductor que generen corto circuito. En plantas con ambientes muy contaminados como son las fundiciones, canteras y fábricas de cemento, deben prestarse atención especial a la selección y diseño de aparatos eléctricos, ya sea mediante cajas herméticas de autoenfriamiento o filtrado de aire, obviamente dándole su mantenimiento al filtro.

Manténgase Seco. La humedad puede ocasionar la oxidación del cobre, aluminio, hierro o de otras piezas metálicas afectando la resistencia de conexiones y contactos eléctricos además de que fomenta la adherencia de polvo.

Manténgase Firme. La mayoría de los componentes eléctricos trabajan acoplados a equipos móviles o incluso los propios equipos eléctricos desarrollan altas velocidades. El movimiento puede generar desgaste que redundará en desequilibrios y vibraciones que pueden aflojar las conexiones eléctricas que pueden llegar a ocasionar falsos contactos o en casos más extremos causar el aflojamiento y deterioro general de los componentes mecánicos. Por estos motivos el servicio rutinario de equipos eléctricos debe incluir una revisión de la firmeza de tornillos y otras piezas metálicas.

b.2. Motores Eléctricos.

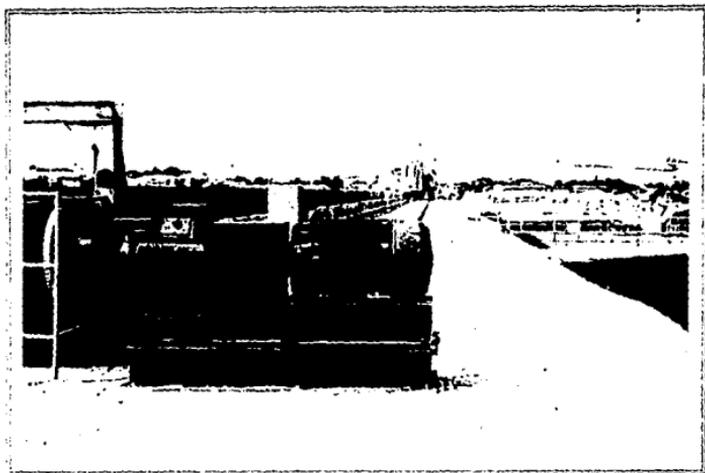


FIGURA 14. MOTOR ELÉCTRICO DE 200 HP PARA INTEMPERIE.

Un ejemplo de equipos eléctricos son los motores. Se darán algunos puntos importantes para su mantenimiento.

El motor realmente necesita pocos cuidados, si el motor no trae una protección adecuada para eliminar el agua, polvo, etc. se le coloca una cubierta de chapa metálica para evitar la entrada de humedad o de polvos.

Los pasos para el mantenimiento de los motores son los siguientes:

- a. Asegurarse de que la corriente eléctrica esta desconectada. Comprobar las cápsulas de grasa. No engrasar demasiado y buscar posibles pérdidas de grasa.
- b. Extraer mediante aire comprimido toda la suciedad o el polvo que se haya acumulado, teniendo cuidado que el polvo no sea arrastrado al interior del motor.
- c. Inspeccionar el colector, los dispositivos de las escobillas y los anillos colectores. Limpiar todas las superficies de contacto. Las escobillas deben conservarse limpias de polvo de cobre y de carbón.

b.3. Interruptores.

El interruptor debe mantenerse limpio y seco, revisando las conexiones de la línea y de la carga con frecuencia para conservarlas bien apretadas. Si el aparato está instalado en un local con ambiente contaminado o polvoso, debe ser sopleado periódicamente con aire seco y limpio a baja presión evitando que el aire sople la suciedad o polvo hacia adentro del aparato por los huecos de la caja.

b.4. Transformadores.

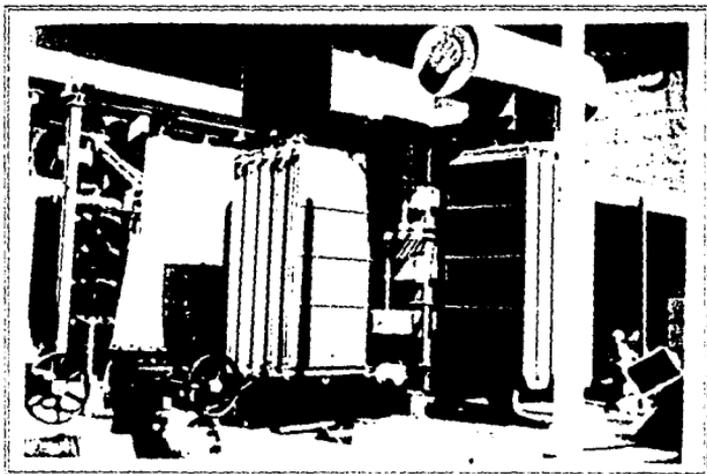


FIGURA 15. TRANSFORMADOR DE GRAN CAPACIDAD EN UNA PLANTA NUCLEOELÉCTRICA.

Para todos los transformadores en general deben revisarse los siguientes aparatos:

Los indicadores de nivel del aceite y los que marcan las temperaturas del ambiente, del aceite y de los embobinados. El control constante de los valores de estas mediciones es una ayuda muy valiosa para la prevención de desperfectos y es el método más apropiado para estar al tanto del rendimiento y eficiencia del equipo.

Carga. Debe llevarse un control constante de la corriente normal de carga de los

bancos de transformadores; con la lectura de los kilowatts no es suficiente, ya que el sobrecalentamiento queda determinado por la corriente y el voltaje de carga, y no por el valor de los kilowatts de entrega.

Voltaje. Debe revisarse que estén conectadas las derivaciones correctas. Cada tres meses se deben revisar los relevadores y cada seis meses el equipo de protección contra sobrevoltaje y las conexiones y resistencia a tierra.

c. Equipo Electrónico.

El mantenimiento preventivo consiste en lo siguiente:

- a. Hay que proteger a los equipos de sus peores enemigos que son las vibraciones, polvo con propiedades conductivas, humos o gases y humedad excesiva.
- b. La limpieza, acompañada de revisiones periódicas para localizar defectos, como por ejemplo, comprobación del voltaje de los filamentos para asegurarse de que los cambios en las condiciones de la planta no han motivado cambios en el voltaje de la línea, tiene que incluirse la limpieza de las acumulaciones de polvo, de preferencia por medio de aire comprimido, relevadores quemados, alambres deteriorados y conexiones flojas. La mayoría de las conexiones durará por toda la vida operativa del equipo si no se les molesta con demasiada frecuencia.
- c. Debe contarse en la planta con personal capacitado para los aparatos electrónicos, con el objeto de que cuando exista un indicio de falla, sepa qué lo está ocasionando, corrigiendo la falla oportunamente; de lo contrario, puede suceder que personal no capacitado no se de cuenta de que algo está funcionando mal hasta que se desencadene un daño mayor. Normalmente los proveedores del equipo electrónico ofrecen como servicio de ventas, la capacitación al personal usuario.

d. Equipo Especial.

En equipo especial entran aquellas máquinas inherentes al propio proceso de cada planta, tales como inyectoras de plástico, tejedoras, imprentas, etc. Es factible separar los componentes del equipo para fines de mantenimiento en mecánicos, eléctricos, electrónicos y sistemas de fluidos.

e. Sistemas.

e.1. Sistema de Distribución de Energía Eléctrica.

El servicio de mantenimiento eléctrico es en realidad trabajo de mantenimiento de carácter mecánico, si se tiene localizado un defecto en el sistema de distribución, éste es en general ocasionado por alguna falla de origen mecánico de cualquier clase como por ejemplo: un interruptor, un contacto quemado o carcomido, conexiones flojas, daños de origen mecánico sufridos por los cables, desperfectos en ciertos tipos de contactos debido al bloqueo mecánico o porque se han pegado por falla de lubricación, suciedad adherida sobre elementos de operación de circuitos distribuidores, fugas en los depósitos de aceite, etc.

El mantenimiento en lo que se refiere a la parte eléctrica no es otra cosa que el mantenimiento mecánico de los componentes mecánicos de los sistemas de distribución como mecanismos de control, transformadores, condensadores, pararrayos, reguladores de voltaje, bujes, cables, etc.

No es posible abarcar en le presente trabajo todas las probables contingencias, por lo que los procedimientos a seguir en los casos particulares de instalaciones, manejo y servicios de mantenimiento, tendrán que basarse en las instrucciones del fabricante, experiencia previa y estudios de ingeniería.

Por otro lado, el departamento de Mantenimiento como principal responsable de la distribución de energía eléctrica debe velar por la economización del consumo de electricidad. La corrección del factor de potencia puede ser una fuente de grandes ahorros de energía. El mejoramiento del factor de potencia se logra mediante la instalación de condensadores y motores sincrónicos con sobreexcitación. Los motores sincrónicos se emplean para mover compresores de aire, bombas, ventiladores y otros equipos que requieren una fuerza considerable para su impulso. Las principales causas de un factor de potencia bajo son los motores de inducción operados con carga insuficiente, las bombas con motores demasiado grandes, las máquinas herramienta tienen motores sobrepasados de potencia para resistir cargas máximas. El factor máximo de potencia puede obtenerse controlando la excitación de diversos motores sincrónicos usados como motores primarios o generadores. Esto puede ser complementado por el uso de capacitadores sobre líneas de distribución de barra colectora total (que aumenta su capacidad de conducción).

Entre más bajo sea el factor de potencia, mayor será la corriente que tiene que fluir a través de los alambres en el sistema de distribución de la planta y de los transformadores, con el aumento consiguiente de las pérdidas por calentamiento.

e.2. Subestaciones

Cuando una empresa requiere un suministro de energía eléctrica superior a 750 volts es indispensable la instalación especial de una subestación eléctrica.

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos ó dispositivos que permiten cambiar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.) Los elementos principales de una subestación son:

1. Transformador
2. Interruptor de Potencia
3. Restaurador

4. Cuchillas Fusible
5. Cuchillas Desconectoras y Cuchillas de Prueba.
6. Apartarrayos
7. Transformadores de Instrumento.

e.3. Válvulas.

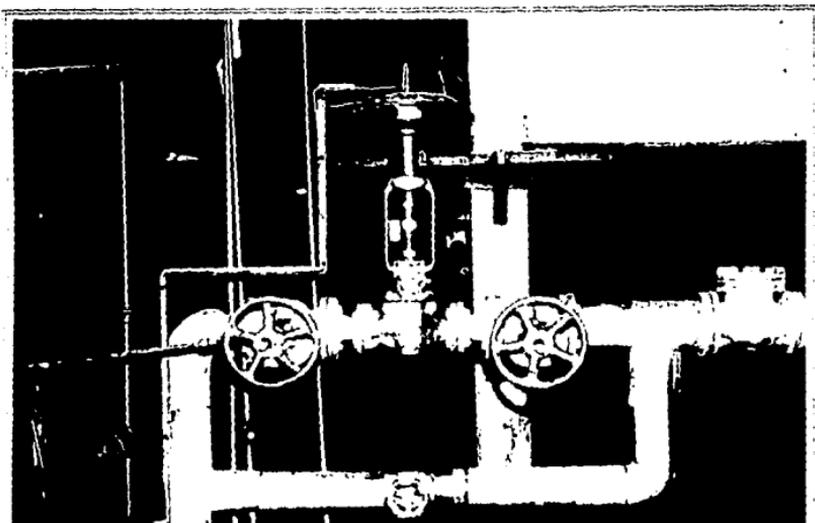


FIGURA 16. VÁLVULAS.

En la inspección que se hace a las válvulas se tiene que revisar que no tengan fugas o desgaste, evitarse la formación de sarros, incrustaciones o sedimentos de sólidos en el interior de las válvulas, para que no tengan que ser desarmadas por completo para darles una limpieza total antes de que puedan funcionar de nuevo.

El mantenimiento consiste en la renovación de los asientos y de los discos o el de la empaquetadura. El desgaste se produce con mayor anticipación en las válvulas de globo y en las de retención por su alta frecuencia de funcionamiento.

Las válvulas de compuerta para su instalación correcta se aconseja colocarlas donde no es necesario estarlas abriendo y cerrando con frecuencia, tienen un largo período de duración operativa y no se requieren muchos servicios de mantenimiento. Ocasionalmente en el transcurso de los años es conveniente limpiarlas y realizar operaciones de prueba e inspección para verificar su funcionamiento.

e.4. Vapor.

Recordando que una de las funciones que caen dentro de las actividades del departamento de mantenimiento es la Casa de Fuerza, por lo que la responsabilidad de esta área no debe limitarse únicamente al mantenimiento del sistema de generación y distribución de vapor consistente en programas de inspección para localización y corrección de fugas, reemplazo oportuno de empaques y material aislante, sino que además debe buscar la máxima reducción del costo en la producción del vapor, es decir, optimizar el aprovechamiento de la capacidad energética del combustible utilizado.

Las formas para tratar de recuperar la mayor cantidad de unidades energéticas de calor son ilimitadas e incluyen el mejoramiento de la eficiencia de las calderas por medio de purgadores de calor como los economizadores y calentadores de aire, purgado continuo y superficial de intercambio de calor para agua de reemplazo, calentamiento de aire de combustión superior con gas de combustión y reducción del exceso de aire mediante la utilización de gas de combustión o de cenicero para crear turbulencia.

e.5. Aire Comprimido.

Con el apoyo de mantenimiento se programan inspecciones en toda la planta con el objeto de buscar fugas de aire y repararlas. Frecuentemente se utiliza el aire para enfriamiento que pudiera hacerse mejor y más barato con agua, ventiladores o refrigeración. El vapor del agua y del aceite que se condensa en las líneas de

distribución, puede causar dificultades con los reguladores en el equipo neumático. Una de las ventajas de la instalación de secadores es la eliminación del desperdicio del aire comprimido utilizado en operaciones de purga, como intento para quitar la humedad del sistema. El desarrollo de interruptores fotoeléctricos y de proximidad, que son sensibles a cualquier masa, ha permitido que se instalen dispositivos de utilización intermitente que regulan el uso del aire comprimido, permitiendo un ahorro considerable.

f. Edificios e Instalaciones.

f.1. Inspección. En general, una vez al año deberán inspeccionarse completamente las paredes, rampas, escaleras, plataformas, pasamanos y tragaluces. Deberán observarse cuidadosamente los muros o paredes, tanto en el exterior como en el interior, buscando evidencias de grietas, particularmente bajo las ventanas y en las esquinas del edificio. Estas grietas podrían ser causadas por el asentamiento y a menos que éste continúe hay poco que hacer, excepto parchar las grietas para evitar que el agua se introduzca en las paredes con la posibilidad de dañarlas, teniendo que realizar reparaciones más serias. En el caso de muros y techos a base de láminas metálicas o de asbesto, deben revisarse tanto el estado de las láminas como las grapas con las que se sujetan por lo menos cada dos años con objeto de prevenir que fuertes vientos las arranquen, o bien que puedan soportar lluvias torrenciales.

f.2. Áreas verdes. La conservación de estos espacios consiste en un simple programa de conservación periódica que incluya jardinería, eliminación de maleza, podado de césped, árboles y otras plantas, riego y fumigación.

f.3. Limpieza. Esta labor incluye trabajos con diferentes frecuencias, que pueden variar de un edificio a otro. Entre otras cosas depende de su utilización, de la cantidad de gente que lo frecuenta, sus hábitos, etc. a continuación se cita un

programa de limpieza para fines ejemplificativos:

Trabajos diarios: vaciar basureros y ceniceros, desmanchado de puertas, muros o paredes y divisiones de vidrio, limpieza de escritorios, repisas, aspirado de alfombra, barrer pisos, limpieza de muebles de baño, abastecimiento de jaboneras, toalleros y dispensadores de papel higiénico.

Trabajos semanales: Lavado interior de vidrios, limpieza de rejillas de ventilación, ventiladores y persianas, limpieza con máquina pulidora de pisos de baños, pasillos y oficinas de alto tráfico, sacudir polvo de libreros, repechos de ventanas, limpieza de paredes divisorias de baños, desinfección con productos especiales de muebles de baño y algunas labores de fumigación.

Trabajos trimestrales: Lavado y pulido de mobiliario de madera y piel, lavado de cortinas.

Trabajos semestrales: Lavado de lámparas, vidrios por el exterior, lavado de papeleras, limpieza con máquina pulidora de pisos de baja circulación.

Trabajos anuales: Lavado de paredes y plafones.

f.4. Techos y azoteas. El mantenimiento se divide en tres: reparación de detalles, utilizando materiales compatibles al recubrimiento original. Recubrimiento, que no debe adoptarse como un trabajo periódico debido a su alto costo; es más recomendable realizar inspecciones periódicas, realizando la reparación de detalles, y solo cuando se vea que el deterioro es generalizado se deberá proceder al recubrimiento. El tercer tipo de mantenimiento es el restablecimiento que se aplica únicamente cuando el techo ha llegado a estropearse considerablemente por humedad, ruptura, etc.; los trabajos deben incluir a veces reemplazo de losas o planchas.

f.5. Pintura. La frecuencia con la que debe realizarse esta labor depende de las condiciones operativas y ambientales. Es importante resaltar que al igual que en el caso de la impermeabilización de techos, el deterioro grave de muros, estructuras, puertas, tanques, tuberías, cercas y otros elementos, es absolutamente evitable mediante la aplicación oportuna de pintura. La labor de

pintura no debe incluir únicamente la aplicación del producto, sino que debe abarcar la remoción de pintura desgastada, reparación y preparación de las superficies a pintar. Dentro de la inspección periódica debe ponerse atención en síntomas como formación de burbujas, escamas o ampollas, grietas, rajaduras o cuarteaduras, decoloración y herrumbre (óxido) entre otras cosas.

f.6. Calles interiores, espuelas de ferrocarril, patios pavimentados y banquetas.

Estos son elementos que normalmente requieren poco mantenimiento. Además de una adecuada limpieza debe verificarse mediante inspección el estado del drenaje pluvial, aparición de grietas y baches que deberán corregirse mediante aplicación de calafateo o asfaltos dependiendo de la magnitud. También debe vigilarse la presencia de asentamientos que provoquen encharcamientos, formación de ondulaciones, roderas u hoyos; en estos casos, solo cuando el estado sea grave, deberá valorarse la factibilidad de retirar el pavimento actual (o las vías y durmientes en el caso de espuelas) así como material de terraplenes para recompactar el suelo, reconstruir terracerías y pavimentos.

g. Tuberías.

En una planta se pueden encontrar líneas de tuberías que conducen una gran variedad de fluidos como agua fría o caliente, gas L.P., vapor, aire comprimido, fluidos de proceso, e incluso se puede encontrar tubo conduit para la canalización de líneas eléctricas que puede confundirse con tuberías. La base para el mantenimiento de todo este conjunto de tuberías es un adecuado programa de inspecciones, complementado con algunos trabajos periódicos. Durante las inspecciones debe tenerse especial cuidado en lo que a fugas se refiere, poniendo especial atención a bridas, codos, válvulas y juntas en general; deberá comprobarse la rigidez de los soportes, localizarse posibles señales de corrosión y estado de protecciones o barreras contra golpes en áreas de circulación de montacargas, vehículos, materiales, etc. Los trabajos que se mencionan renglones

arriba se refieren básicamente al reemplazo oportuno de empaques, aislamientos térmicos y sujetadores dañados, además de la pintura que es un elemento básico para la protección contra el ambiente circundante. Al hablar de pintura es importante que se tome en cuenta un código de colores uniforme en toda la planta que permita conocer el contenido de los tubos, por ejemplo el color rojo para la red contra incendio, azul oscuro para agua fría, azul claro para agua caliente, amarillo para gas L.P., negro para aguas negras, gris o plateado para el tubo conduit, etc.

7. Presupuestos de Mantenimiento.

Un presupuesto puede definirse como un fin o meta de costo, una estimación del costo del trabajo de realización, a un período futuro o un pronóstico de gastos.

El objetivo primordial de un presupuesto de mantenimiento, al igual que el de cualquier otro departamento de la planta, es llegar a un costo anticipado del producto que se fabrica y/o del servicio que presta la empresa; en otras palabras, el costo del mantenimiento junto con el de las materias primas, mano de obra e indirectos, conforman el costo de producción y/o operación, que incrementado con el costo de ventas, distribución, etc. y aplicando un margen de utilidad produce el precio de venta del producto y/o servicio.

Se puede hablar básicamente de tres aspectos que sumados conforman el presupuesto, en lo que al departamento de mantenimiento se refiere:

- 1) El pronóstico del costo que implica conservar el equipo e instalaciones en óptimas condiciones de operación, como son las reparaciones, lubricación, cambio de piezas, etc. además de los gastos indirectos que esta labor conlleva como es la compra de herramientas.

- 2) Los gastos "fijos" de servicios cuya responsabilidad recae en el departamento de mantenimiento como son limpieza y jardinería.
- 3) El costo de la producción de vapor, aire comprimido y electricidad que el departamento le entrega a la planta, que se refleja en compra de combustible, lubricantes y otros insumos para la casa de fuerza.

Tipos de presupuesto.

Hablando de mantenimiento propiamente dicho, se puede hablar de tres tipos de presupuestos:

- 1) Costo por unidad de tiempo: Aquellos limitados a un costo total fijo por unidad de tiempo. Este es el tipo de presupuesto más sencillo para elaborar y utilizar ya que se limita a un monto presupuestado idéntico para cada mes. Es aplicable en empresas de servicios o que fabrican pocos productos en cantidades estables, con lo que el precio de venta permanece casi constante.
- 2) Costo por unidad de producción: Se establece por ejemplo como "mantenimiento en pesos por tonelada producida". Este tipo de presupuesto es muy útil cuando el objetivo primordial es establecer el costo relativo de fabricación de cada tipo de producto. Es aplicable a empresas que tienen una variedad de productos, con fluctuaciones en los volúmenes de producción.
- 3) Costo por unidad de tiempo y unidad de producción: Este tipo de presupuesto, aunque suele ser el más complicado de elaborar, es el más preciso. Considera partidas "fijas" y "variables", por lo que se puede presupuestar a diferentes niveles de actividad en la planta: el costo del mantenimiento con la planta trabajando al nivel mínimo de producción (o incluso con la planta ociosa), que es un costo que se mantiene constante no importando cuanto incremente la producción, representan las partidas "fijas" que son

dependientes del tiempo; la curva de incremento en el costo de mantenimiento a medida que se incrementa el nivel de actividad corresponde a las partidas variables, y la tasa de incremento es en función a la producción.

Como se puede inferir comparando los tipos de mantenimiento con las diferentes clases de presupuestos, en un sistema de mantenimiento correctivo será sumamente difícil pronosticar el comportamiento de los gastos de reparación, pero a medida que el programa de mantenimiento preventivo es más eficiente, la precisión con la que se podrán proyectar los egresos del departamento será indiscutiblemente mayor porque existirán menos imprevistos.

Período abarcado por el Presupuesto.

Mientras más cortos sean los períodos que deban abarcar los presupuestos de mantenimiento, el pronóstico será más acertado. Sin embargo, debido a que por cuestiones contables y fiscales los presupuestos de las empresas se asignan anualmente, el departamento de mantenimiento tiene que ajustarse a ese lapso para elaborar su presupuesto.

Hablando de los costos fijos, por unidad de tiempo, resulta fácil pronosticarlos para hacer un presupuesto anual; refiriéndose al costo de producción de vapor o aire comprimido, podrá establecerse satisfactoriamente el presupuesto adaptándose al pronóstico de consumo que informen las áreas usuarias. La situación de programar presupuestos anuales comienza a complicarse cuando se pretenden pronosticar otros gastos de mantenimiento como los de reparación, ya que deben considerarse factores que a veces resultan impredecibles como las variaciones de actividad de la empresa durante el año, evolución del equipo utilizado y adiciones a las líneas de producción. En vista de ello, muchas organizaciones, si bien elaboran presupuestos de mantenimiento anuales, permiten que se realicen ajustes periódicos semestrales, trimestrales o mensuales; así, cuando existen

variaciones importantes, el departamento de mantenimiento fija presupuestos "internos" mensuales, que son metas que si no se cumplen en un mes se busca compensar en el siguiente, para que a la larga se logre la adherencia al presupuesto anual.

Participantes en la elaboración del presupuesto de mantenimiento:

Normalmente se puede hablar de tres departamentos que deben verse involucrados en la realización de presupuestos: el de mantenimiento, que lleva la mayor responsabilidad, contabilidad y producción.

El departamento de contabilidad participa primordialmente en la normatividad, consolidación y correlación de los datos. Sin embargo, en empresas pequeñas, el área contable realiza todos los presupuestos de la empresa, teniendo el resto de los departamentos que sujetarse a ello.

Referente a los presupuestos de mantenimiento, los puede realizar mantenimiento o producción, dependiendo como haya establecido la dirección de la empresa los controles, es decir, si debe cargarse al centro de costos de producción o al de mantenimiento. Dependiendo del caso, uno u otro departamento se debe convertir en emisor de información para que el departamento responsable elabore el presupuesto.

En lo que respecta a servicios que presta el departamento de mantenimiento, no relacionados directamente con producción, deben ser presupuestados por mantenimiento, aunque es posible que la alta dirección de la empresa determine algunas variantes, por ejemplo, mantenimiento puede presupuestar el gasto requerido para mantener los edificios en óptimas condiciones de operación, pero la alta dirección puede decidir asignar más recursos para fines de imagen corporativa. De cualquier forma, aún dichas variaciones deben basarse en las

recomendaciones de mantenimiento.

Formas de establecer presupuestos de mantenimiento.

Un hecho innegable es que a mayor cantidad de información disponible, se pueden hacer predicciones de costos más precisas y confiables. Para las variables en las que no se cuenta con información, el pronóstico deberá basarse en el juicio y experiencia, dando mayor o menor grado de inexactitud.

Algunas maneras de establecer presupuestos son las siguientes:

- 1) **Extrapolación de resultados en años anteriores.** Consiste en predecir los costos futuros en base a los costos registrados en años anteriores, a los cuales se aplican factores de actualización correspondientes a:
 - Indexación por incremento en precios de materia prima y mano de obra (inflación, salario mínimo).
 - Pronóstico de producción, que indica las variaciones en la actividad que tendrá cada equipo.
 - Edad de los equipos.

- 2) **División del presupuesto conforme a costos fijos, variables e indirectos.** Consiste en hacer un estudio de los costos uniformes como lubricación, inspección o reemplazo de partes y equipos con vida útil definida, y por otra parte analizar caso por caso los costos que son variables, considerando también el pronóstico de producción, experiencia previa y edad de cada equipo, adicionando finalmente los gastos indirectos.

En lo que respecta a presupuestos de las áreas consideradas de servicio que presta el departamento de mantenimiento, así como de la casa de fuerza, es más sencillo que se realice en base a la experiencia como se indica en el inciso 1.

Para el caso del mantenimiento preventivo es más apropiado realizarlo en base al inciso 2. En lo que se refiere a mantenimiento de edificio puede utilizarse una combinación de los dos incisos, ya que es muy útil la experiencia previa, pero debe combinarse con un análisis específico de trabajos especiales (pintura, techado, etc.) a realizarse durante el período abarcado por el presupuesto, además de los programas de remodelación que tenga prevista la alta dirección de la empresa.

Control del Presupuesto.

La responsabilidad del control y seguimiento del presupuesto debe ser compartida entre producción y mantenimiento. Si la responsabilidad de cumplir con el presupuesto planeado es de mantenimiento, entonces quien debe autorizar los gastos en reparaciones es precisamente mantenimiento, pero si se asigna tal responsabilidad a producción, por considerarse el mantenimiento como parte integral del costo de fabricación, quien decide si se gasta o no en una reparación es producción. Se ve claro que en cualquiera de los dos casos, ninguno de los dos departamentos puede obrar sin el apoyo e información del otro, por lo que, aunque parece ser contrario a los principios de organización, la responsabilidad debe ser repartida entre mantenimiento y producción.

En lo que respecta a los reportes que emite el departamento de contabilidad de "gasto real registrado" contra "presupuesto" son excelentes indicadores del funcionamiento del mantenimiento y las desviaciones más que ser condenadas o usarse como elementos punitivos, deben considerarse como puntos de reflexión para definir cursos de acción correctivos o implementar programas más adecuados.

En la Figura 17 se presenta un ejemplo del presupuesto anual de mantenimiento de una planta industrial, donde se pueden observar las diferentes partidas que pueden verse involucradas en un momento dado.

COMPAÑÍA LOS OSOS, S.A.

PRESUPUESTO ANUAL 1995.
DEPARTAMENTO INGENIERIA DE PLANTA
AREA MANTENIMIENTO.

CLAVE	DESCRIPCION	MONTO
0001	Uniformes y Zapatos	NS6,000.00
0002	Capacitacion	NS8,000.00
0003	Congresos y Conferencias	NS10,000.00
0005	Suscripciones	NS2,000.00
0006	Asociaciones	NS1,500.00
0007	Herramienta y Utensilios	NS30,000.00
0008	Materiales de Mantenimiento	NS30,000.00
0009	Equipo de Proteccion	NS20,000.00
0010	Equipo de Mantenimiento	NS65,000.00
0011	Mano de Obra	NS250,000.00
0012	Materiales de Limpieza	NS5,000.00
0013	Modificaciones a Equipo	NS200,000.00
0014	Proyectos Menores	NS300,000.00
0015	Mantenimiento Mayor Horno Rotatorio N.2	NS23,976.51
	TOTAL	NS951,476.51

FIGURA 17.

CAPÍTULO III.
PROYECTOS.

CAPÍTULO III. PROYECTOS.

La segunda función fundamental del departamento de Ingeniería de Planta, después de Mantenimiento, la constituye "Proyectos". Como se analizará en el presente capítulo, el desarrollo de los proyectos desde su fase inicial hasta su conclusión es una labor eminentemente ingenieril ya que aplica conocimientos técnicos en el diseño y construcción, además de técnicas de optimización e ingeniería económica para su evaluación.

Independientemente a la dependencia que los proyectos tienen de la Ingeniería como ciencia, resulta sumamente conveniente tener al área de proyectos en el mismo departamento de Ingeniería de Planta por la asesoría que el personal de Mantenimiento puede dar a los proyectistas dado su conocimiento tan detallado de la maquinaria, equipo e instalaciones existentes en la planta, además de que la ejecución de ciertos proyectos puede correr a cargo de los técnicos y obreros de mantenimiento gracias a la habilidad que desarrollan en su trabajo normal de construir, maquinar, ensamblar, etc.

1. Definición, Características y Clasificación de los Proyectos.

Definición.

En un sentido muy amplio, se puede definir al "Proyecto" como un plan para hacer algo, es decir, es todo el proceso implicado en materializar una idea, desde la concepción misma de la idea, con el objeto de lograr un progreso dentro de algún ámbito, ya sea productivo, económico o social.

En el argot de la construcción (mecánica o civil) se encuentra que muchas veces los ingenieros se refieren al "Proyecto" como el conjunto de memorias de cálculo, especificaciones, dibujos que sirven para construir un aparato o un sistema. Este concepto es incompleto ya que dicho conjunto de planos y documentos explicativos es sólo una etapa del proyecto que, como se describirá más adelante, se llama "diseño detallado". El proyecto completo incluye tanto los estudios previos que le dieron origen como la fase de construcción en base a los planos y demás especificaciones.

Así pues, pretendiendo dar una definición más completa de "Proyectos", especialmente enfocándose al campo de la Ingeniería de Planta, se puede decir que un Proyecto es un proceso destinado a transformar una idea en un "Producto Terminado", dentro de un plazo preestablecido, a un costo previamente calculado y con una calidad preconcebida, mediante una ejecución organizada y programada, acorde a ciertas políticas y recursos disponibles.

Características.

Un proyecto es una actividad cíclica porque el proceso implica la repetición continua de una secuencia que involucra generación de ideas, análisis de viabilidad de las ideas (de no ser viables, se repite la generación de nuevas ideas), materialización o simulación, evaluación y nuevamente generación de ideas para mejorar la materialización anterior. Incluso un proyecto concluido sigue siendo objeto de evaluación continua, pudiendo ser reestructurado con nuevas ideas para optimizarlo.

Cada proyecto es único, ya que una vez concluido, no se vuelve a repetir toda la secuencia para construir otro aparato o sistema; simplemente se copia el prototipo, que es el modelo materializado que satisface las necesidades que originaron el proyecto.

La realización de proyectos debe basarse en conocimientos técnicos especializados y experiencia para tomar decisiones, elaborar cálculos, definir especificaciones, técnicas de construcción y operación, así por ejemplo, se requieren conocimientos de ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, civil y/o química, habilidad matemática y experiencia de campo para poder transformar los materiales y recursos en sistemas y mecanismos que satisfagan necesidades.

Ahora bien, existen trabajos que realiza el departamento de mantenimiento, y a veces otras áreas, que cumplen con la definición de "Proyecto" o como parte de ella, pero que para fines prácticos no deben considerarse como un proyecto industrial. Por ejemplo, la construcción y colocación de algunos entrepaños para archivar los expedientes del departamento de contabilidad es un trabajo que puede desarrollar sin mayor problema el área de mantenimiento, mediante una sencilla "OT" (orden de trabajo), no requiriendo que el área de proyectos realice estudios de viabilidad y económicos, trazado de planos, programación de trabajos y listado de especificaciones. Así pues, corresponde a cada empresa fijar sus propias políticas respecto a qué actividades competen al área de proyectos por su magnitud, en base a inversión requerida, dificultad técnica y/u organizativa, así como tiempo y recursos necesarios.

Tipos de Proyectos.

Al hablar de proyectos industriales, se pueden dividir básicamente en dos tipos:

- Evolución o alteración. Estos se refieren a obras o máquinas ya existentes que de alguna manera se modifican para conseguir mejor calidad, operación más económica, incrementar capacidad, etc.
- Creación u obra nueva. Consisten en diseñar y construir equipos, edificios o instalaciones adicionales partiendo de cero.

Ahora bien, la división anterior es muy general, pudiendo hacerse una clasificación más particular partiendo del propósito u objetivo que cada proyecto industrial tiene:

- a. **Conservación de Planta.** Se refiere a proyectos tendientes a mantener en buenas condiciones de operación los equipos y sistemas, incluyendo servicios, talleres y/o laboratorios, con el fin de mantener un volumen determinado de producción con eficiencia y economía. En otras palabras, son proyectos de mantenimiento.
- b. **Cambios de Operación.** Son aquellas adiciones y/o sustituciones necesarias en procesos de la planta para mantener un cierto nivel de utilidades o ganancias, un volumen actual de ventas o para mantener su competitividad en el mercado.
- c. **Reducción de Costos.** Cuando se hacen modificaciones en las instalaciones para incrementar la eficiencia de la producción, obteniendo menores costos que a su vez derivan en utilidades mayores.
- d. **Aumento de Producción.** Proyectos consistentes en la expansión de las instalaciones existentes de una planta con el fin de incrementar el nivel de la producción, satisfaciendo las demandas de ventas en volúmenes mayores a la capacidad instalada. Estos proyectos pueden incluir la fabricación de una mayor cantidad del producto en otra región para cubrir una mayor porción del mercado existente.
- e. **Fabricación de Nuevo Producto.** Son proyectos encaminados a manufacturar en una empresa productos distintos a los ya fabricados, con el objeto de abarcar nuevos mercados, ya sea mediante adiciones de líneas de producción, instalación de una nueva planta o incluso mediante la asociación con otras empresas (que actualmente se han denominado "alianzas estratégicas").
- f. **Mejora de Calidad.** Son adecuaciones o adiciones a las líneas de producción

existentes, para mejorar los productos y/o servicios con nuevas especificaciones, con el objeto de satisfacer los cada vez más exigentes requerimientos del mercado, o para cumplir con innovadoras legislaciones.

- g. Seguridad Industrial. Son proyectos que consisten en añadir y/o modificar sistemas y equipos para reducir los riesgos de trabajo cumpliendo con requerimientos legales, sindicales, de reglamentación, o simplemente por convicción propia.
- h. Control de la Contaminación. Tendientes a disminuir la generación de contaminantes, ya sean desechos sólidos, gases, aguas negras, ruidos, etc. Igual que el inciso anterior, por imposición de autoridad o autoconvencimiento.
- i. Servicios Auxiliares. Son proyectos no asociados directamente con la producción. Comprende aspectos como la compra de terrenos, construcción de edificios, adquisición de sistemas de cómputo, etc. todo ello para apoyar a la producción de una planta.
- j. De Utilidad Indirecta. Son proyectos de tipo social, políticos o económicos que no generan en la empresa una utilidad inmediata, tal como sucede con la capacitación de personal, estudios técnico-económico y de investigación, así como la construcción de campos deportivos, patrocinio de actividades artísticas y culturales, etc. Si bien son obras que no reportan ganancias, sirven para fomentar la imagen de la empresa ante la sociedad, empleados o autoridades.

2. Metodología y Etapas de un Proyecto.

Cualquiera que sea el tipo de proyecto por desarrollar, tiene un esquema que sigue una serie de pasos generales que se describirán en esta sección y que se pueden enumerar de la siguiente manera:

- a. Detección de las necesidades existentes y definición del problema.
- b. Acumulación de la información pertinente.

- c. Formulación de las soluciones posibles
- d. Análisis de soluciones: Valuación física y económica de las soluciones.
- e. Optimización de las soluciones.
- f. Anteproyecto o proyecto preliminar.
- g. Aprobación del Proyecto.
- h. Diseño detallado del sistema.
- i. Valuación en el campo y proyecto por evolución.
- j. Ejecución y puesta en marcha.

Es importante notar que en un proyecto deben intervenir múltiples disciplinas de ingeniería y otras áreas, por lo que durante las diferentes fases del proyecto participan especialistas en varias materias. El personal de proyectos, dependiente del departamento de Ingeniería de Planta, es entonces el único que debe involucrarse durante todas las etapas de los proyectos, aunque en algunos pasos su participación se reduce a la vigilancia, control y apoyo.

a. Identificación de las necesidades existentes y definición del problema:

Observando los diferentes tipos de proyectos que se enlistaron anteriormente, se puede apreciar que la mayoría de ellos son tendientes a la obtención de mayores ganancias y ampliación de márgenes de utilidad, por lo que es posible afirmar que el aspecto económico, que de hecho es la razón por la que se construyen industrias, es también el principal generador de necesidades que requieren de proyectos para su satisfacción. Incluso se pueden encontrar fundamentos económicos en proyectos que a simple vista tienen otro objetivo, por ejemplo, analizando los proyectos para satisfacer necesidades de seguridad, se puede determinar que los accidentes representan un costo para la empresa, o bien, proyectos para sistemas anticontaminantes evitan multas y favorecen la imagen de la empresa ante el público que consume sus productos.

Ahora bien, no se debe esperar que todas las ideas que originen proyectos nazcan del personal del área de proyectos, si bien es útil que el responsable de esta área tenga suficiente visión e ingenio para generar ideas originales o innovadoras, es más importante su capacidad organizativa y técnica, ya que la iniciativa de los proyectos puede provenir de diferentes fuentes, como por ejemplo:

- La dirección de la empresa que busca ventajas competitivas a través de la reducción de costos, productos mejores y/o nuevos, planes de expansión, etc.
- Operadores de producción con iniciativa para optimizar algún proceso.
- Ingenieros y técnicos de mantenimiento, en base a los datos históricos contenidos en sus diferentes registros, así como sus conocimientos que les permiten establecer comparaciones entre equipos y plantas.
- Evolución del mercado, pudiendo realizarse proyectos para "copiar" ideas de la competencia.
- Sugerencias de proveedores.
- Peticiones o sugerencias de consumidores.

Siempre es importante cuantificar las necesidades porque la ingeniería está sometida a un criterio económico y una falsa identificación puede traer consigo soluciones que no satisfagan las necesidades reales del consumidor provocando algún fracaso económico.

Una vez planteada la necesidad a los ingenieros de proyectos, estos deben encargarse de definir de una manera clara y concisa cuál es el problema a resolver, delimitando sus características como objetivo básico de lo que se perseguirá con el proyecto, alcances y limitaciones, aplicación. Teniendo el problema perfectamente acotado, se puede proceder a comenzar la búsqueda de soluciones.

b. Acumulación de Información.

No pueden darse soluciones a un problema si no se conocen los elementos que intervienen en dicho problema, así que antes de intentar cualquier planteamiento de factibles soluciones, se debe recopilar la mayor información posible relacionada con el problema.

Puede darse el caso de que al obtener información, se encuentre con que alguien ya desarrolló un proyecto que resuelve el problema que se tiene planteado, por lo que no será conveniente gastar tiempo y recursos en inventar algo ya existente; sin embargo, la mayoría de las veces el resultado de la búsqueda de información es que no existe la suficiente como para resolver fácilmente el problema. De cualquier forma, una adecuada recopilación de datos permiten al proyectista darse una idea de qué tan complejo es el problema que le ocupa, cuánto tiempo le tomará resolverlo y aproximadamente qué recursos necesitará.

Como fuentes de información se pueden citar libros, manuales técnicos de fabricantes, publicaciones de centros de investigación, dependencias gubernamentales o asociaciones, inspecciones físicas y entrevistas con personas enteradas.

c. Formulación de las Soluciones Posibles:

Esta es la fase más creativa del proceso de un proyecto, ya que consiste en conceptualizar diferentes alternativas de solución. Definitivamente es más fácil que a una persona con conocimientos más profundos sobre el tema y mayor experiencia se le ocurran más opciones de solución, por lo que no es bueno que el proyectista pretenda encontrar todas las posibles soluciones por sí mismo; debe preocuparse por conocer las ideas que pueda tener el personal de mantenimiento, producción o de otras áreas de la empresa, así como de expertos asesores

externos.

En esta etapa no es conveniente plantear una solución única, ya que de ser así, no tendría ningún sentido hacer evaluaciones económicas o técnicas porque no podría llegarse a ninguna conclusión referente a si la solución planteada es la más económica, segura, etc. En tal caso, lo mejor sería enfocar los esfuerzos al desarrollo y construcción de esa idea única, evitando gastos y tiempo perdido en el proceso que requiere el proyecto.

Mediante la formulación de múltiples soluciones se podrá alcanzar un nivel más elevado y más satisfactorio de un proyecto. Estas soluciones no deben caer dentro de los marcos conocidos sino que debe dejar correr la imaginación y no eliminar ninguna por parecer poco factible. La etapa de eliminación vendrá después.

d. Análisis de las Soluciones:

Esta es la primera etapa en que se eliminan soluciones no viables. Se debe comenzar analizando si las soluciones propuestas efectivamente satisfacen la necesidad que dio origen a todo el proceso, o bien si se trata de una solución parcial o poco convincente deberá rechazarse la alternativa.

A continuación deberá evaluarse la viabilidad de las soluciones desde los aspectos físico y económico. En un proyecto siempre hay limitaciones de tiempo y de dinero.

- **Valuación Física:** Deberá estudiarse si es factible la realización del proyecto desde un punto de vista estructural, si existen los materiales que se requerirían para su construcción o de lo contrario si se pueden fabricar, igualmente, existen procedimientos viables de construcción o fabricación, las dimensiones del equipo son adecuadas al espacio disponible para su ubicación. También

deberá analizarse si la implementación del proyecto interferirá con otras actividades de la empresa consideradas como vitales. Finalmente, dentro de la valuación física se deben considerar las ventajas "indirectas" que se prevean como consecuencia del nuevo proyecto, tales como mejora en condiciones de trabajo, seguridad y calidad.

- **Valuación Económica:** Este punto consiste en preguntarse si la inversión que se piensa hacer en un sistema determinado rendirá beneficios económicos y si existen fuentes suficientes de financiamiento. Es útil plantear presupuestos tentativos para cada una de las factibles soluciones considerando lo que costará la implementación del proyecto y también, lo que costará su operación:

Factores a considerar en la implementación del proyecto:

- 1) Costo de compra y tiempo de entrega de los nuevos equipos.
- 2) Costo y tiempo de la desmantelación del equipo actual, incluyendo adaptación, reparación y reforzamiento de edificios.
- 3) Requerimiento adicional de servicios , con costo y tiempo de instalación.
- 4) Costo y tiempo del montaje de los nuevos equipos.
- 5) Estimación de la pérdida por interrupción en la producción por las obras relacionadas al proyecto.

Costo estimado de operación del proyecto una vez instalado:

- 1) Capacidad esperada del equipo propuesto.
- 2) Costo de la mano de obra para la operación del equipo.
- 3) Costo de la materia prima.
- 4) Costo de empaques.
- 5) Costo de electricidad, vapor, gas, aire comprimido y agua requeridos para la operación.
- 6) Costo probable de mantenimiento.

- 7) Depreciación.
- 8) Margen de utilidad reportado con el nuevo proyecto.

e. Optimización de las Soluciones:

Una vez descartadas aquellas alternativas consideradas como no viables en base a las valuaciones físicas y económicas, se pueden aplicar técnicas de optimización para:

- 1) Elegir entre las diferentes alternativas la que resulte "óptima"; o
- 2) Definir los parámetros bajo los cuales se "optimizará" el funcionamiento del proyecto elegido.

"Optimizar" significa obtener los mayores beneficios y ventajas posibles de un proyecto, así por ejemplo, para un tipo de proyecto la solución óptima será aquella que produzca la máxima cantidad de productos manufacturados con el costo mínimo de materias primas, mano de obra y combustibles, para otro proyecto la optimización puede representar el máximo rendimiento por cada peso invertido, en otro caso la máxima resistencia con el peso mínimo, o bien, la máxima potencia para una máquina con las mínimas dimensiones posibles.

Existen varias herramientas para optimizar, como es la elaboración de modelos que son representaciones de la realidad que permitirán estudiar el comportamiento de los proyectos sin tener que construir el prototipo. Si bien no se puede esperar que el modelo se comporte igual que el sistema real con una exactitud del 100%, puede dar una idea muy precisa de la realidad siempre y cuando se incluyan en él las variables que son realmente significativas, es decir, aquellas variables que realmente tienen una influencia en el comportamiento del sistema. Algunos de estos modelos son los siguientes:

- 1) Modelos Gráficos: Son representaciones de los sistemas a través de imágenes

tales como diagramas (de cuerpo libre, eléctricos, termodinámicos, etc.), planos, fotografías, modelos a escala, maquetas, etc. Su principal ventaja es que permiten una comprensión sencilla "a golpe de vista" del proyecto que aún no se construye.

- 2) Modelos analógicos: Estos modelos son sistemas auxiliares cuyo comportamiento es "análogo", o sea semejante, al sistema real. Se pueden construir mucho más fácilmente que el proyecto definitivo, y permiten realizar simulaciones, prediciendo el resultado que se obtendrá en el sistema real para diferentes valores de entrada, consiguiéndose encontrar los valores óptimos a través de la simulación. Por ejemplo, se puede construir un sistema electrónico para simular el comportamiento de un sistema hidráulico, haciendo una analogía entre la corriente y el caudal, entre el diferencial de presión y el voltaje, etc.
- 3) Modelos matemáticos: Consiste en representar los sistemas mediante ecuaciones matemáticas, reduciendo el problema de encontrar los valores óptimos mediante la resolución de tales ecuaciones, utilizando diferentes técnicas matemáticas como resolución de ecuaciones, ecuaciones simultáneas, localización de "máximos y mínimos" mediante derivadas, o bien, iteración de cálculos dando valores diferentes a las variables significativas.
- 4) Modelos por computadora: En realidad no es un método diferente a los ya expuestos; las computación es una herramienta muy poderosa para representar sistemas en cualquiera de las tres modalidades anteriores: existen aplicaciones y paquetería que simplifican la elaboración de dibujos, otros que combinan los dibujos con modelos matemáticos, permitiendo por ejemplo "ver" las líneas de esfuerzo a diferentes valores de carga. Resulta muy útil para las simulaciones, haciendo muy sencilla la realización de iteraciones, o bien facilitando la resolución de ecuaciones complejas que llevaría mucho tiempo realizarlas a "papel y lápiz".

f. Anteproyecto.

El anteproyecto consiste en hacer un estudio más detallado sobre la alternativa de solución aprobada. Consiste en elaborar modelos matemáticos más profundos, realizar análisis de estabilidad consistentes en determinar el comportamiento del sistema ante diferentes perturbaciones, análisis de compatibilidad, todo ello tendiente a dar los últimos ajustes necesarios al proyecto para que pueda pasar a la fase de aprobación del proyecto. No es práctico pretender hacer los estudios al grado de detalle que se hacen en esta etapa para todas las posibles soluciones que se someten a aprobación o selección, ya que tomaría mucho tiempo y dinero.

g. Aprobación del proyecto.

Un punto que frecuentemente se olvida en los textos que hablan de Ingeniería de Proyectos es el referente a la aprobación del proyecto por parte de la dirección de la empresa. Algunas veces el hecho de llegar técnicamente a que una determinada solución es la óptima de entre aquellas que resuelven el problema que se planteó en un inicio, no resulta ser la que se desarrolla finalmente en virtud de que los altos funcionarios de la empresa determinan que se seleccionará otra alternativa, o bien, no aprueban ninguna, teniendo que volver a comenzar a plantear otras soluciones posibles. Esta situación no forzosamente es "por capricho del jefe", sino que puede deberse a variables no medibles en la evaluación del proyecto, tales como la influencia que uno u otro proyecto tendrán en imagen de la empresa, convenios celebrados con empresas filiales, presiones de autoridad o legales, etc.

Así pues, antes de iniciar un diseño detallado, debe presentarse a la dirección un reporte gerencial que contenga cuadros comparativos con las ventajas y desventajas de una alternativa a otra, descripción general de cada alternativa

incluyendo gráficas de inversión y cronogramas de obra así como presupuesto tentativo.

h. Diseño Detallado del Sistema:

Una vez obtenida y aprobada una solución optimizada se procede a elaborar el diseño detallado, que consta de lo siguiente:

- 1) Diseño de los subsistemas que formarán parte del proyecto, así como diseño de los componentes y partes que conforman cada subsistema. La responsabilidad de elaborar estos diseños detallados la puede delegar el departamento de proyectos a personal de laboratorio o investigación, o bien a compañías externas que los construirán, dependiendo del grado de especialización que requieran y de la capacidad técnica del personal del departamento.
- 2) Preparación de planos y especificaciones: En base a los diseños detallados del punto anterior se trazan los planos de construcción, que deben incluir especificaciones de tipos de material a utilizar, calidad de acabados, dimensiones y tolerancias, soldadura a emplear, características de cuerdas, colores, etc. También debe incluir procedimientos de ensamblado.
- 3) Se deben realizar estimaciones detalladas del costo del proyecto más completas que las descritas en "valuación económica" dentro del punto "d. Análisis de las soluciones", especificando todas las erogaciones necesarias para la construcción o la producción del proyecto, analizando el plan de financiamiento, asignando el tiempo y el dinero necesario para la administración del proyecto.
- 4) Construcción del prototipo. Cuando los planos y las especificaciones se

entregan a un taller o a un ingeniero de obra para su construcción, el primer sistema físico que se obtiene es un prototipo. En algunos casos, el prototipo es en sí la última etapa del proyecto como sería el caso de una nueva línea de producción. En otros casos, el prototipo constituye un primer intento que se someterá a prueba, que si resulta aprobada, podrá iniciarse la producción en serie; un ejemplo es el proyecto de un nuevo diseño de válvulas que reemplazaran a todas las existentes en la red de distribución de agua en una planta; si la válvula-prototipo resulta adecuada, se procederá a fabricar todas las válvulas requeridas.

i. Valuación en el campo y proyecto por evolución.

- 1) Valuación del prototipo. Ningún proyecto puede comportarse de modo ideal, debido a las limitaciones de tiempo, dinero, y a las impuestas por condiciones especiales. Por lo que esta valuación es muy necesaria para acumular los datos que servirán como base práctica para la elaboración de futuros proyectos. Consiste en someter a prueba de laboratorio el prototipo, comparando los resultados obtenidos en las pruebas contra los resultados esperados, en caso de que no coincidan los resultados con el comportamiento esperado, se procederá a modificar el proyecto en la etapa que corresponda. Para el caso de proyectos en que la construcción del prototipo es la construcción del proyecto mismo, la valuación consistirá en realizar pruebas funcionales "en caliente".
- 2) Proyecto por Evolución: En base a las valuaciones llevadas a cabo en la etapa anterior se podrá mejorar el sistema por evolución, modificando aquellos criterios que se aplicaron y se comprobaron que no eran válidos. Mediante este procedimiento se logrará acercarse al punto óptimo de satisfacción de las necesidades de la primera etapa. Las modalidades variarán en función del tipo de proyecto efectuado y de la experiencia del ingeniero proyectista.

J. Ejecución y puesta en marcha:

Esta es la etapa última del proyecto, en la que las ideas iniciales quedan materializadas. En esta fase intervienen las siguientes actividades:

- 1) Procuración (o compras) de materiales y equipos.
- 2) Obra civil.
- 3) Montaje electromecánico.
- 4) Prueba de equipos y sistemas.
- 5) Arranque de sistemas.
- 6) Preoperación (entrega parcial del proyecto donde ya se encuentra funcionando de una manera normal, pero bajo una estricta vigilancia).
- 7) Operación comercial y mantenimiento (esta fase queda ya fuera de la ingeniería de proyectos).

3. Administración y Control de Proyectos.

Una eficiente ejecución de un proyecto requiere de una adecuada administración del mismo, entendiéndose por administración el organizar (planificar y programar) y controlar el proyecto.

El proceso administrativo de un proyecto involucra los siguientes elementos:

- 1) Establecer metas y objetivos.
- 2) Desarrollar planes de acción para lograr las metas:
- 3) Determinar presupuestos y agenda de trabajo (programas de obra y de inversión).
- 4) Controlar y evaluar el progreso.

5) Tomar decisiones para modificar cursos de acción para corregir posibles desviaciones.

Estos elementos se pueden desglosar de una manera más práctica en los siguientes puntos:

- Establecer requerimientos de mano de obra y servicios externos.
- Fijar fechas de terminación (parcial y total)
- Preparar programa maestro.
- Establecer listas de verificación.
- Organizar sistemas de registros.
- Organizar sistemas de reportes.
- Determinar requerimientos de supervisión y asesoría.
- Organizar el proyecto real.
- Completar el proyecto.

Existen varias herramientas para una adecuada planeación y control de proyectos, entre las que se pueden citar las técnicas de análisis de redes "PERT" y "CPM" (PERT por las iniciales en inglés "Program Evaluation and Review Technique" técnica de revisión y evaluación del programa, y CPM por "Critical Path Method" método de la ruta crítica) y diagramas de barras o de Gantt, que se describirán a continuación:

a) Planificación y control del proyecto con PERT-CPM.

Estrictamente hablando, existe una diferencia entre los métodos CPM y PERT; en el CPM -de la ruta crítica- se determinan con un tiempo "único" las duraciones de actividades, es decir, se realizan estimaciones con un alto grado de precisión del tiempo que requerirá cada actividad del proyecto, mientras que en el PERT, se determinan las duraciones bajo tres escenarios: optimista (duración de la actividad y proyecto si TODO marcha bien), pesimista (si TODO marcha mal) y "Estimación más Probable", con lo que se puede determinar la probabilidad existente de

terminar el proyecto en el tiempo planeado.

Sin embargo, la tendencia actual ha sido fusionar los dos métodos en algo que se conoce comunmente como "Sistema tipo PERT" o bien "Métodos de Planeación tipo PERT".

La utilización del sistema tipo PERT reporta las siguientes ventajas:

- 1) Se logra una planeación más lógica de las actividades que hay que desarrollar, así como asimilable para personas que tengan que involucrarse en el proyecto en etapas ya avanzadas.
- 2) Se identifican fácilmente las actividades que tienen más probabilidad de convertirse en "cuellos de botella" y en las que, por lo tanto debe programarse un esfuerzo máximo, en otras palabras, se puede saber qué actividades que se encuentran en "la ruta crítica" deben terminarse en las fechas especificadas y cuales pueden retrasarse sin afectar el tiempo de entrega del proyecto, pudiendo alterar en un determinado caso el programa original, asignando, por ejemplo, un mayor número de trabajadores para que terminen a tiempo las actividades críticas teniendo la certeza de que aunque se retrasen otras actividades, no se afecte la fecha de conclusión programada del proyecto entero.

Todos los sistemas tipo PERT usan una "red del proyecto" para retratar gráficamente las interrelaciones entre los elementos de un proyecto. Esta representación como red del plan de un proyecto muestra todas las relaciones de precedencia (y de dependencia) referentes al orden en el que deben efectuarse las tareas. En la Figura 18 se muestra un ejemplo de la red de un proyecto consistente en la construcción de un nuevo edificio de oficinas que forma parte de la ampliación de una planta industrial.

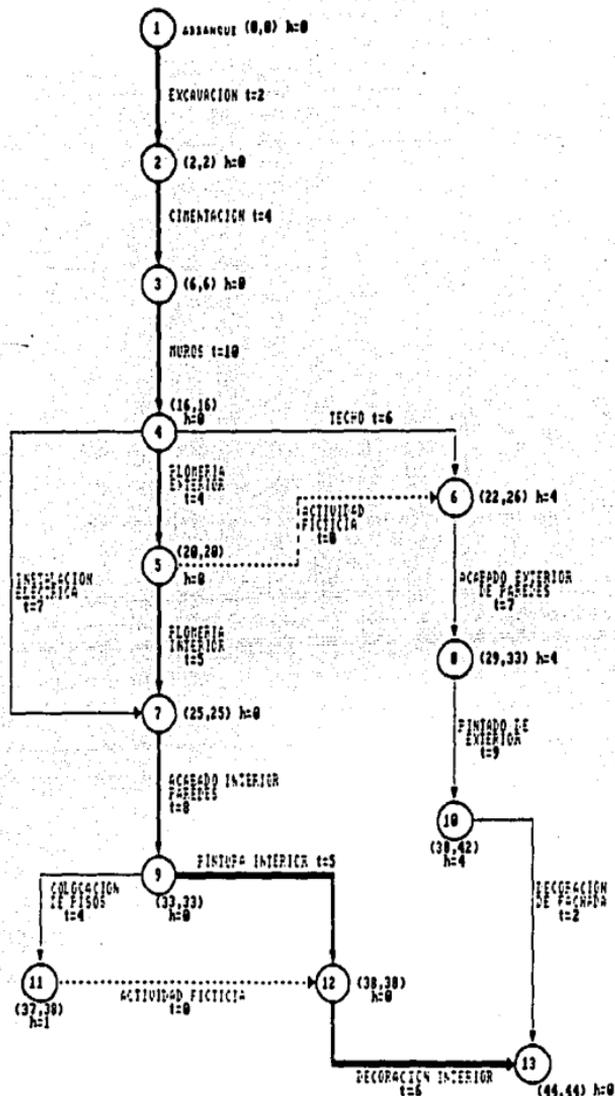


FIGURA 18. METODO DE LA RUTA CRITICA

A continuación se explicará una serie de conceptos que intervienen en las redes de proyectos:

- 1) **Actividad.** Es una tarea específica o parte individual del trabajo que debe efectuarse para la realización del proyecto. Tiene una duración o tiempo requerido para completar dicha actividad. En la Figura 18, cada actividad aparece como una rama o flecha, incluyendo la descripción de la actividad asociada a cada flecha. El número que aparece después de la descripción de la tarea indica su duración (en este ejemplo es en días, aunque pueden ser horas, semanas, meses, etc.).
- 2) **Evento.** Queda representado como un nodo de la red (los círculos numerados) y se define como el punto en el tiempo cuando todas las actividades que conducen hacia ese nodo se completa. Las puntas de flecha indican las sucesiones en las que deben lograrse los eventos. Además, un evento debe preceder a la iniciación de las actividades que parten de ese nodo.
- 3) **Red.** Es el conjunto de actividades y eventos que reflejan de una manera fiel el proyecto. La red puede representar el plan del proyecto completo, desde un nodo que corresponde al inicio, hasta la puesta en operación del proyecto, representada por un nodo final, pero también puede trazarse una red para partes del proyecto.
- 4) **Actividad virtual o actividad ficticia.** Se muestran con flechas de línea punteada, y sirven para mostrar únicamente relaciones de precedencia; no representan actividades reales, por lo que su duración es igual a "cero".
- 5) **Tiempo más anticipado** (también llamado "tiempo más próximo para terminar"). Es el tiempo en el cual ocurrirá el evento si las actividades precedentes se inician tan pronto como es posible. En la Figura 18 se indica el tiempo más anticipado de cada evento en el primer término del paréntesis que aparece en

cada nodo. Se obtiene sumando o acumulando los tiempos de las actividades necesarias para llegar al evento determinado. Si en un evento (nodo) confluyen más de una actividad (flecha), el tiempo más anticipado será el mayor de todas las ramas confluyentes. El tiempo más anticipado del nodo correspondiente a la conclusión del proyecto representa la duración total de la ejecución.

- 6) Último tiempo (también llamado "tiempo más remoto para terminar"). Es el último tiempo, más allá de su tiempo más anticipado, en el que puede ocurrir un evento sin retrasar la conclusión del proyecto. En el ejemplo, el último tiempo aparece en el segundo término de los paréntesis asociados a los nodos. Para calcular los últimos tiempos de cada evento, se parte del tiempo de duración total del proyecto, que corresponde al último tiempo del final de la red (terminación), y se van restando, hacia el inicio, las duraciones de cada actividad. Cuando más de una rama lleguen a un mismo nodo, se toma como último tiempo el menor de las líneas concurrentes.
- 7) Holgura o tiempo libre. Es el tiempo disponible que existe entre el final de una actividad y el principio de la siguiente, y representa el tiempo que podría llegarse a atrasar un evento sin afectar la duración total del proyecto. Así, la holgura para un evento viene dada por la diferencia entre su último tiempo y su tiempo más anticipado. En la Figura 18 aparece con la letra "h".
- 8) Ruta crítica: Es la trayectoria a través de la red, tal que todas las actividades sobre ella tienen una holgura cero.

b) Diagrama de barras o diagrama de Gantt.

Adicional a los diagramas de redes, se puede utilizar el diagrama de barras como el que se muestra en la Figura 19 para el mismo ejemplo de la construcción del inmueble de oficinas. Si bien el diagrama de Gantt no presenta la



FIGURA 19. DIAGRAMA DE BARRAS O DE GANTT.

interdependencia que unas actividades tienen de otras, resulta sumamente útil para:

- 1) Valuar de una manera rápida, visual, el progreso de un proyecto comparando lo realizado contra lo graficado.
- 2) Incluir fechas reales. En el ejemplo se ve que únicamente se labora en el proyecto de lunes a viernes, por lo que, si bien son 44 días efectivos los planeados en base al método tipo PERT, el tiempo real será de 62 días naturales contando los sábados y domingos.
- 3) Permite como calcular los recursos económicos y materiales que se deben asignar periódicamente al proyecto. Por ejemplo, en la semana del 27 al 31 de marzo se puede observar que se trabajará en techos, instalación eléctrica, plomería exterior e interior, por lo que puede programarse el gasto requerido para esas actividades unos días antes de dicha fecha, comprando los materiales con el tiempo necesario.
- 4) Organizar los recursos humanos. En la misma semana citada en el punto anterior, se observa que simultáneamente trabajarán los plomeros, electricistas y albañiles, programándose así oportunamente la contratación respectiva.

4. Descripción y Aplicación de Herramientas Económicas.

El concepto del valor del dinero a través del tiempo revela que los flujos de efectivo pueden ser trasladados a cantidades equivalentes a cualquier punto del tiempo. El valor del dinero y la tasa de interés utilizados conjuntamente generan el concepto de equivalencia, la cual expresa que diferentes cantidades de dinero en diferentes tiempos pueden tener igual valor económico.

Se puede hablar de que existen tres procedimientos que comparan estas

cantidades, si un proyecto es analizado por estos tres métodos se llegará a la misma decisión. Estos métodos son los siguientes:

- Método del valor anual equivalente.
- Método del valor presente.
- Método de la tasa interna de rendimiento.

A continuación se analizará cada uno de estos procedimientos para seleccionar cual le va mejor a nuestro problema y cuál arroja los resultados en una forma que sea fácilmente comprendida para las personas involucradas en la toma de decisiones.

a) Método del valor anual equivalente.

Con este método todos los ingresos y gastos que ocurren durante un período son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando dicha anualidad es positiva, es recomendable que el proyecto sea aceptado. Este criterio de decisión puede resultar peligroso si en la determinación de la anualidad neta se utiliza como tasa de interés "i" el costo de capital (costo ponderado de las fuentes de financiamiento utilizados para financiar los proyectos de inversión), por ese motivo se recomienda utilizar una tasa de interés mayor que el costo de capital y a la cual se denotará como TREMA (tasa de recuperación mínima atractiva). De esta manera, no existe ningún riesgo de aceptar proyectos con una anualidad cercana o igual a cero, ya que significaría que el rendimiento obtenido es exactamente igual al mínimo requerido.

El utilizar la TREMA como tasa de interés "i", tiene como ventaja de ser establecida fácilmente y se pueden considerar factores tales como: 1) El riesgo que representa un determinado proyecto; 2) La disponibilidad de dinero en la empresa; 3) La tasa de inflación prevaleciente en la economía nacional.

A continuación se muestran las fórmulas generales que pueden utilizarse para determinar la anualidad equivalente de un proyecto de inversión:

$$A = -p \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + \left[\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \right] \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (1)$$

donde:

A = Anualidad equivalente.

p = Inversión inicial.

S_t = Flujo de efectivo neto del año t.

F = Valor de rescate.

n = Número de años de vida del proyecto.

i = Tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA).

Si se supone que todos los flujos de efectivo netos de todos los años son iguales, la ecuación se transforma en:

$$A = S - (p-F) \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + F(i) \quad (2)$$

A continuación se dará un ejemplo para ilustrar mejor:

Una Industria, para efectos de balancear sus líneas de producción y de satisfacer la demanda creciente de cintas adhesivas en sus diferentes tipos y presentaciones (masking, celofán, etc.), esta analizando la necesidad de comprar una máquina cortadora. Investigaciones recientes sobre los costos de los posibles proveedores (Japón y Suiza) arrojaron los resultados mostrados en la tabla. La empresa utiliza una TREMA de 25% para evaluar sus proyectos de inversión.

	Cortadora (JAP)	Cortadora (SUIZA)
Inversión inicial	N\$ 600	N\$ 900
Gastos anuales	N\$ 160	N\$ 100
Valor de rescate	N\$ 100	N\$ 160
Vida	5 años	5 años

Para este ejemplo se usará la fórmula (2), con lo que se obtiene:

$$A_{JAP} = 160 + 500 \left[\frac{0.25 (1+0.25)^5}{(1+0.25)^5 - 1} \right] + 100 (0.25)$$

$$A_{JAP} = 370.91$$

$$A_{SUIZ} = 100 + 740 \left[\frac{0.25 (1+0.25)^5}{(1+0.25)^5 - 1} \right] + 160 (0.25)$$

$$A_{SUIZ} = 414.98$$

La máquina cortadora fabricada en Japón, teniendo el menor costo anual equivalente, se transforma en la mejor opción.

b) Método del Valor Presente.

Este método es uno de los criterios más utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

Se muestra la fórmula utilizada para este método:

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

donde:

VPN = Valor presente neto.

S_0 = Inversión inicial.

S_t = Flujo de efectivo neto del período t .

n = Número de períodos de vida del proyecto.

i = Tasa de recuperación mínima atractiva.

Como ya se mencionó en el punto anterior se usará para "i" la TREMA por las ventajas que ya fueron expuestas. El método del valor presente tiene como ventaja de ser único, independientemente del comportamiento que sigan los flujos de efectivo que genera el proyecto de inversión. Este método es utilizado en situaciones en que el comportamiento irregular de los flujo de efectivo, origina el fenómeno de tasas múltiples de rendimiento. Cuando el valor presente en la fórmula da positivo, significa que el rendimiento que se espera obtener del proyecto de inversión es mayor al rendimiento mínimo requerido por la empresa (TREMA), se recomienda adquirir el equipo.

1. Cuando la TREMA es grande, existe una tendencia a seleccionar aquellas alternativas que ofrezcan en sus primeros años de vida los mayores flujos de efectivo.
2. Cuando la TREMA es pequeña, se tiende a seleccionar a aquellas alternativas que ofrezcan los mayores beneficios, aunque éstos estén muy retrados del período de iniciación de la vida de la alternativa.

Se mostrará la metodología a seguir cuando se requiere seleccionar una alternativa entre varias mutuamente exclusivas. Estos procedimientos son: valor presente de la inversión total y valor presente del incremento en la inversión.

- a) Valor presente de la inversión total: Todo lo que se requiere hacer es determinar el valor presente de los flujos de efectivo que genera cada alternativa y seleccionar aquella que tenga el valor presente máximo, pero

deberá ser mayor que cero. En ciertos casos las alternativas mutuamente exclusivas pueden arrojar valores negativos, es conveniente seleccionar la alternativa que tenga el valor presente mínimo considerando los costos con signo positivo.

- b) Valor presente del incremento en la inversión: Cuando se comparan dos alternativas mutuamente exclusivas lo primero que se debe hacer es determinar los flujos de efectivo netos de la diferencia entre los flujos de efectivo de las dos alternativas analizadas. El incremento en la inversión se considera aceptable si su rendimiento excede la tasa de recuperación mínima atractiva, es decir, si el valor presente del incremento en la inversión es mayor que cero, el incremento se considera deseable y la alternativa que requiere esta inversión adicional se considera como la más atractiva.

Los pasos a seguir para seleccionar la mejor alternativa, aplicando el criterio de "valor presente del incremento en la inversión" son los siguientes:

1. Poner las alternativas en orden ascendente de acuerdo a su inversión inicial.
2. Seleccionar como la mejor alternativa aquella de menor costo. La de menor costo será siempre "no hacer nada", conviene considerarlo así puesto que se pueden presentar casos en los que todas las alternativas tengan valores negativos.
3. Comparar la mejor alternativa con la siguiente de acuerdo con el paso 1. La comparación entre estas dos alternativas se basa en determinar el valor presente del incremento en la inversión; si este valor es mayor que cero, entonces la alternativa relatora se transforma en la mejor alternativa. Por el contrario, si el valor presente es negativo, entonces la mejor alternativa sigue siendo la defensora y la relatora se elimina de posterior consideración.
4. Repetir el paso 3 hasta que todas las alternativas disponibles hayan sido

analizadas. La alternativa que maximiza el valor presente y proporciona un rendimiento mayor que TREMA, es la alternativa de mayor inversión cuyos incrementos de inversión se justificaron.

Ejemplo: De la siguiente tabla solamente se conocen los costos y el TREMA que considera la empresa es de 20%.

AÑO	ALTERNATIVAS		
	A	B	C
0	-NS 12,000	-NS 15,000	-NS 16,000
1	-NS 2,500	-NS 3,500	-NS 1,500
2	-NS 3,000	-NS 4,000	-NS 1,500
3	-NS 3,500	-NS 4,000	-NS 1,500

Como la alternativa "no hacer nada" no es considerada, la alternativa A se transforma en la mejor, la alternativa A es la defensora y la alternativa B es la retadora.

$$VPN_{B-A} = -3000 + \frac{1000}{1+0.2} + \frac{1000}{(1+0.2)^2} + \frac{500}{(1+0.2)^3}$$

$$VPN_{B-A} = -1,182.88$$

y puesto que el valor presente es negativo, la alternativa B se elimina de posterior consideración. La alternativa A seguirá siendo la defensora y la alternativa C la retadora.

$$VPN_{C-A} = -4000 + \frac{1000}{1+0.2} + \frac{1500}{(1+0.2)^2} + \frac{2000}{(1+0.2)^3}$$

$$VPN_{C-A} = -967.61$$

y como el valor presente es negativo la alternativa C es desechada. Puesto que no existen más alternativas, entonces la alternativa A es la selección óptima.

c) Método de Tasa Interna de Rendimiento (TIR).

La tasa interna de rendimiento es un índice de rentabilidad, esta definido como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente, el valor futuro, o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos.

El significado fundamental de la TIR: Es la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de tal modo que el saldo al final de la vida de la propuesta es cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+i^*)^t} = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{t=0}^n S_t (1+i^*)^{n-t} = 0 \quad (5)$$

$$\sum_{t=0}^n S_t \left[\frac{1}{(1+i)^t} \right] \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = 0 \quad (6)$$

donde: S_t = Flujo de efectivo neto del período t .
 n = Vida de la propuesta de inversión.
 i^* = Tasa de interés.

Con el método de la tasa interna de rendimiento, es necesario calcular la tasa de interés (i^*) que satisface cualquiera de las ecuaciones (4), (5) o (6) y compararla con la tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA). Cuando i^* sea mayor que TREMA, conviene que el proyecto sea emprendido.

La tasa interna de rendimiento representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. El saldo no recuperado de una inversión al tiempo t , se evalúa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_t = \sum_{j=0}^t S_j (1+i^*)^{t-j} \quad (7)$$

Ejemplo:

Supóngase que una planta productora de botellas de plástico planea adquirir una nueva inyectora que fabricará un modelo de botella novedoso. La inversión inicial requerida para comprar la inyectora es de N\$400,000.00 mientras que los ingresos netos anuales que reportará su producción son de N\$150,000.00. La vida útil de la inyectora es de 5 años, al cabo de los cuales podrá venderse en N\$50,000.00. La TREMA (tasa de recuperación mínima atractiva) que maneja el área de finanzas de la empresa es del 20%.

La tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa de interés "i" que satisface la ecuación:

$$- 400,000 + 150,000 (P/A, i^*, 5) + 50,000 (P/F, i^*, 5) = 0$$

A través de iteraciones se obtiene que $i^* = 27.3\%$, la cual es mayor a la tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA=20%), por lo que debe considerarse conveniente realizar la compra.

5. Reemplazo de Equipo.

Un plan de reemplazo juega un papel muy importante en la determinación de la tecnología y el progreso económico de una empresa. Cada empresa debe establecer sus políticas de reemplazo para cada uno de los activos, ya que un reemplazo fuera de tiempo originaría una disminución de capital y por consecuencia disponibilidad de dinero para poder hacer otros proyectos rentables. Por otro lado el atrasar un reemplazo de equipo origina excesivos costos de operación y mantenimiento; y el no hacer reemplazos significa estar en desventaja con otras empresas que tienen tecnología nueva y son más competitivas.

Las causas principales que llevan al reemplazo de un activo se pueden clasificar como: Insuficiencia e ineptitud, mantenimiento excesivo, eficiencia decreciente y

antigüedad.

- a) Reemplazo por Insuficiencia: Cuando el activo físico ya no puede prestar los servicios que se esperan de él, ya que su capacidad está limitada; el reemplazo es independiente de que el activo se encuentre en buenas condiciones.
- b) Reemplazo por Mantenimiento Excesivo: Como es sabido es necesario que tengan un mantenimiento todos los activos ya que esto extiende su vida útil, pero llega un momento que el costo del mantenimiento se va elevando y es cuando hay que analizar la posibilidad de un reemplazo para economizar.
- c) Reemplazo por eficiencia decreciente: Cuando un equipo llega a su máximo rendimiento, después este rendimiento disminuye a medida que se deterioran sus partes. Los costos que originan su ineficiencia de operación se vuelven elevados y conviene investigar en el mercado la existencia de otras máquinas que den el mismo servicio a un costo menor.
- d) Reemplazo por Antigüedad (Obsolescencia): Con frecuencia el mejoramiento tecnológico es tan rápido que la obsolescencia surge del resultado de este avance, en el mercado siempre existirán activos con características tecnológicas más ventajosas que los activos ya existentes en la empresa. La obsolescencia es utilizada como una razón para justificar el reemplazo cuando éste se considera necesario y conveniente.
- e) Reemplazo por Combinación de Factores: A medida que aumenta la edad del equipo, disminuye la eficiencia y su rendimiento mientras aumenta el mantenimiento requerido. Entre más antiguo sea el equipo más modernos y ventajosos equipos habrá en el mercado. En el análisis para el reemplazo de equipo en la mayoría de las veces se tendrá más de un factor, lo que llevará a la decisión.

Factores a Considerar en un Estudio de Reemplazo.

En el análisis de reemplazo es necesario considerar una serie de factores para llegar siempre a buenos resultados:

- a) **Horizonte de planeación:** Es el lapso de tiempo futuro que se considera, lo correcto es pronosticar con mayor exactitud lo que va ocurrir en el futuro, es decir, considerar la inflación y las innovaciones tecnológicas, tratar de predecir los flujos de efectivo de las diferentes alternativas en el mercado para ese tiempo, o utilizar como horizonte de planeación el menor de los tiempos de vida de las alternativas consideradas. Cuando la duración del proyecto es predecible, es más realista basar el estudio en un horizonte de planeación finito.
- b) **La Tecnología:** Es muy importante considerar las características tecnológicas de los equipos que son candidatos a reemplazar a aquellos bajo análisis. Siempre se debe tender a que los equipos nuevos sean más avanzados tecnológicamente para que haya un progreso. Es más realista esperar alguna obsolescencia del equipo viejo con respecto a los nuevos equipos.
- c) **Comportamiento de los Ingresos y los Gastos:** Es importante señalar que cuando se ha detectado un cierto patrón de comportamiento en los gastos o se prevé cómo la inflación va afectar a los ingresos y a los gastos, esto debe ser incluido en el estudio de reemplazo.
- d) **Disponibilidad de Capital:** Es necesario considerar en el estudio de reemplazo las fuentes de financiamiento que la empresa utiliza para los proyectos de inversión ya que no son ilimitadas.
- e) **Inflación:** La inflación al ser mayor que el rendimiento que ofrecen los diferentes tipos de inversión, disminuye la oferta de préstamos hipotecarios a largo plazo

y las empresas tienen que crecer al ritmo de crecimiento de sus utilidades generadas. Las decisiones de reemplazo deben ser realizadas con mucho cuidado ya que una mala decisión puede significar una reducción en la disposición de capital de periodos futuros.

Se puede hablar básicamente de dos tipos de estudios de reemplazo de equipo:

- 1) Determinar por adelantado el servicio de vida económica de un activo, es decir, determinar el período óptimo de reemplazo del activo.
- 2) Determinar la conveniencia de mantener el activo viejo ("defensor") o reemplazarlo por uno nuevo ("retador").

Para elaborar estos estudios se requiere contar con registro del flujo de efectivo de varios años, considerando variables como: inversión, ingresos por ventas de producción, depreciación, costos de operación, utilidad bruta, impuestos y utilidad neta. Con estos registros se pueden hacer predicciones sobre el comportamiento de todas estas variables para aplicar las herramientas económicas que se han descrito (tasa interna de retorno, valor presente, etc.) haciendo simulaciones para obtener la utilidad que reportaría conservar el equipo actual y compararla con la utilidad que se obtendría adquiriendo uno u otro equipo nuevo o usado. La alternativa con la mejor de las utilidades será la opción que deberá elegirse.

CAPÍTULO IV.
SEGURIDAD INDUSTRIAL.

CAPÍTULO IV.

SEGURIDAD INDUSTRIAL.

En las diferentes empresas se encuentra actualmente una gran diversidad de criterios para manejar y administrar la seguridad industrial. Así, hay algunas en donde definitivamente no existe un departamento de seguridad industrial, conformándose los directivos con dar cumplimiento a las disposiciones legales en esta materia formando comisiones mixtas de seguridad e higiene que son meramente decorativas; otras utilizan como bandera la frase "la seguridad somos todos", pero en realidad nadie se preocupa de las cuestiones de seguridad más allá de lo absolutamente indispensable; en otras compañías, si bien no hay un departamento propiamente dicho, si existe un encargado de seguridad industrial, que puede haber sido contratado expresamente para esa función, o bien, alguna otra persona con dedicación parcial, es decir, es una persona que su principal función es otra, por ejemplo un supervisor de producción, un jefe de personal, el médico de planta, etc. al que se le asigna temporal o permanentemente la responsabilidad de la seguridad; finalmente se pueden encontrar algunas empresas donde sí existe un departamento formal de seguridad industrial, y dentro de este grupo de empresas hay aquellas en que este departamento depende de recursos humanos o de relaciones industriales, o incluso de contabilidad.

Ciertamente existen empresas muy pequeñas, con muy pocos riesgos, donde no se justificaría la creación de un puesto de "Jefe de Seguridad" y menos aún, un departamento de Seguridad Industrial. En estos casos, el director o gerente general deberá asumir de una manera seria la responsabilidad de la seguridad industrial, con pleno convencimiento de la importancia que tiene esta función, definiendo un horario preciso al día o a la semana para dedicarse exclusivamente a actividades de seguridad como inspecciones para detectar condiciones inseguras, capacitación al personal, implementación de dispositivos de seguridad,

contratación de servicios con compañías especializadas, compra de equipo de protección personal, etc.

A medida que el tamaño de la empresa es mayor, se va haciendo más necesaria la existencia de un jefe o un departamento de seguridad industrial. Lo más recomendable es que el departamento de seguridad sea independiente de cualquier otra función de la planta para que su importancia no quede supeditada a las responsabilidades inmediatas de otra área, como producción, recursos humanos, mantenimiento, contabilidad, etc. En un plano ideal el jefe de seguridad debería reportar directamente a la dirección general para garantizar su total independencia y su nivel de autoridad dentro de la empresa. Sin embargo esto no siempre es posible dadas las diferentes ocupaciones y responsabilidades del director. Así pues, se plantea como una solución más viable que el departamento de seguridad industrial dependa del Gerente de Ingeniería de Planta, con lo que se logra la autonomía de la seguridad industrial respecto a otras actividades. Como se planteó en el capítulo 1 (ver figura 2), el departamento de seguridad industrial queda separado de las funciones básicas de Ingeniería de Planta que son Mantenimiento y Proyectos, ya que no le reporta al Superintendente de Ingeniería de Planta. Por otro lado, el hecho de que tanto proyectos, mantenimiento y seguridad industrial estén bajo una misma gerencia resulta muy útil por la necesidad que el departamento de seguridad tiene de los servicios de las otras dos áreas: proyectos le apoya para los estudios de viabilidad, selección de alternativas e implementación de los nuevos sistemas de seguridad, y mantenimiento es de gran ayuda en la corrección de anomalías, realización de inspecciones y mantenimiento a los sistemas de seguridad.

1. Objetivo.

La necesidad de protección surgió mucho antes de que apareciera la humanidad. Tanto los animales como los humanos tienen como uno de sus requerimientos

más primitivos el protegerse contra los peligros que los acechan. De acuerdo con el psicólogo humanista Abraham Maslow, cuando habla de su pirámide de necesidades, el hombre no puede autorrealizarse o trascender si no ha satisfecho adecuadamente su necesidad de "Seguridad"⁵. Esta idea se puede aplicar a las empresas, industriales, comerciales, de servicio o financieras, de la siguiente manera: Una empresa no será productiva -trascendente- si no trabaja con la seguridad de que sus recursos humanos, materiales y económicos están lo más a salvo posible de los diferentes peligros. Una vez que ha solucionado sus necesidades de protección, la empresa podrá dedicarse a producir sin distraer sus esfuerzos a la atención de accidentes.

Así pues, definiendo a la "Seguridad" como la ausencia de accidentes mediante una adecuada eliminación de riesgos y con la consecuente desaparición de daños y lesiones, se observa que el objetivo básico de la seguridad es la eliminación de accidentes. Es claro que no se puede reducir al 100% la probabilidad de que ocurran accidentes, ya que siempre existen circunstancias fortuitas absolutamente impredecibles, así que se puede establecer un objetivo más apegado a la realidad de la siguiente manera: disminuir la incidencia de daños y lesiones por accidentes al "mínimo irreducible".

Aspecto Humanitario:

La implementación de un programa eficiente de seguridad se justifica plenamente por las consecuencias nocivas que se evitan al prevenir los accidentes que causan lesiones. Tales consecuencias son:

- La primera y más evidente, es el sufrimiento inmediato de la persona que ha resultado herida.
- La segunda es la posibilidad de que el lesionado quede inválido, con todas las repercusiones psicológicas que esto le puede acarrear al herido y a su familia.

más primitivos el protegerse contra los peligros que los acechan. De acuerdo con el psicólogo humanista Abraham Maslow, cuando habla de su pirámide de necesidades, el hombre no puede autorrealizarse o trascender si no ha satisfecho adecuadamente su necesidad de "Seguridad"⁵. Esta idea se puede aplicar a las empresas, industriales, comerciales, de servicio o financieras, de la siguiente manera: Una empresa no será productiva -trascendente- si no trabaja con la seguridad de que sus recursos humanos, materiales y económicos están lo más a salvo posible de los diferentes peligros. Una vez que ha solucionado sus necesidades de protección, la empresa podrá dedicarse a producir sin distraer sus esfuerzos a la atención de accidentes.

Así pues, definiendo a la "Seguridad" como la ausencia de accidentes mediante una adecuada eliminación de riesgos y con la consecuente desaparición de daños y lesiones, se observa que el objetivo básico de la seguridad es la eliminación de accidentes. Es claro que no se puede reducir al 100% la probabilidad de que ocurran accidentes, ya que siempre existen circunstancias fortuitas absolutamente impredecibles, así que se puede establecer un objetivo más apegado a la realidad de la siguiente manera: disminuir la incidencia de daños y lesiones por accidentes al "mínimo irreductible".

Aspecto Humanitario:

La implementación de un programa eficiente de seguridad se justifica plenamente por las consecuencias nocivas que se evitan al prevenir los accidentes que causan lesiones. Tales consecuencias son:

- La primera y más evidente, es el sufrimiento inmediato de la persona que ha resultado herida.
- La segunda es la posibilidad de que el lesionado quede inválido, con todas las repercusiones psicológicas que esto le puede acarrear al herido y a su familia.

- Desequilibrio económico y moral de la familia del accidentado. Aún cuando existen mecanismos de indemnización económica por accidentes laborales, generalmente estos no son oportunos ni suficientes.

Evitar estas repercusiones es un motivo suficiente para justificar una inversión en seguridad; sin embargo, desgraciadamente no siempre es esto lo que incita a los empresarios a adoptar medidas de seguridad, lo que lleva entonces a comentar las repercusiones económicas de los accidentes.

Aspecto Económico:

La reducción de costos es en sí misma una finalidad para evitar toda clase de acontecimientos no deseados, tanto los que causan, como los que no causan lesiones. La reducción de costos como finalidad, se orienta a minimizar las pérdidas ocasionadas por daños a la propiedad y por dificultades en la producción, así como a las lesiones.

No obstante, es evidente que la estabilidad del personal es vital para la eficiencia de la producción. La producción por persona o por departamento se acelera cuando los trabajadores conocen su trabajo y se desarrolla un trabajo de equipo. Las lesiones interrumpen los procesos y además, hacen necesario contratar nuevos trabajadores, o asignar a la tarea a otros que no la conocen, y perturbar la coordinación del grupo.

La reducción de costos puede ser considerada como un propósito mayor en el programa de seguridad, o bien, como un medio para compensar el costo de las actividades orientadas a la eliminación de lesiones, las que la dirección de la empresa puede decidir aplicar independientemente de los costos.

Los elementos que componen los costos de los accidentes se pueden enlistar de la siguiente manera:

FIGURA 20: COSTO DE LOS ACCIDENTES.

<u>Lesiones:</u>	Primeros auxilios. Hospitalización. Operaciones. Medicinas. Prótesis. Rehabilitación.
<u>Daños:</u>	Productos. Materia prima. Maquinaria. Instalaciones. Muebles. Equipo de oficina. Edificios.
<u>Técnico-administrativo:</u>	Investigaciones. Trámites. Tiempo de trabajo. Indemnizaciones. Producción. Salario no productivo. Readiestramiento. Salario por sustitución. Ventas. Mercado. Incremento en cuotas de Seguridad Social y Compañías de Seguros.
<u>Otros:</u>	Afectación al personal. Baja de producción. Prestigio.

2. Accidente.

Se entiende por accidente cualquier suceso que interrumpe en forma no prevista e indeseable, las actividades normales y previamente planeadas, dando por resultado un daño y/o una lesión.

En esta definición, se utiliza la palabra "daño" para designar al perjuicio sobre los

bienes materiales, ya sea mobiliario, equipo y maquinaria, o bien, inmuebles.

El concepto "lesión" se refiere a toda perturbación funcional al organismo humano.

Existen diferentes grados de afectaciones a las personas:

- a) Sin lesión física: Únicamente se presenta malestar nervioso o "susto" (ejemplo: casi me golpea, casi me caigo, etc.).
- b) Lesión leve: Se refiere a lesiones que no impiden totalmente la actividad, pero sí presentan cierta dificultad para desempeñar el trabajo eficientemente (ejemplo: cortadas, magulladuras, etc.)
- c) Lesiones con incapacidad temporal, sea parcial o total (ejemplo: fractura de huesos).
- d) Lesiones con incapacidad parcial permanente (ejemplo: pérdida de algún miembro).
- e) Incapacidad total permanente (ejemplo: parálisis).
- f) Lesión con pérdida de la vida.

Los precursores de los accidentes se pueden enumerar de la manera que sigue:

- a) El Hombre: La fuente principal de pérdidas es el hombre, ya que las estadísticas indican que es el causante de más de la mitad de los daños que sufren los equipos.
- b) Los Elementos: Los cuatro elementos de la antigüedad, fuego, agua, aire y tierra, que se consideran vitales para la humanidad, paradójicamente representan para los bienes materiales un caudal de peligros.
- c) La Técnica: Los mismos avances tecnológicos que se presentan en los equipos, traen consigo nuevas fuentes de riesgo.

En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos de los peligros que emanan de cada una de las fuentes que se mencionaron:

FIGURA 21. FUENTES DE RIESGO.

EL HOMBRE	LOS ELEMENTOS	LA TÉCNICA
<ul style="list-style-type: none"> - Impericia. - Negligencia. - Actos dolosos. - Descuidos. - Robo o saqueo. - Hurto. - Fallas de montaje. - Huelgas. - Mano de obra deficiente. - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rayo. - Granizo. - Helada. - Tempestad. - Huracán. - Inundación. - Acción del agua y/o humedad. - Incendio. - Gases corrosivos. - Humo. - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corto circuito. - Aislamiento deficiente. - Explosión o implosión. - Materiales defectuosos o fuera de especificación. - Fallas de climatización. - Magnetismo. - Diseños inadecuados. - Mala construcción. - Inducción. - Etc.

De los riesgos expuestos, la gran mayoría son controlables, por lo que se puede vislumbrar que un buen programa de seguridad reduce significativamente la cantidad de accidentes. De los riesgos sobre los que no se tiene ningún control como son terremoto, huracán, etc., si bien no es posible controlar el evento, si existen medidas de prevención para estas catástrofes, por ejemplo: diseños sísmicos, construcción contra vientos, planes de evacuación.

La realización de un accidente depende de la concurrencia de dos elementos: la existencia de una condición insegura aunada a un acto inseguro.

Por condición insegura se entiende la situación física existente que representa un peligro y la posibilidad de causar un accidente. Tales condiciones inseguras generalmente se refieren a agentes no protegidos, o bien con protección deficiente. Ejemplos de condiciones inseguras son: pisos resbalosos, engranes y poleas sin guardas metálicas, iluminación inadecuada, falta de orden y limpieza.

El acto inseguro es una mala práctica de las personas que en su ejecución genera un accidente. Ejemplos de actos inseguros son: trabajar sin utilizar el equipo de protección personal, usar ropa suelta cerca de elementos motrices, negligencia, temeridad, malas actitudes.

Reportes de daños y accidentes.

Cada que ocurra un accidente que genere daños a las propiedades o a las personas se debe llenar un formato de reporte que servirá para las estadísticas de la empresa y de las autoridades, pero también, lo que es más importante, será una herramienta útil para definir las acciones que en materia de seguridad se deben tomar, así como la urgencia de éstas. En las Figuras 22a y 22b aparece un reporte de daños a la propiedad, que se llenará en el anverso (22a) y reverso (22b). Igualmente, en las Figuras 23a y 23b aparece el anverso y reverso de un reporte de accidentes con daños a personas.

3. Higiene en el Trabajo.

Este tema se refiere a los riesgos existentes en el trabajo que a simple vista no se ven y que son los causantes de lesiones orgánicas que se denominan enfermedades ocupacionales que se presentan con relativa lentitud y pueden producirse durante o fuera del trabajo.

La higiene industrial es "la ciencia y arte" dedicados a la anticipación, reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores o elementos estresantes del ambiente, los cuales pueden causar enfermedad, deterioro de la salud y el bienestar, o incomodidad y fuerte ineficiencia entre trabajadores o entre ciudadanos de la comunidad.

La higiene industrial es la especialidad profesional ocupada en preservar la salud de los trabajadores en su tarea. Su importancia radica en que muchos procesos

REPORTE DE DAÑOS A LA PROPIEDAD

<p>ESTA FORMA DE REPORTE DE DAÑOS A LA PROPIEDAD A CONSECUENCIA DE UN ACCIDENTE DEBERÁ LLENARSE POR EL JEFE DEL DEPARTAMENTO AFECTADO O POR EL SUPERVISOR DEL ÁREA DONDE SUCEDIÓ EL ACCIDENTE ENVIÁNDOLA A LA OFICINA DEL GERENTE DE LA PLANTA, Y COPIA AL GERENTE DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.</p>					
NOMBRE COMPAÑÍA			FECHA Y HORA DEL ACCIDENTE		
			DÍA	MES	AÑO
DEPARTAMENTO:			FECHA DEL REPORTE		
			DÍA	MES	AÑO
DESCRIPCIÓN CONDENSADA DEL ACCIDENTE					
CAUSAS:					
ACCIÓN CORRECTIVA (CON RESPONSABLES Y FECHAS DE CUMPLIMIENTO)					
DAÑOS ESTIMADOS		a) EDIFICIO		b) EQUIPO	
c) MATERIAL		d) POR INTERRUPCIÓN DE ACTIVIDADES		e) OTROS	
PREPARADO POR:				FIRMA	

FIGURA 22a

**IDENTIFIQUE EL DAÑO CAUSADO, DIBUJANDO AL REDEDOR DE UNO DE
LOS NÚMEROS DE CADA CATEGORÍA**

- | | | |
|---|--|---|
| I) ESCENA | IV) TIPO DE FALLA | 26 Falta de Planes Adecuados |
| 1 Deplo. de Manufactura | 1 Explosión | 27 Prisa |
| 2 Patio o carretera | 2 Implosión | 28 Orden y Limpieza |
| 3 Almacén | 3 Quemada | 29 Procedimiento Inadecuado |
| 4 Bodega | 4 Reventón | 30 Equipo "no mantenido" |
| 5 Laboratorios | 5 Fuego | 31 Preparación Inadecuada para
Reparar |
| 6 Área de Servicio | 6 Rotura | 32 Falta de Lubricación |
| 7 Taller | 7 Falta Mecánica | 33 Manejo Descuidado |
| 8 Acondicionamiento | 8 Ruptura | 34 Conocimiento Insuficiente |
| 9 Área de Tanques | 9 Deformación o Torceduras | 35 Dispositivo de Protección
Alterado |
| 10 Oficina | 10 Falta Eléctrica Total | |
| 11 Cuarto de Computación | 11 Falta Eléctrica | |
| 12 Cuarto Eléctrico | | |
| 13 | | |
| II) TIPO DE ACCIDENTE | V) DETECTADO POR: | CAUSAS NATURALES |
| 1 Fuego | 1 Detector de Fuego | 36 Rayo |
| 2 Explosión | 2 Instrumentos de Proceso | 37 Viento |
| 3 Falta Eléctrica | 3 Personal de Operación | 38 Inundación |
| 4 Falta Mecánica | 4 Sistema Automático | 39 Terremoto |
| 5 Derrame | 5 Personal de Policía | |
| 6 Colapso | | PROCESO |
| 7 Colisión | VI) SE PIDIÓ AYUDA POR: | 40 Pérdida de Enfriamiento |
| 8 Derrumbe | 1 Teléfono | 41 Línea o Equipo Taponeado |
| 9 Inundación | 2 Sistema de Alarma | 42 Mal Funcionamiento de
Controles |
| 10 Temblor | 3 Mensajero | 43 Mal Funcionamiento de
Alvto |
| 11 Viento | 4 Radio | |
| 12 Robo | 5 No se pidió | OTROS |
| | | 44 Diseño Adecuado |
| III) EQUIPO INICIALMENTE
INVOLUCRADO | VII) CAUSAS: CIRCULE UNA
CAUSA BÁSICA Y CRUCE
DOS QUE CONTRIBUYERON | 45 Protección Inadecuada |
| 1 Recipiente a Presión | MECÁNICAS | 46 Fluctuación Carga Normal |
| 2 Intercambiador de Calor | 1 Sobrecalentamiento | 47 Falta de Lubricante |
| 3 Bomba | 2 Sobrepresión | 48 Línea Quebrada |
| 4 Tubería | 3 Corrosión | 49 Fuga, Derrame |
| 5 Ductos | 4 Erosión | |
| 6 Válvula | 5 Defecto de Material | VIII) CONTROL USADO |
| 7 Banda Transportadora | 6 Velocidad Desmedida | 1 Sist. de Diluvio Automát |
| 8 Transportadora | 7 Partes Flojas | 2 Sist. de Diluvio Manual |
| 9 Tolva | 8 Defecto de Material | 3 Brigada Departamental |
| 10 Filtro | 9 Fatiga | 4 Bomberos |
| 11 Tanque | 10 Vibración | 5 Faro de Emergencia |
| 12 Recipiente | 11 Daños por Objeto Extranjo | 6 Vapor |
| 13 Colector de Polvos | 12 Tensión Desmedida | 7 Extintores |
| 14 Lavador | | 8 Sistema de Espuma |
| 15 Quemador y Equipo | ELÉCTRICAS | 9 Sistema de CO2 |
| 16 Compresor | 14 Pelamiento | |
| 17 Turbina | 15 Contaminación | IX) SUMINISTRO DE AGUA |
| 18 Horno | 16 Sobrecarga | 1 Presión Adecuada |
| 19 Vehículo Industrial | 17 Soldado por Contacto | 2 Presión Inadecuada |
| 20 Vehículo, Otro | 18 Aplicación Errónea | 3 No se Uso |
| 21 Equipo, FFCC | 19 Aislamiento | 4 Volumen Adecuado |
| 22 Caldera | 20 Mal Funcionamiento | 5 Volumen Inadecuado |
| 23 Herramienta de Poder | 21 Estática | 6 No Había |
| 24 Equipo de Soldar y Cortar | | |
| 25 Instrumentos | PERSONAL | X) ELIMINADA LA
PROPAGACIÓN POR: |
| 26 Generador | 22 Falta de Instrucción | 1 Controles Manuales |
| 27 Control de Motores | 23 Instrucción Inadecuada | 2 Controles Automáticos |
| 28 Transformador | 24 Falta de Supervisión | 3 Separación Natural |
| 29 Cable | 25 Equipo Inadecuado | |
| 30 Switch y/o Similar | | |

FIGURA 22b

REPORTE DE ACCIDENTE

NOMBRE COMPAÑÍA	FECHA
NOMBRE DEL ACCIDENTADO	ACCIDENTE No.

INFORME DEL ACCIDENTE (PARA SER LLENADO POR EL SUPERVISOR)		
FECHA DEL ACCIDENTE:	HORA:	PUESTO QUE DESEMPEÑABA AL ACCIDENTARSE:
TIEMPO DE DESEMPEÑARLO:	TRABAJO QUE DESARROLLABA LA ACCIDENTARSE:	
DEPTO. Y LUGAR DONDE OCURRIÓ EL ACCIDENTE:		HORAS TRABAJADAS POR EL ACCIDENTADO ANTES DEL ACCIDENTE:
HA LABORADO TIEMPO EXTRA EN LA SEMANA?	CUÁNTO:	DÍA(S) DE DESCANSO DEL ACCIDENTADO:
DESCRIBA COMO OCURRIÓ EL ACCIDENTE:		
MÁQUINA O PARTE DE ELLA, HERRAMINETA, OBJETO O SUBSTANCIA QUE PRODUJO DIRECTAMENTE LA LESIÓN:		
DEFECTO O CIRCUNSTANCIA EN LA MÁQUINA, HERRAMIENTA, ÚTILES DE TRABAJO, PROCESOS U OPERACIÓN Y/O EN EL AMBIENTE, QUE CAUSÓ O PERMITIÓ QUE EL TRABAJADOR FUERA LESIONADO:		
FALLA DE PARTE DEL LESIONADO O DE SUS COMPAÑEROS QUE CAUSÓ O CONTRIBUYÓ AL ACCIDENTE:		
TESTIGOS DEL ACCIDENTE:		
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL QUE USABA EL ACCIDENTADO:		
ACCIÓN QUE TOMÓ O TOMARÁ EL SUPERVISOR PARA EVITAR LA REPETICIÓN DE ESTE TIPO DE ACCIDENTE:		
		FECHA:
ENTRENAMIENTO O ADIESTRAMIENTO QUE DIÓ EL SUPERVISOR AL ACCIDENTADO:		
		FECHA:
CONSECUENCIAS DE LA OPERACIÓN POR EL ACCIDENTE:		
COSTO ESTIMADO DEL ACCIDENTE:		

FIGURA 23a

REPORTE DE ACCIDENTE

INFORME DEL SERVICIO MÉDICO (PARA SER LLENADO POR EL SERVICIO MÉDICO)			
FECHA Y HORA EN QUE SE PRESENTÓ EL ACCIDENTADO:		PARTE DEL CUERPO AFECTADA:	
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN:			
LO ATENDIÓ EL SERVICIO MÉDICO? DEBE ACUDIR AL I.M.S.S.?	PUEDE CONTINUAR TRABAJANDO:		SE LE DEBE CAMBIAR EL PUESTO?
	SI	NO	
PORQUÉ?			DÍAS INCAPACIDAD:
DATOS GENERALES DEL ACCIDENTADO (PARA SER LLENADO POR EL DEPTO. DE PERSONAL)			
FECHA DE INGRESO:	PLANTA:	TEMPORAL:	
ESCOLARIDAD:	EDAD:	SALARIO:	
NUM. DE ACCS. AÑO PASADO:		AÑO EN CURSO:	
AUSENTISMO: AÑO PASADO:		AÑO EN CURSO:	
DEPARTAMENTO:		TURNO:	
PUESTO BASE:		TIEMPO EN EL PUESTO:	
SEGURIDAD INDUSTRIAL			
OBSERVACIONES:			
NOMBRES Y FIRMAS			
SUPERVISOR		SERVICIO MÉDICO:	
DEPTO. DE PERSONAL:		SEGURIDAD INDUSTRIAL:	

FIGURA 23b

y operaciones industriales, producen o utilizan compuestos que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores.

Toxicología Industrial.

Dentro de la higiene industrial se tiene que controlar los riesgos químicos tóxicos, y para esto se deben tener conocimientos de la toxicología general, que es la ciencia que estudia las propiedades venenosas o tóxicas de sustancias. Un efecto tóxico se puede definir como cualquier efecto nocivo en el organismo, sea reversible o irreversible, cualquier tumor químicamente inducido (benigno o maligno); cualquier efecto mutagénico o teratogénico, o bien la muerte como resultado del contacto con una sustancia a través del tracto respiratorio, la piel, los ojos, la boca o cualquier otra vía de acceso.

El envenenamiento industrial se produce bajo dos formas principales: aguda y crónica. La primera resulta de una exposición única a una concentración densa de una sustancia tóxica, y la segunda es el resultado de una exposición repetida a concentraciones menores. Sin embargo, es más probable una recuperación por envenenamiento agudo (claro está, si la dosis no es mortal), ya que en el caso del crónico, por no ser tan evidente el daño desde el principio, los resultados llegan a ser más perjudiciales.

La toxicidad es una propiedad fisiológica que tiene un producto químico, que define su capacidad para causar daño o producir lesión a un organismo vivo por medios que no son mecánicos. El grado de riesgo varía de acuerdo con la toxicidad del compuesto, el tiempo de la exposición y el método para entrar al organismo.

Control del Ambiente.

Por control del ambiente se entenderá la verificación, evaluación y regulación del

entorno en que se desenvuelven los trabajadores de una empresa. Un adecuado programa de higiene del trabajo se debe enfocar al control de los siguientes agentes nocivos:

- contaminantes atmosféricos (vapores, gases, polvos, humos, neblinas y emanaciones),
- ruido,
- energía radiada distinta del calor,
- condiciones insalubres,
- temperaturas altas o bajas y
- situaciones respecto a la humedad.

Contaminación Atmosférica.

Unas dosis pequeñas de los venenos industriales más comunes pueden resultar más peligrosos al ser inhalados que al ser tragados, por lo que el control de la salud industrial pone un énfasis muy marcado en el aire del lugar de trabajo.

Las sustancias pueden aparecer en el aire bajo muchas formas físicas mismas que los higienistas industriales catalogan de la siguiente manera:

- **Polvos:** Son partículas sólidas generadas por el manejo, el aplastado, el molido, el impacto rápido, la detonación, la incineración de materias orgánicas o inorgánicas, tales como roca, mineral, metal, carbón, grano de madera, etc. Las partículas de polvo no tienden a agruparse, excepto cuando son sometidas a fuerzas electrostáticas; no se difunden en el aire, sino que se posan bajo la influencia de la gravedad.
- **Emanaciones:** Son partículas sólidas generadas por condensación del estado gaseoso, generalmente después de la volatilización de metales fundidos y otras causas análogas, acompañadas en su mayoría por una reacción química, tal como la oxidación. Las emanaciones tienden a agruparse y en ocasiones a

fundirse.

- Gases: Son fluidos sin forma que ocupan el espacio en un lugar cerrado y pueden ser cambiados al estado líquido o sólido mediante el efecto combinado de una presión aumentada o un descenso de temperatura. Los gases tienden a difundirse.
- Neblinas: Son gotitas minúsculas de líquidos ocasionadas por la condensación al pasar del estado gaseoso al estado líquido o al desintegrar un líquido a un estado disperso, mediante rociadas, formación de espuma o atomización.
- Humos: Son partículas de carbón u hollín, de menos de 0.1 micrón de tamaño, que son resultado de la combustión incompleta de materiales carbonosos tales como el carbón, el petróleo, el alquitrán o el tabaco.
- Vapores: Forma gaseosa de sustancias que normalmente se encuentran en estado sólido o líquido, y en las que pueden efectuarse cambios de estado, bien aumentando la presión o disminuyendo la temperatura únicamente. Los vapores se difunden.

Hay muchos procedimientos que se pueden considerar para evitar la inhalación de un aire contaminado lleno de riesgos, como son:

1. Sustitución, en el caso de compuestos peligrosos, con otros materiales menos tóxicos.
2. Revisión del proceso u operación.
3. Segregación de los procesos peligrosos.
4. Efectuar las operaciones peligrosas en lugares cerrados.
5. Ventilación del local mediante extractores.
6. Diseño, alteración, mantenimiento, y buena limpieza de edificios y equipos.
7. Ventilación general.
8. Uso de métodos especiales, tales como el humedecimiento para el control de polvo.
9. Equipo protector personal.
10. Educación.

Así pues, una de las labores más importantes del departamento de seguridad debe ser la medición cualitativa y cuantitativa de los contaminantes atmosféricos, haciendo muestreos de aire en diferentes lugares y tiempos para tener un perfil realista de las exposiciones a las que están expuestos los empleados de la planta. En la actualidad existen aparatos cada vez más económicos y sencillos de utilizar para realizar estas mediciones; sin embargo algunas industrias han optado por un sistema, que si bien, parece ser cruel, resulta efectivo, y consiste en tener jaulas con aves en las zonas de riesgo; debido a que estos animales son más susceptibles que los humanos a las sustancias tóxicas en el aire, su reacción constituye un aviso de alarma antes de que cualquier hombre perciba alguna situación anormal.

Ruido Industrial.

Es bien sabido que algunos ruidos ocupacionales pueden causar pérdidas auditivas temporales o permanentes, sin embargo hay algunas variables que complican la detección del daño causado al oído por el ruido en el lugar de trabajo, como por ejemplo: 1) El envejecimiento, que causa un deterioro normal en la capacidad auditiva y que varía de una persona a otra, 2) Las pérdidas temporales en la audición, que desaparecen al reducir o eliminar la fuente del ruido, 3) Los efectos combinados de la frecuencia e intensidad del ruido ya que la medición del ruido únicamente en función de su nivel no indican necesariamente el efecto dañino, y 4) Otras variables tales como la susceptibilidad individual que varía de una persona a otra o enfermedades no relacionadas con el ambiente de trabajo que causan síntomas semejantes a los causados por exposición al ruido. Debe reconocerse, por lo tanto, que aunque es fácil identificar la presencia de la sordera es sumamente difícil determinar sus orígenes.

Existen dos tipos de pérdida de la capacidad auditiva debida al ruido. Uno es el "Trauma Acústico" que consiste en un daño instantáneo como el que ocurre en una explosión, y puede producir la ruptura del tambor del oído, desalojamiento de

los huesecillos del oído medio y lesiones a los órganos del oído interno. El segundo tipo de daño es la pérdida de audición "Inducida por Ruido", que es la más común y su prevención es sobre la que el ingeniero de seguridad debe enfocar sus esfuerzos, y se origina por una exposición por largo tiempo a sonidos intensos; la víctima no siente dolor y los síntomas aparecen hasta después que ha ocurrido una pérdida permanente de importancia.

Normalmente se considera como perjudicial una exposición a un ruido superior a los 85 decibelios, arriba de lo cual se deben tomar medidas de control para prevenir afectaciones al oído. La "Occupational Safety and Health Administration" (OSHA), organización estadounidense especializada en cuestiones de seguridad define los niveles que comienzan a causar afectaciones graves en base a dos variables: el tiempo y la intensidad, de acuerdo a la siguiente tabla:

FIGURA 24. RUIDO PERMISIBLE

Duración por día (horas)	Nivel de Sonido en decibelios
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 1/2	102
1	105
1/2	110
1/4 ó menos	115

Para dar una idea de los niveles de sonido típicos, en decibelios, se ejemplificará mediante la siguiente tabla (Figura 25).

FIGURA 25. NIVELES DE RUIDO.

Clasificación	Decibelios	Ejemplos de Causas
Ensordecedores	120	Umbral de sensación
	110	Truenos, artillería
Muy intensos.	100	Remachador cercano
	90	Tren elevado.
	80	Casa de Fuerza.
Intensos	70	Ruido callejero intenso.
	60	Fábrica ruidosa.
Moderados	50	Camión sin escape.
	40	Sirena de policía.
	30	Oficina ruidosa.
Débiles	70	Ruido callejero promedio
	60	Radio promedio.
	50	Fábrica promedio.
	40	Hogar ruidoso.
Muy débiles.	50	Oficina promedio.
	40	Conversación promedio
	30	Radio a bajo volumen.
	20	Hogar tranquilo.
Muy débiles.	30	Auditorio promedio.
	20	Conversación en voz baja.
	10	Susurro de hojas de árbol.
		Cuchicheo.
		Cuarto a prueba de ruido.
		Umbral de audibilidad.

Control del Ruido.

El objetivo del control del ruido no se basa solamente en la reducción del sonido a un nivel mínimo, sino que es necesario considerar los procedimientos de control en situaciones donde existe riesgo de afectar la audición, interferir con comunicaciones y señales de advertencia, o incluso cuando su efecto es causar la distracción de los trabajadores.

El problema del ruido se suele dividir en tres componentes para su control: 1) el origen o fuente del ruido, 2) las rutas recorridas por el sonido, y 3) los individuos expuestos.

Las técnicas de control pueden ser tan simples como reubicar a los trabajadores para reducir o anular su exposición al ruido, o más complejas como la realizada por medios mecánicos o ambientales, reduciendo el nivel de sonido en el origen por medio de barreras a prueba de sonido o a través del rediseño del equipo; también existen controles administrativos consistentes en turnar a los trabajadores a áreas más tranquilas una vez que han alcanzado su nivel de ruido permisible.

Debido a lo poco práctico o costoso de algunas de estas medidas, se puede lograr la protección de los oídos de los trabajadores mediante el uso de protectores (tapones). Sin embargo esta alternativa debe considerarse como el último recurso, ya que requiere una estrecha vigilancia y seguimiento de su buen uso, además de que no sirven para aminorar otro riesgo íntimamente ligado con el ruido: la vibración.

Vibración.

Con frecuencia se oye hablar de vibración, pero pocas veces se le considera como un alto riesgo potencial para la salud, por lo que se piensa que con eliminar el ruido es suficiente.

La vibración es la transmisión de energía al cuerpo humano, a través del contacto con una superficie o sistema que se encuentra en movimiento oscilatorio. Existen dos tipos de exposiciones, la vibración de cuerpo completo se refiere a que toda la masa corporal está sujeta a vibraciones mecánicas y la vibración segmentada se refiere sólo a que una parte del cuerpo está en contacto con el medio de vibración.

Entre los efectos fisiológicos se cuenta la evidencia de una ligera aceleración en el índice o tasa de consumo de oxígeno, ventilación pulmonar y ritmo cardíaco. Existe evidencia de reflejos de tendones anormales y una atrofia de la capacidad de regular la postura del cuerpo, a través de acciones por las vías de reflejo vestibular y espinal. La vibración de cuerpo completo afecta los sistemas endócrino, bioquímico e histopatológico del cuerpo.

Radiación.

Sin pretender extenderse mucho en este tema debido a que es un riesgo de trabajo poco frecuente en la industria. La radiación está presente en:

1. Investigación industrial: herramientas o partes irradiadas para medir el desgaste de las herramientas de corte, cilindros, dados para el estirado de alambres.
2. Radiología: para la comprobación de las fundiciones de acero y las juntas soldadas.
3. Calibrado: para medir y controlar el espesor del acero, la pintura, el papel, el hule y otros productos procesados.
4. Trazadores: para seguir el curso de los fluidos en las líneas de procesado y para la transferencia de la tinta de imprimir.
5. Ionizadores: para eliminar la electricidad estática en las líneas de textiles y papel.
6. Polimerización: para acelerar o iniciar reacciones químicas por medio de acción catalítica.
7. Radiación: fuentes de luz de baja intensidad para letreros de salida, depósitos de almacenamiento y marcadores de senderos de tránsito.

Para el control y prevención de daños por radiación lo primordial es mantener alejado al personal a la exposición, por lo que es importante una señalización adecuada, con etiquetas en almacenes, estantes, cajas y empaques, que informen

la presencia de materiales radioactivos. Finalmente, en casos necesarios, se requiere de "blindajes" que consiste en la atenuación o bloqueo de la radiación mediante material cuyas propiedades físicas lo convierten en barrera. Para diseñar el blindaje adecuado se debe considerar la "tasa de exposición" y la distancia a la fuente de radiación; ambos son factores que determinan el nivel de afectación sobre el organismo.

Protección personal.

Aún cuando el objetivo fundamental de la seguridad e higiene industrial consiste en eliminar los elementos nocivos a la salud, en la realidad suele resultar poco práctico o muy costoso intentarlo. En vista de ello, se debe dotar al personal del equipo de protección adecuado. Sin embargo, no debe olvidarse que en todo programa de seguridad, antes de decidir utilizar equipo de protección, se debe intentar previamente en forma escrupulosa los métodos posibles para corregir la situación peligrosa. Generalmente los trabajadores no ven con gusto los dispositivos de protección personal por su incomodidad, en consecuencia este equipo puede ser alterado por sus usuarios, tratando de obtener un ajuste más satisfactorio, pero que se puede traducir en una reducción de la efectividad del aparato.

A continuación se harán unos comentarios someros sobre algunos tipos de protectores sin pretender abarcar todos los tipos que existen. En realidad hay una variedad amplísima de modelos con diferentes características y aplicaciones, por lo que deberá solicitarse el apoyo del departamento de compras para investigar en el mercado cuales son los más adecuados:

a) Protección de los ojos: Para elegir el tipo de protección adecuado, se requiere conocer contra qué se desea proteger: golpes por objetos duros, introducción de objetos pequeños como rebabas, exposición a vapores irritantes, rocío de líquidos irritantes o exposición a energía radiante. Para los casos de

empleados que requieren cierta graduación para ver correctamente, las protecciones deberán estar dotadas de los lentes respectivos. Los materiales utilizados en la construcción de los protectores de ojos deberá ser no corrosivo, fácil de limpiar y en muchos casos no inflamable, ofreciendo la parte transparente el campo de visión más amplio posible sin distorsión.

- b) Protección de cara y ojos: Algunas operaciones como el maquinado con desprendimiento de rebaba la soldadura requieren de una protección completa de la cara; es recomendable que las caretas sean articuladas para levantarlas y bajarlas con facilidad; tener buen campo de visibilidad, y en el caso de energía radiante, contar con los filtros adecuados. En situaciones especiales de manejo de algunos químicos tóxicos, se debe utilizar capuchones con ventanilla.

- c) Protección de dedos, manos y brazos: Existen dediles, guantes, manoplas, mangas y mitones de diferentes materiales: los hay de asbesto como protector térmico, de cuero o con malla metálica contra cortes, raspaduras o picaduras, de hule combinados con cuero como aislantes eléctricos y de hule o neopreno para soluciones líquidas. Debe cuidarse que las protecciones no presenten peores complicaciones que lo que se busca proteger, por ejemplo, no es bueno que trabajadores en máquinas rotativas utilicen guantes, o bien, gente que trabaja en equipo eléctrico no debe usar guantes con malla metálica.

- d) Protección de pies y piernas: La protección normal para los pies es el "zapato de seguridad" con puntera metálica que proporciona protección contra carga estática y carga en impacto. También existen zapatos conductores para evitar la generación de electricidad estática, zapatos contra chispas sin elementos metálicos. Para trabajos más rudos donde no basta con proteger los dedos contra impactos, existen zapatos, botas y espinilleras. Para proteger contra chispas se suelen utilizar polainas de diferentes materiales.

- e) Protección para la cabeza. Los cascos y gorras protectoras pueden estar diseñados para reducir la posibilidad de lesiones por herramientas u objetos que caigan desde lo alto o cuando existan partes bajas fijas o móviles que puedan golpear a un desprevenido obrero que pase caminando. También son útiles cuando existe cabello largo para evitar que éste sea atrapado por partes giratorias. La protección de la cabeza debe ser confortable, fabricada con materiales no inflamables o a prueba del fuego.
- f) Protección contra el ruido. Existen diferentes tipos de protecciones como el tapón que se introduce en el canal auditivo, las almohadillas o donas sujetos con una diadema (semejante a los audífonos) y cascos con protección especial acústica. Sin embargo, la eficacia de estos dispositivos se ve afectada por la amplia variedad de tamaños y formas de oídos humanos. Es importante considerar que los dispositivos para la protección del oído no pueden reducir el sonido que llega al oído interior en más de 50 decibelios, por lo que el mejor método de protección sigue siendo atacar la fuente misma que genera el ruido.
- g) Equipo protector de respiración. Existen dispositivos de protección para emergencia y para situaciones normales de trabajo. Se deben elegir en base al contaminante contra el que desea protegerse. Existen respiradores con cartuchos químicos que son máscaras de gas de baja capacidad para vapores y gases tóxicos que se acopla a la boca y nariz, máscara de gas en general, que se acopla a ojos, nariz y boca y cuenta con un absorbente químico para proteger contra un determinado vapor o gas (normalmente se identifica su aplicación mediante un código de colores), respiradores de filtro mecánico para proteger de partículas, respiradores de humo, neblina y polvos y aparatos respiradores autónomos, con tanques de oxígeno, etc.
- h) Cinturones de seguridad. En los casos en que los trabajadores hayan de realizar su tarea en alturas con peligro de caídas graves, es necesario que

utilicen un cinturón de seguridad o arnés de seguridad que debe quedar unido mediante una cuerda a un anclaje seguro.

4. Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.

En México, la legislación obliga a las industrias a contar con una "Comisión Mixta de Seguridad e Higiene". Así pues, el departamento de Seguridad debe responsabilizarse de que no se integren estas comisiones solo para llenar un formulismo legal, sino para que realmente sean de utilidad, trabajando estrechamente con ellas para cumplir sus mutuos objetivos.

Las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene son organismos previstos en la Ley Federal del Trabajo en sus artículos 509 y 510, donde se indica que en cada empresa o establecimiento industrial deberán integrarse por igual número de representantes de los trabajadores y del patrón. Precisamente se llevan la palabra "Mixta" debido a que la integran tanto trabajadores sindicalizados como personal de confianza.

Las funciones que debe desempeñar una Comisión Mixta de Seguridad e Higiene se refieren a la ejecución de actos y adopción de medidas en materia de riesgos laborales (accidentes y enfermedades) que tiendan a prevenirlos y evitarlos. Entre sus obligaciones se pueden citar las siguientes:

- a) Investigar las causas de los accidentes y enfermedades del trabajo.
- b) Adoptar las medidas adecuadas para prevenir los accidentes y las enfermedades laborales.
- c) Vigilar que se cumplan las disposiciones del Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo.
- d) Impartir instrucción a los trabajadores acerca de las medidas preventivas.
- e) Informar de los accidentes de trabajo mediante las formas correspondientes,

las cuales se remitirán al Departamento de Comisiones de Seguridad e Higiene de la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo.

- f) Vigilar que se cumplan las medidas preventivas dictadas por las propias Comisiones de Seguridad e Higiene.
- g) Hacer del conocimiento del patrón, de los inspectores y otras autoridades del trabajo que procedan, las violaciones a las disposiciones dictadas con el fin de prevenir los accidentes y enfermedades.
- h) Proponer ante la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo y ante la Comisión Mixta Nacional de Seguridad e Higiene de la rama industrial que corresponda, las medidas que se juzguen pertinentes para reducir los riesgos en esa área industrial.
- i) Promover y desarrollar de acuerdo con los organismos que para el caso existan actividades recreativas y culturales con el propósito del mejor empleo del tiempo libre de los trabajadores.

Para asegurar el cumplimiento de las disposiciones preventivas, las comisiones vigilarán mediante recorridos periódicos de observación y estudio las condiciones de seguridad e higiene en los edificios y lugares de trabajo con objeto de revisar el estado en que se encuentran el local, las instalaciones, la maquinaria y las herramientas, los equipos de protección personal y contra incendios y otros siniestros, la higiene y condiciones adecuadas de los comedores y los sanitarios.

Entre otras funciones que debe desempeñar la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene es la de investigar las condiciones de contaminación alrededor de los centros de trabajo y sugerir soluciones.

De acuerdo al artículo 510 de la Ley Federal del Trabajo, las actividades de las comisiones serán desempeñadas por sus miembros gratuitamente y dentro de las horas de trabajo, sin tener que reponer las horas dedicadas a las labores de la comisión mixta. El sector patronal deberá abstenerse de limitar el tiempo, en detrimento de las funciones de la comisión mixta.

Para nombrar a los miembros que integren la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene, por la parte de la empresa, "el Patrón" deberá designar a los representantes, y por la parte de los trabajadores, los representantes serán designados por los sindicatos; de no existir sindicato, los trabajadores elegirán a los representantes por votación.

No existen disposiciones legales sobre el número de elementos que deben integrar las Comisiones Mixtas, en realidad, en cada compañía se debe acordar de mutuo acuerdo entre la empresa y los trabajadores cuántas personas son suficientes, considerando el número de empleados, los riesgos potenciales y su peligrosidad.

Los requisitos legales para que una persona pueda formar parte de la Comisión Mixta son:

- a) Saber leer y escribir.
- b) Ser trabajador de la empresa o representante patronal.
- c) Poseer la responsabilidad, instrucción y experiencia mínimas para el buen desempeño del cargo.
- d) No ser asiduo a las bebidas alcohólicas, ni afecto a las drogas enervantes, ni a los juegos de azar.
- e) Tener autoridad moral y gozar de la estimación general de los trabajadores.
- f) De preferencia (no obligatorio) ser jefe de familia.

Tampoco existe reglamentación sobre el tiempo que debe permanecer una persona como comisionado. En realidad, el tiempo de permanencia se define de mutuo acuerdo entre empresa y trabajadores, pudiendo quedarse indefinidamente aquellos elementos que han demostrado eficiencia en su responsabilidad, removiendo a los indiferentes que se reemplazan con elementos a los que se les ven buenas aptitudes.

Una vez designados los representantes, deberá enviarse el acta constitutiva al

Departamento de Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene, de la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, el cual verificará y registrará la constitución de la comisión, extendiendo las credenciales correspondientes. Si hay cambios en la integración de la comisión, se procederá de igual modo.

Los datos que deberán asentarse en el acta constitutiva son los siguientes:

- a) Razón social de la empresa y ubicación.
- b) Nombre completo de los representantes, y el sector que cada uno representa, acompañando con dos fotografías tamaño credencial.
- c) Número total de trabajadores de la planta industrial, turnos que se laboran, dependencias o sucursales con que cuenta la empresa.
- d) Rama industrial y especialidad a la cual pertenece el centro de trabajo.
- e) Datos de los comisionados suplentes.
- f) Periodo y términos fijados para que la comisión esté en funciones.

Cuando se realicen asambleas de la Comisión Mixta, ya sean mensuales ordinarias, como las extraordinarias, se deberá levantar un acta en cuatro tantos (existen machotes para facilitar esta función). Los tantos serán distribuidos de la siguiente forma: el original se remitirá a la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social; una copia se entregará al Delegado Federal del Trabajo, otra se destinará a la empresa, y la última la archivará la comisión respectiva.

Así mismo, la Comisión Mixta es responsable de elaborar informes sobre los accidentes de trabajo y enviarlos al Departamento de Estadística, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, guardando un tanto para anexarlo al acta mensual que se remite al Departamento de Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene.

El Departamento de Comisiones de Seguridad e Higiene de la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo apoya a las comisiones mixtas con asesoría, proporcionando reglamentos y material informativo, organiza cursos y

distribuye las formas y machotes que necesarios.

5. Aspectos Legales de la Seguridad en México.

Es bien sabido que el máximo ordenamiento en nuestro es "La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos", la cual atribuye a las autoridades del trabajo la obligación de vigilar el cumplimiento de los preceptos legales sobre la seguridad e higiene, adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en los centros de trabajo, tal como señalan las fracciones XIV y XV del artículo 123 constitucional; así, la fracción XIV señala que "los empresarios serán responsables de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridos con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten". Agrega que "esa responsabilidad subsistirá aún en el caso de que el patrón contrate el trabajo por un intermediario". La fracción XV indica que "El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores y del producto de la concepción cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán, al efecto las sanciones procedentes en cada caso".

La Ley Federal del Trabajo, reglamentaria del Artículo 123 Constitucional, en su artículo 509, dice que "en cada empresa o establecimiento se organizarán las Comisiones de Seguridad e Higiene que se juzguen necesarias, compuestas por igual número de representantes de los trabajadores y del patrón, para investigar las causas de los accidentes y enfermedades, proponer medidas para prevenirlos y vigilar que se cumplan.

La Ley Federal del Trabajo puntualiza los preceptos sobre la seguridad industrial dando lugar a la acción del patrón y a la del trabajador, al señalar a cada uno derechos y obligaciones. Entre los artículos de mayor interés está el artículo 132 referente a las obligaciones de los patrones

Fracción XVI: "Instalar, de acuerdo con los principios de seguridad e higiene las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares en que deban ejecutarse las labores, para prevenir riesgos de trabajo, perjuicios al trabajador, así como adoptar las medidas necesarias para evitar que los contaminantes excedan los máximos permitidos en los reglamentos e instructivos que expidan las autoridades competentes. Para estos efectos deberán modificar, en su caso, las instalaciones en los términos que señalen las propias autoridades".

Fracción XVII: "Cumplir las disposiciones de seguridad e higiene que fijan las leyes y los reglamentos para prevenir los accidentes y enfermedades en los centro de trabajo y, en general, en los lugares en que deban ejecutarse las labores; y disponer, en todo tiempo, de los medicamentos y materiales de curación indispensables que señalen los instructivos que se expidan, para que se presten oportuna y eficazmente los primeros auxilios debiendo dar, desde luego, aviso a la autoridad competente de cada accidente que ocurra".

Por otra parte, en el artículo 134 se señalan las obligaciones de los trabajadores: Inciso II "Observar las medidas preventivas e higiénicas que acuerden las autoridades competentes y las que indiquen los patrones, para la seguridad y protección personal de los trabajadores".

El Título Noveno de la Ley Federal del Trabajo trata las definiciones de riesgo, accidente y enfermedad de trabajo (artículos 473, 474 y 475), incapacidades por accidente (artículos 477, 478, 479 y 480), prestaciones a las que tiene derecho el trabajador en caso de riesgo de trabajo (artículo 487) así como las excepciones de responsabilidades del patrón por accidentes, en los casos de embriaguez, uso

de drogas, riñas o lesiones intencionales (Artículo 488)

Finalmente, cabe mencionar que el "Seguro Social" es obligatorio en México a nivel Federal; en este rubro quedan comprendidos los seguros de riesgos de trabajo, de incapacidades e invalidez y de muerte. El encargado de proporcionar estos servicios es el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

6. Seguridad Contra Incendios.

La ocurrencia de incendios en edificios, almacenes y naves industriales origina pérdidas económicas sumamente fuertes, a tal grado que bajo ciertas circunstancias pueden poner en peligro la subsistencia de la empresa, y lo que es peor, puede cobrar vidas humanas.

De ahí la importancia de que el departamento de seguridad, y en general todo el personal de la empresa, conozcan cómo se puede originar un incendio, la manera de prevenirlo y en dado caso, combatirlo. En realidad, el principal objetivo de la seguridad industrial debe ser la prevención, es decir, tomar medidas encaminadas a evitar el comienzo del fuego, ya que un incendio es más fácil prevenirlo que sofocarlo.

El Fuego.

El fuego es el fenómeno originado por la oxidación de los materiales. Cuando ésta se presenta en forma rápida se le denomina combustión, y viene acompañada con desprendimiento de calor y luz, y en la mayoría de los casos, también de llamas.

Los componentes del fuego son las flamas, humos (formados por combustiones incompletas), gases y aire calientes producto de la combustión, estos últimos tienen propiedades tóxicas y térmicas que los convierten en la causa principal de

lesiones y muerte en incendios, más aún que las propias flamas.

Como se puede observar en la figura 26, para que se origine el fuego es necesario que existan tres elementos esenciales: material combustible, calor y oxígeno. Basta con eliminar o controlar alguno de ellos para prevenir la existencia del fuego. Adicionalmente a estos tres elementos, se dice que para la formación de incendios debe existir también la "reacción en cadena" que consiste en una serie de eventos que propician la propagación del fuego; igualmente, al cortar en su inicio dicha reacción, se evitan los incendios de mayores magnitudes.

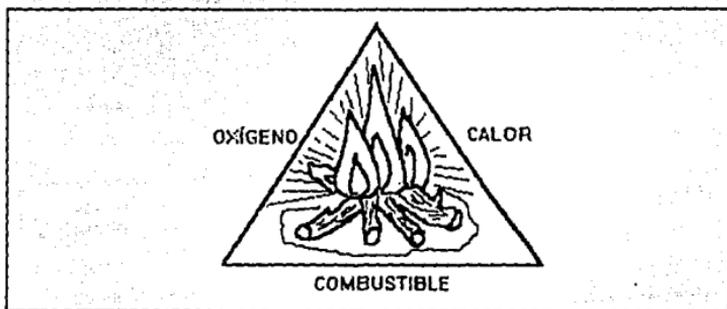


FIGURA 26. TRIÁNGULO DEL FUEGO.

Material Combustible.

Se refiere a todo aquel material que puede oxidarse rápidamente desprendiendo luz y calor. Para su control y extinción, las clases de fuego se catalogan dependiendo del material combustible involucrado de la siguiente manera:

- Clase A. Es el fuego que se origina en materiales sólidos carbonosos tales como la madera, papel, telas, algodón y algunos plásticos.
- Clase B. Se refiere al fuego en combustibles líquidos, ceras y grasas tales como la gasolina, alcohol, aceites, pinturas y gas licuado de petróleo (Gas).

LP).

Clase C. Se originan por la acción directa de la energía eléctrica. Por ejemplo: motores eléctricos, subestaciones, etc.

Clase D. Es donde intervienen metales combustibles como el magnesio. Comprende materiales que al estar en ignición desprenden su propio oxígeno. Estos fuegos se caracterizan por ser muy violentos.

Calor.

Este fenómeno se da como efecto directo del movimiento de las moléculas que forman la materia. Los materiales combustibles desprenden vapores que al incrementar su cantidad de calor elevan su temperatura al "punto de ignición" que es la temperatura a la cual los vapores forman una mezcla con el aire inflamable.

Para el control de esta variable es importante recordar las formas en que se transmite el calor:

Conducción. El calor viaja a través de los materiales independientemente de la flama o fuego directo, por lo que un material no combustible puede transmitir suficiente calor a un material combustible originando flama en el segundo.

Convección. En los incendios la propagación por convección es el fuego que se produce en forma visible en gases o vapores inflamables.

Radiación. Depende de la distancia a los focos calientes, haciendo de la radiación un obstáculo para acercarse para la extinción de los incendios.

Prevención de Incendios.

La prevención de incendios consiste en controlar y/o eliminar las causas que los originan, por lo que se procederá a analizar cada una de las causas principales

de incendios, de acuerdo con las estadísticas de la "NFPA" (National Fire Protection Association), organismo norteamericano dedicado a la estandarización y normatividad de la prevención y combate de incendios. La cifra que se antepone representa el porcentaje en que cada una de las causas es responsable de los siniestros registrados por dicha asociación.

19% Incendios Eléctricos.

Los incendios eléctricos pueden deberse a mala instalación de alambres y cables eléctricos que producen cortos circuitos o fugas a tierra, sobrecarga y sobrecalentamiento, así como exposición al agua. También se generan incendios por motores eléctricos en malas condiciones de mantenimiento cuya operación no es vigilada. Como medidas preventivas se debe evitar humedad en componentes eléctricos, mantener una canalización adecuada de los conductores eléctricos, vigilar la protección por medio de tapas de cajas de derivaciones, registros, controles, etc. verificar la firmeza de las conexiones, evitar sobrecargas a las líneas y a los equipos, no invalidar las protecciones eléctricas (como utilizar "puentes" en vez de fusibles), utilizar interruptores, motores, lámparas y otros equipos "a prueba de explosión" (que no generen chispas hacia el exterior) en ambientes cargados de polvos o gases, y lo que es muy importante, evitar la acumulación de materiales o desperdicios cercanos a instalaciones, equipos y líneas eléctricas.

14% Fricción.

Las partes móviles de máquinas producen calor por fricción, que en casos extremos originan incendios cuando entra en contacto con combustibles tales como papel, telas, etc. La mejor manera de combatir esta causa es mediante un adecuado programa de mantenimiento y lubricación. Otro efecto de la fricción pueden ser chispas, que son partículas incandescentes que pueden caer en materiales combustibles, por lo que nuevamente la recomendación es un adecuado orden y limpieza.

12% Chispas Mecánicas.

Es importante vigilar los trabajos de maquinado que producen chispas como esmerilado, cortes y forja, ya que las chispas son fatales al caer en líquidos inflamables o materiales combustibles.

8% Cigarrillo y Fósforos.

Una prohibición absoluta de fumar es muy difícil de implementar y vigilar; de hecho lo que normalmente ocasiona es que los trabajadores fumen en lugares escondidos como almacenes, que es donde más se generan los incendios por cigarrillos y fósforos. Es mejor establecer suficientes áreas seguras donde se permita fumar, proveer recipientes adecuados para los residuos de cigarrillos y fósforos, informar claramente a los trabajadores sobre los peligros que implica fumar, y sobre todo, tener una estrecha supervisión del cumplimiento de la prohibición en áreas de almacén de inflamables y productos combustibles.

8% Ignición Espontánea.

Es aquella que se no se origina por la intervención de un foco calorífico externo que lo inicie, sino por procesos de oxidación de orden químico y bioquímico que producen calor más rápidamente de lo que este puede disiparse, y puede producir fuego cuando hay suficiente provisión de oxígeno. Materiales susceptibles son los aceites vegetales como el aceite de linaza, algodón, coco, palma, olivo, maní; aceites animales, hulla, negro de humo, carbón de leña, de goma, piritas de hierro y fibras vegetales y animales como el lino, yute, lana y heno, particularmente cuando están húmedos. Medidas preventivas que se deben tomar son evitar trapos empapados en pintura o aceite en sitios sin ventilación y cerca de otros combustibles, amontonamiento de residuos aceitosos de textiles, tener controles automáticos de temperatura en silos y almacenes de productos propensos a combustionarse espontáneamente.

7% Superficies Calientes.

Generalmente no se pueden evitar las superficies calientes dentro de las plantas industriales por ser indispensables para el proceso mismo o para el funcionamiento normal, tales como tubos de humo, hornos, resistencias eléctricas, focos (bombillas eléctricas). Así pues, las medidas preventivas deben abarcar un mantenimiento adecuado de los aislamientos térmicos, proteger contra daños físicos las líneas de aceite o gas caliente, y, nuevamente, mantener un buen orden y limpieza que evite la cercanía de inflamables o materiales combustibles con las superficies calientes.

6% Chispas de Combustión.

En algunas plantas se permite que escapen al aire libre las chispas de combustión y rescoldos provenientes de fuegos de residuos, incineradores inseguros, hornos de fundición y chimeneas, existiendo el riesgo de caer en hierba seca y acumulaciones de basura. Es importante revisar el diseño de incineradores, utilizar rejillas en chimeneas, equipar los equipos con atrapadores de chispas y evitar la cercanía de materiales y estructuras combustibles, hierba seca, etc.

5% Llamas Abiertas.

Esta es la fuente de peligro de incendio más evidente. Entre las precauciones que deben tenerse esta evitar la acumulación de goteras de aceite bajo quemadores, ventilar adecuadamente los hornos antes de encenderlos, contar con válvulas de seguridad de cierre rápido para cortar el paso de combustible, mantener alejados los líquidos inflamables y materiales combustibles, y tener mucho cuidado de no dejar abandonados los sopletes y otros quemadores portátiles encendidos, trabajarlos con adecuada ventilación y cuidar los derrames de combustible.

4% Corte y Soldadura.

La principal causa de incendios por corte y soldadura no se deben a la flama

abierta o al arco de soldadura, sino a los glóbulos de metal derretido que pueden saltar grandes distancias permaneciendo incandescentes, entrar por grietas o huecos encendiendo viruta, papel, etc. en lugares no vigilados. Se deben utilizar mecanismos de autorización y supervisión para trabajos de corte y soldadura, utilizar cortinas o pantallas a prueba de fuego para proteger las inmediaciones, contar con un extintor listo para funcionar cerca del trabajo y continuar la supervisión e inspección de la zona incluso media hora después de concluir la soldadura.

3% Materiales Recalentados.

Muchos procesos en la industria se llevan a cabo por medio de altas temperaturas: tanques, calentamiento, hornos, secadores y hogares. Es importante contar con controles automáticos de temperatura y alarmas de altas temperaturas para evitar que los líquidos inflamables que se estén calentando no lleguen a su punto de ignición.

2% Electricidad Estática.

Muchas operaciones manufactureras generan electricidad estática que bajo condiciones normales no es peligrosa. Sin embargo, en presencia de ambientes cargados de polvos o líquidos y gases inflamables, una chispa estática puede causar fuego o explosión. Los tanques y dispositivos para el manejo de líquidos inflamables deben estar debidamente conectados a tierra física, lo mismo que las máquinas que trabajen con papel o tela. Una ventilación adecuada ayuda a prevenir acumulación de ambientes explosivos.

12% Otras Causas.

Las otras causas de incendio incluyen los fuegos por efecto de descargas atmosféricas (rayos), acciones químicas industriales y otras causas no determinadas.

Protecciones Contra Incendio.

La segunda parte de la seguridad contra incendio, después de la prevención, se refiere a los sistemas de protección contra incendio. Su función es atacar los siniestros en su momento inicial con el objeto de sofocarlos, o bien evitar que se extienda el problema.

Existen diferentes tipos de sistemas de protecciones contra incendio:

- Civiles.
- Mecánicas / Electrónicas.
- Equipo para combate de incendios.

Protecciones Civiles.

Se refiere a elementos utilizados durante la construcción de los inmuebles, o recubrimientos y tratamientos posteriores para dar una mayor seguridad y resistencia a los elementos constructivos; entre estos elementos se pueden mencionar los siguientes:

- a) Retardador a la llama (de combustión lenta): Se refiere a materiales generalmente decorativos que debido a un tratamiento químico o a sus características inherentes no se inflaman de forma fácil, ni propagan las llamas.
- b) Retardador al fuego (ignífugo). Se utiliza con frecuencia refiriéndose a materiales o estructuras y que hayan sido sometidos a tratamientos o tengan recubrimientos superficiales que impidan o retarden la ignición o la extensión del incendio, siendo éste un grado menor que los materiales o estructuras resistentes al fuego.
- c) Resistente al fuego. Se refiere a las características para resistir los efectos de cualquier fuego al cual pueda suponerse que vaya a estar expuesto el material

o estructura. Los materiales "resistentes al fuego" son no combustibles, pero no todos los materiales no combustibles son "resistentes al fuego".

Protecciones Mecánicas y Electrónicas.

Dentro de las medidas mecánicas están las llamadas puertas contra incendio que sirven para seccionar las plantas en "áreas de fuego" con el objeto de evitar una propagación del fuego, impidiendo con ello que un incendio declarado aumente de magnitud generando mayores pérdidas, permitiendo que se mantenga el daño confinado para un combate más eficiente. Existen puertas de cierre manual que son eficientes siempre y cuando alguien se acuerde de cerrarlas en caso de siniestro. Las mejores son puertas automáticas que, en caso de ocurrir un incendio, cuentan con un fusible que al momento de incrementarse la temperatura activa un mecanismo de cierre automático; el inconveniente de este tipo de puertas es que pueden dejar personas atrapadas.

Las medidas electrónicas incluyen sistemas de detección de humo, flama o temperatura, conectadas a una alarma. Este tipo de medidas electrónicas pueden estar relacionadas también con sistemas de extinción automáticos.

Equipo para combate de incendios.

Recordando el triángulo del fuego de la Figura 26, basta con eliminar alguno de los tres componentes para sofocar un fuego: eliminación del calor a través de enfriamiento, eliminación del oxígeno a través del sofocamiento y eliminación de combustible retirando materiales. En base a estos principios se pueden dar algunas recomendaciones para el combate de las diferentes clases de fuegos (Ver figura 27):

- Incendio clase A: Es necesario usar un medio de extinción que contenga grandes cantidades de agua o bien, agentes humectantes (enfriamiento).

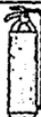
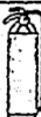
AGENTES EXTINTORES	IDENTIFICACIÓN Y CLASES DE FUEGO			
	 Sólidos inflamables Madera textiles papel	 Líquidos inflamables Gasolina pintura alcohol solventes	 Origen Eléctrico interruptores motores llaves de tensión cableado	 Especies Metálicas productos químicos sodio potasio magnesio
AGUA		NO	NO	NO
ESPUMA			NO	NO
SODA-ACIDO		NO	NO	NO
POLVO QUÍMICO SECO	 POCO RECOMENDABLE			
BIÓXIDO DE CARBONO CO ₂	 POCO RECOMENDABLE	 LUGARES CERRADOS	 LUGARES CERRADOS	NO
HALÓGENOS	 POCO RECOMENDABLE	 LUGARES CERRADOS	 LUGARES CERRADOS	NO
ARENA	NO			

FIGURA 27. UTILIZACIÓN DE LOS AGENTES EXTINTORES.

- Incendio clase B: Utilizar medios de extinción que impidan la entrada de oxígeno (sofocar) al foco del incendio, como son el polvo químico seco, bióxido de carbono y agentes halogenados.
- Incendio clase C: El medio de extinción más adecuado es el bióxido de carbono (CO₂). Deberá eliminarse definitivamente en este tipo de incendios el uso de agua, dada su conductividad. En lugares donde existan profusamente componentes electrónicos (como salas de cómputo) y en cocinas, es recomendable el uso de halógeno ya que no deja residuos no produce contaminación. Su uso deberá restringirse a lugares cerrados.

Existen diferentes tipos de equipos de extinción; su eficiencia depende en gran medida del mantenimiento adecuado que se les dé. Pueden agruparse de la siguiente manera:

- a) Equipos Móviles: Portátiles (extinguidores) y sobre ruedas (extinguidores tipo carretilla y carros bomba).
- b) Equipos Fijos: Manuales (hidrantes) y automáticos (rociadores).

Extinguidores

Las protecciones más comunes son los extinguidores que son aparatos que almacenan y proyectan por presión un agente extintor. Se clasifican en presurizados, con cartucho de presión y auto-generadores de presión. Los pasos a seguir para su utilización son los siguientes:

1. Descolgarlo de su soporte.
2. Quitar el seguro.
3. Se oprime la válvula con la mano derecha y con la izquierda se soporta.
4. Se dirige el chorro a la base del fuego.

Hidrantes.

Son equipos de extinción para fuegos propagados, que abarquen una gran extensión y/o con un calor irradiado importante. Constan de los siguientes elementos:

- Reserva de agua (cisterna, tanque elevado, etc.)
- Equipo de bombeo (bomba eléctrica, motobomba de combustión interna y bomba de presurización "jockey").
- Red de tuberías.
- Gabinetes con cristal.
- Válvulas.
- Mangueras

Su operación deberá correr a cargo del personal capacitado que pertenece a las "brigadas contra incendio".

Los pasos a seguir para su manejo son los siguientes:

1. Abrir el gabinete rompiendo el cristal.
2. Sacar la manguera y desenrollarla en toda su extensión.
3. Ajustar la boquilla que está colocada en el extremo de la manguera.
4. Orientar la manguera hacia la base del fuego.
5. Abrir válvulas de hidrantes.
6. En caso de sistemas de bombeo automáticos, las bombas operarán sin intervención alguna; de lo contrario, una persona deberá encender la(s) bomba(s).
7. Una vez extinguido el fuego, poner fuera de servicio las bombas de abastecimiento.
8. Cerrar la válvula del hidrante, poner a secar la manguera y una vez seca, doblarla perfectamente y guardarla en su gabinete (reemplazar el vidrio).

Rociadores automáticos.

Los sistemas de rociadores automáticos son los más efectivos en la protección contra incendio ya que eliminan los errores y retrasos humanos. Sus principales funciones son:

- a) Previenen la propagación del fuego, reduciendo en su intensidad y enfriando los lugares inmediatos al incendio con el objeto de que el material combustible cercano no se prenda.
- b) Enfrian la estructura de la construcción, incluyendo la herreria, previniendo con ello los debilitamientos y los derrumbes.

Los tipos de rociadores son los siguientes:

- Sistemas de tipo húmedo. Las tuberías están cargadas de agua, y los rociadores cuentan con fusibles que se derriten con temperaturas de aproximadamente 70°C, permitiendo la salida inmediata de agua.
- Sistemas de tipo seco. Se utilizan en zonas geográficas donde es común que la temperatura baje más allá de los cero grados centígrados, y el hecho de tener una tubería con agua en su interior provocaría su estallamiento al congelarse.
- Sistemas de inundación. Son rociadores que están permanentemente abiertos, a diferencia de los anteriores donde están siempre cerrados por el fusible. Al incrementarse la temperatura en una zona, se abre una "válvula de inundación" accionada por detectores, con lo que el agua se descarga por todos los rociadores de la zona.
- Sistemas de preacción. Son sistemas similares al de inundación, pero dan una respuesta más inmediata debido a que los detectores son más sensibles, pero antes de abrir la válvula acciona una alarma para permitir la interrupción del proceso en caso de un error.
- Sistemas para protección exterior. Son sistemas utilizados para proteger y aislar los equipos cercanos al fuego, evitando su propagación por calor radiado. El agua entra en contacto con las paredes de recipientes y edificios o ventanas

de cristal, haciendo una barrera térmica.

- Sistemas autocontenidos. Son rociadores automáticos que no están conectados a una red de abastecimiento, sino que cuentan con tanques de agua presurizados con nitrógeno comprimido.

7. Condiciones Inseguras más Frecuentes.

Un adecuado programa de seguridad industrial debe comprender inspecciones para detectar situaciones de riesgo, con el objeto de adoptar las medidas correctivas y preventivas pertinentes. Aún cuando la lista de condiciones inseguras posibles es prácticamente interminable, a continuación se enumeran algunas que son muy comunes en las industrias de nuestro país:

a) Seguridad en General.

- 1) Los empleados no utilizan el equipo de protección personal. Peligro: posibles lesiones al personal, al realizar su trabajo sin ninguna protección.
- 2) Utilización de gasolina para el lavado de piezas sin las mínimas normas de seguridad. Esto trae consigo un alto riesgo de incendio y/o explosión.
- 3) Empleo de esmeriles sin guardas laterales, descanso, ventanillas, foco piloto, sistema desbalanceado (piedra abrasiva en uno de los lados y cepillo de alambre o carda en el otro). Riesgo de impactos al personal por la "explosión" de la piedra abrasiva o por objetos proyectados.
- 4) Trabajos de corte y soldadura en forma insegura, cayendo las partículas incandescentes sobre las mangueras conductoras del oxígeno y del acetileno, o en materiales combustibles, y sin extintor a la mano.
- 5) Utilización de recipientes metálicos sin tapa para contener restos de pintura y utensilios de pintura. Esta situación puede generar una atmósfera explosiva por la evaporación de solventes.
- 6) Montacargas sin normas mínimas de seguridad (reja, claxon, espejo retrovisor, luz y sonido de reversa, luz intermitente, faros, extinguidor), y/o manejados a

exceso de velocidad.

- 7) Falta de casilleros suficientes para que el personal pueda guardar sus pertenencias, con la consecuencia de que existan prendas personales acumuladas en el pasillo.
- 8) Acumulaciones de aserrín y viruta de madera (combustibles), sin sistemas adecuados de extracción, o bien, ductos de extracción sin sistemas automáticos de extinción de incendios.
- 9) Suministro y manejo de gasolina y otros líquidos inflamables sin un sistema de eliminación de electricidad estática (tierra física).
- 10) Pisos en mal estado de conservación, falta de losetas, bordes, hoyos, etc. presentando inestabilidad al caminar.
- 11) Escaleras y plataformas sin tiras antiderrapantes y/o con bordes filosos.

b) Sistema eléctrico.

- 1) Tableros eléctricos, interruptores o registros sin tapas de protección. Esto genera el peligro de un conato de incendio por corto circuito, o bien, riesgo de que una persona sufra una descarga eléctrica.
- 2) Instalación eléctrica improvisada y/o aislamiento deficiente.
- 3) Utilización de alambre como puente en varios interruptores de navaja, en vez de los fusibles adecuados.
- 4) Conexión de equipos a los toma-corriente, sin utilización de clavijas.
- 5) Conexiones múltiples en un solo contacto eléctrico.
- 6) Sobre carga en la instalación eléctrica en general, utilizando ventiladores para evitar que se eleve la temperatura de los "breakers".
- 7) Instalación de balastras sobre madera (material combustible).
- 8) Aitares iluminados por lámparas "spots" y/o "series de navidad", y veladoras. Esto trae consigo un alto riesgo de incendio ocasionado por corto-circuito o por concentración de calor sobre materiales de fácil combustibilidad como son terciopelos, encajes, plástico, telas, papeles, etc.
- 9) Empleo de parrillas eléctricas del tipo de resistencia abierta y/o cafeteras eléctricas, con el riesgo de que queden conectadas fuera del horario de

oficinas.

- 10) Subestaciones, tableros y otras instalaciones eléctricas cuyo acceso se encuentra obstruido por diversos materiales.

c) Almacenamiento.

- 1) Pasillos y escaleras bloqueados por material propio del negocio, que es una posible fuente de lesiones a trabajadores que tienen que "saltar" las mercancías, además de dañar los propios materiales.
- 2) Estibas muy altas que llegan a alcanzar las lámparas, con el riesgo incendio y/o daños a la mercancía por el contacto con una fuente de calor. En caso de una falla eléctrica de la balastra, dará como resultado el daño y/o incendio de la mercancía.
- 3) Estibas sin uso o empleo de camas de refuerzo, estibas inestables, sin tirantes, etc.

d) Protecciones contra incendio.

- 1) Carencia de brigada contra incendio, capacitación del personal, simulacros de evacuación y combate de fuego.
- 2) Falta de salidas de emergencia y/o señalamiento de las salidas, o bien, salidas bloqueadas con materiales diversos.
- 3) Hábito de fumar aún en áreas peligrosas.
- 4) Carencia de sistemas de pararrayos en edificios, aterrizaje de maquinaria y estructuras, apartarrayos en subestaciones.
- 5) Extintores con carga vencida (más de un año de la última revisión y recarga) o con carencia de la etiqueta de recarga.
- 6) Obstrucción del acceso a extinguidores o hidrantes.
- 7) Hidrantes en mal estado de conservación: sin puerta, sin vidrio, carencia de manguera, boquero o llave, corrosión en tuberías, válvulas, etc. bombas inhabilitadas.
- 8) Carencia de agua de reserva exclusiva para la red de hidrantes.
- 9) Capacidad de bombeo inferior a la requerida para ofrecer presiones

adecuadas en los hidrantes más alejados.

e) Maquinaria y Equipo.

- 1) Falta de guardas de protección en partes móviles en el equipo o maquinaria (poleas, engranes, cadenas, bandas), con el consecuente riesgo de lesiones al personal por quedar atrapado por alguna pieza en movimiento.
- 2) Falta de aislante térmico y/o señalización en tuberías que conducen vapor o líquidos calientes, con la posibilidad de quemaduras al personal.
- 3) Carencia de dique de contención alrededor de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables. En caso de ruptura le derrame se extenderá considerablemente con la posibilidad de generarse un incendio de grandes extensiones.
- 4) Falta de control en el tratamiento de agua para calderas, o ausencia de dicho tratamiento.

8. Procedimientos para Emergencia.

El tipo de emergencias que pueden presentarse en las plantas industriales son muy variadas; entre ellas cabe mencionar las siguientes:

- Incendio.
- Terremoto.
- Inundaciones.
- Amenaza de bomba.
- Descontrol grave de procesos peligrosos.
- Contaminación o fugas de gases tóxicos o peligrosos.
- Situaciones bélicas.
- Etc.

Aunque cada una de ellas debe recibir tratamientos específicos, es importante

establecer un procedimiento general para emergencias en virtud de que todas ellas son absolutamente impredecibles, dando capacitación adicional a jefes de brigada o encargados de área para que sepan cómo actuar ante cada amenaza.

Cada empresa deberá adoptar aquellas medidas según el tipo de riesgo que se trate, la naturaleza del giro ya que son diferentes los tipos de riesgo si se habla por ejemplo de una Planta Química o de una Planta de Fundición, por el tipo de material o proceso que se tenga, y por último el tamaño y distribución de la planta.

En este punto se dará un procedimiento general para desalojo en caso de que se presente alguna emergencia, mismo que podrá ser adaptado a la situación particular de cada planta. Es importante tomar en cuenta que lo más importante para realizar este procedimiento es la ayuda de todo el personal de la empresa, por lo que es fundamental una campaña continua de capacitación y concientización del personal a todos los niveles.

Para poder hablar de un control de emergencias es necesario antes mencionar que para que exista este control es necesario tener planes bien constituidos, tener entrenamientos de estos planes y lo primordial es tener una organización bien estructurada para que ella administre al personal, las cosas materiales y sobre todo tenga contacto con entidades gubernamentales (bomberos, Cruz Roja, etc.) para que la asesoren de como debe llevar a cabo los procedimientos. Se debe contar con planos donde se muestren las rutas de evacuación y puntos de reunión, además de señalamiento por medio de flechas alusivas.

Se desarrollaran brigadas contra siniestros en cada área, para poder abarcar toda la planta, en seguida se darán algunos puntos de como se manejará estas brigadas.

1. Los Jefes de Brigada deberán ponerse en el momento de la emergencia un chaleco o chaqueta de algún color que los identifique. Su función será

supervisar todo el desarrollo del procedimiento de evacuación, control y/o ataque del problema.

2. Los encargados de cada área o departamento tendrán un brazalete que se colocarán en el antebrazo en el momento de la emergencia, y su función será dirigir a su grupo durante la evacuación.
3. Las personas seleccionadas deberán tener el entrenamiento debido.
4. Se tiene que instalar alarmas o señales luminosas para desalojar la planta en caso de que fuera requerido. Las alarmas luminosas pueden constar de un tablero con tres focos (amarillo, verde y rojo) e instalarlas en diferentes partes de la planta donde el personal pueda verlas fácilmente.
5. Se tienen que elaborar programas de simulacros para desalojo de Planta.

A continuación se hablará de un procedimiento para desalojar la Planta a base de chicharras y luces:

1. En caso de que se presente alguna emergencia se prenderá la luz amarilla, sonando en ese momento una chicharra una sola vez. Esta primera luz pondrá en alerta a la gente del área donde exista el problema, quizás se llegue a apagar dicha luz, eso quiere decir que se solucionó el problema.
2. En caso de prenderse el siguiente foco, el verde, sonando la chicharra dos veces, la gente tendrá que guardar sus cosas (herramientas, apagar aparatos, resguardar documentos importantes, etc.) ponerse alerta por si se necesita evacuar el área.
3. En el momento de prenderse el foco rojo, sonando continuamente la chicharra, entonces el personal del área deberá formarse ordenadamente en un lugar predeterminado para que el o los jefes de grupo de la brigada puedan dirigir al personal para abandonar la Planta, se determinará también el lugar por donde deben dirigirse (salidas de emergencia) según el área de que se trate.
4. El jefe de grupo y/o sus ayudantes evitarán que la gente corra y sobre todo que obedezcan las indicaciones del jefe de grupo.

5. Una vez formados, el jefe de grupo indicará el momento para desalojar el área y llevarlos al punto de reunión donde todos estén fuera de peligro.
6. En caso de haber sido resuelto el problema, el Jefe de Brigada dará indicaciones para que el personal regrese a sus labores.
7. Evitar a toda costa que el personal que no pertenezca a las brigadas, al departamento de mantenimiento o al cuerpo de vigilancia acudan al lugar del siniestro.
8. Se tiene que nombrar a una persona para que llame a las autoridades competentes mientras los demás se hacen cargo del personal de la Planta.

Recomendaciones al ocurrir una emergencia:

- a) Que sólo acudan las personas aptas para sofocar el siniestro, controlar la emergencia o verificar la situación.
- b) Si es posible, deberá acordonarse el área para evitar curiosos.
- c) Si existen heridos, no moverlos hasta no saber si se puede trasladar (conocer la forma de traslado de heridos).
- d) Contar con camillas y botiquines de primeros auxilios distribuidos estratégicamente en la Planta.
- e) Que el personal de mantenimiento permanezca cerca del área para ayudar a la desconexión de subestaciones, desensamble de algún equipo, esto con el fin de evitar más daños o desgracias personales.
- f) Instalar letreros en toda la Planta donde indique que en caso de algún siniestro llamar a una extensión (Jefe de Seguridad). También letreros visibles donde indique la salida en caso de evacuación.
- g) Es importante que el personal de vigilancia esté debidamente entrenado para colaborar en caso de alguna emergencia, ya que existe la posibilidad de que la emergencia ocurra cuando la Planta esté parada.

Para poder echar a andar los programas y que no se quede solamente en papeles, se requiere de entrenamientos, es decir, las prácticas tienen que ser coordinadas y frecuentes. Al principio es aconsejable que se anuncien las

prácticas de emergencia, más adelante cuando los programas son conocidos por el personal de la empresa se pueden hacer sin previo aviso. Es importante apuntar que aún cuando las prácticas sean conocidas por todo el personal, se deben hacer lo más real posible.

Estos entrenamientos tienen dos propósitos: 1) Ayudar a desarrollar los hábitos correctos en caso de emergencias, ya que muchas veces no se sabe como actuar; 2) La habilidad en el manejo de situaciones de emergencia y los procedimientos correspondientes se agudizan mediante el entrenamiento.

9. Mantenimiento y la Seguridad.

El trabajo del Departamento de Mantenimiento tiene suma importancia en la prevención de los accidentes. Como ya se mencionó en capítulos anteriores la responsabilidad de este departamento es que el trabajo se realice siempre con la idea de que no ha de permitirse que existan riesgos temporales, y que uno de sus mayores objetivos debe ser el mantener en la planta un nivel de seguridad para el trabajo. El mantenimiento general de una planta constituye una clave evidente en relación con las preocupaciones de seguridad de la empresa.

Se requiere una íntima relación del departamento de mantenimiento y el departamento de seguridad industrial, para alcanzar mejores resultados en cuanto a la prevención de accidentes. Hay empresarios que piensan que no es importante tener un programa de mantenimiento preventivo, pero no se dan cuenta que gracias a estos programas que van más lejos de una simple inspección, y requieren revisiones más minuciosas, comprobaciones y reacondicionamiento de equipo, se puede encontrar condiciones inseguras y prevenir más accidentes que si se utilizan únicamente los procedimientos de inspección de seguridad que sólo buscan encontrar riesgos y puntos de peligro.

Hay dos etapas o grados de seguridad en cuanto al funcionamiento del departamento de mantenimiento: Uno de ellos es pasivo, en él los empleados de mantenimiento prestan plena cooperación al departamento de seguridad, atendiendo todos los requisitos y peticiones de seguridad. El segundo los trabajadores de mantenimiento reciben considerable entrenamiento para la seguridad y están constantemente alertas en busca de situaciones de peligro; esta es la mejor opción ya que es de una mente más activa respecto a la seguridad.

El equipo individual de protección que los encargados del mantenimiento deben tener y usar, constituye un problema porque mucho del trabajo se lleva a cabo bajo condiciones que hacen que dicho equipo resulte incómodo de usar o que entorpezca la libertad de movimientos. El descuido por parte de algunos trabajadores de mantenimiento al reparar y no dejar limpio el sitio donde realizan algún trabajo, a menudo ha sido causa de accidentes.

Es necesario dejar bien sentado que un trabajo de mantenimiento nunca estará completo hasta que el área donde se verificó haya sido puesta en orden de nuevo. Para el mantenimiento de equipo mecánico no basta con una lubricación, alineamiento y ajuste adecuados que sirven para dar una vida más prolongada a la maquinaria, sino en una reducción en las lesiones ya que cualquier tipo de interrupción tiende a causar daños al trabajador en forma directa o indirecta debido a la confusión que se produce.

En el mantenimiento del equipo eléctrico es necesario emplear trabajadores que conozcan los peligros potenciales del equipo y que estén capacitados para no correr algún tipo de riesgo y poder mantener en buen estado los equipos, así evitando que los trabajadores resulten dañados por ignorancia o negligencia.

En el mantenimiento de patios y terrenos los trabajadores asignados a estas tareas deben considerar como asunto de orgullo personal tanto la limpieza como la seguridad.

Puede decirse que algunas de las cosas más importantes que siempre tienen que observar los empleados de mantenimiento y los de seguridad para evitar accidentes son las siguientes: pisos limpios, los pasillos sin escombros, el equipo para combatir los incendios funcione, todas las herramientas y suministros en sus lugares designados.

10. Protección de la Planta.

Una de las amenazas más frecuentes en nuestros tiempos de que puede ser víctima una empresa es el robo, y normalmente toda empresa tiende a pensar que a ella no le puede ocurrir, pero realmente eso no es verdad, teniendo que estar prevenida para cualquier emergencia que se presente. En este tema se tratará de dar algunos ejemplos de recomendaciones básicas que el Departamento de Seguridad tendrá que tomar en cuenta y adaptarlas para implementar medidas de protección en la planta:

1. Una valla o muro de por lo menos dos metros de alto, con alambre de púas en su parte superior.
2. El número de puertas de entrada deberá mantenerse al mínimo posible, y aquellas que no se usan deben mantenerse cerradas; cambiando las cerraduras de vez en cuando.
3. Debe contarse con suficiente iluminación a lo largo de la valla, en las puertas de acceso, en el área de estacionamiento, al igual que todos los rincones donde pueda llegar a esconderse algún intruso.
4. Los lugares de estacionamiento no deberán estar situados más cerca de ocho metros del edificio principal.
5. Deberá existir un control vehicular en el cual se deban de identificar los pasajeros, en el caso de camiones de entrega se checará su contenido a la entrada y salida.
6. En el caso de que existiera entrada de ferrocarril deberán estar protegidas

mediante puertas que estén cerradas con chapas, candados, etc. y de preferencia con un guardia de tiempo completo, de no ser posible, el guardia solo debe abrir la puerta en caso de conocerse el horario de entrega.

7. Los tripulantes del ferrocarril también deben identificarse y se inspeccionarán los carros a su entrada y salida.
8. Todos los visitantes se registraran en la recepción de la empresa registrándose, indicando su nombre, el nombre de la persona que visitan, etc., y si es posible marcar la extensión de la persona para ver si la recibe.
9. Se revisará a los visitantes paquetes, portafolios o cajas de herramientas antes y después de la salida.

Una de las herramientas con las que cuenta una empresa para defenderse de peligros que la acechan como robo, amenaza de bomba, incendio, etc., es la de contar con una buena compañía de personal de vigilancia, ya que tienen conocimiento en estos ramos, son una ayuda para el departamento de seguridad para tener mejor protegido al personal y a las instalaciones. El Departamento de Seguridad tiene a su cargo a la compañía de vigilancia, ya que ante la empresa ellos son los responsables de la seguridad.

La forma de controlar la vigilancia por medio del departamento de seguridad, para garantizar que el personal policiaco esté haciendo bien su labor consiste en recorridos a las instalaciones (la frecuencia de los recorridos será dependiendo del tamaño de la Planta), para asegurarse de que tanto el interior como el exterior estén protegidos se instalarán estaciones para reloj comprobador (partes estratégicas, o uno por departamento) o si la Planta es muy grande se manejaran varias estaciones de vigilancia, para que en caso de una emergencia se active una alarma y dar parte a sus demás compañeros.

11. Compañías de Seguros.

No importando cuál sea la cantidad de medidas de seguridad con que cuente una planta y la inversión en sistemas de protección, siempre queda alguna posibilidad de sufrir daños por factores no controlables o absolutamente impredecibles. Para afrontar esos riesgos fortuitos las empresas deben invertir en pólizas de seguros, que son contratos mediante los cuales "transfieren" sus riesgos a las compañías aseguradoras. De esta forma, al ocurrir un accidente súbito e imprevisto, la Aseguradora indemniza a la empresa con el objeto de que tenga los recursos económicos para reparar o reponer los bienes dañados, sin afectar la estabilidad económica de los accionistas, garantizando la presencia de la empresa en el mercado y manteniendo las fuentes de trabajo.

Normalmente la administración de los seguros es una función que se asigna a departamentos como Contabilidad, Finanzas o Administración. Sin embargo, es indispensable la participación del departamento de seguridad (y en muchos casos de mantenimiento) en las relaciones con las Compañías de Seguros en lo que se refiere a los "Seguros Patrimoniales" entendiéndose éstos como aquellos que amparan el patrimonio (bienes materiales y recursos económicos) de las empresas, es decir, son seguros no relacionados con el personal como serían los seguros de accidentes, seguro de vida, gastos médicos, etc. La importancia de involucrar activamente a Seguridad y Mantenimiento en la negociación de los seguros es que estos dos departamentos pueden hacer una selección "técnica" de los riesgos que se deben transferir, es decir, qué tipo de pólizas deben contratar; por otro lado, las Compañías de Seguros requieren información técnica y visitas guiadas por la planta para fijar sus tasas o cuotas, recargos y descuentos, para calcular las primas de los seguros, siendo los departamentos de mantenimiento y seguridad los adecuados para proporcionar la información y guiar las visitas de inspección; finalmente, algunas Aseguradoras y/o agentes de seguros proporcionan como servicio adicional un reporte de "evaluación de riesgos" que contiene situaciones inseguras detectadas durante las visitas, así

como recomendaciones de los especialistas en seguridad de la Aseguradora: dichos reportes son mucho más útiles para el departamento de seguridad que para el departamento de contabilidad.

Sin entrar en mayores detalles, se verán algunos de los factores que califican las compañías de seguros para tasar las primas de los seguros, con lo que se podrá observar que en la mayoría de ellos, los departamentos de mantenimiento y seguridad pueden hacer mucho para abalir el costo de las pólizas:

- a) Giro del negocio: tipo de materiales, combustibilidad e inflamabilidad de existencias.
- b) Control de procesos de fabricación.
- c) Instalación eléctrica: canalización de conductores, estado de motores, arrancadores, tableros y accesorios, subestaciones eléctricas y transformadores, protección contra rayos y electricidad estática, instalaciones especiales en ambientes de gases, fibras y polvos inflamables, combustibles o explosivos.
- d) Mantenimiento: predictivo, correctivo o preventivo, estado de tuberías, situación de la lubricación, corrosión en maquinaria, estructuras y edificios, espacios al aire libre, eficacia de equipos extractores de polvos y/o gases.
- e) Protecciones contra incendio: tipo de protecciones, distribución, capacidad, mantenimiento.
- f) Edad de los edificios y maquinaria.
- g) Separación de áreas para evaluar la posibilidad de propagación de fuegos.
- h) "Experiencia siniestral", es decir, tipo de accidentes ocurridos, monto de pérdidas y medidas adoptadas a raíz del accidente.
- i) Tipo constructivo de edificios: resistencia al fuego, comportamiento sísmico, resistencia a vientos, etc. altura y número de sótanos o pisos altos.
- j) Almacenamiento y operación de líquidos y gases inflamables.
- k) Colindantes.
- l) Orden y limpieza en general.

- m) Departamento de seguridad: existencia, jerarquía y organización.
- n) Calderas: Tipo de combustible, ubicación de los tanques de almacenamiento, tratamiento de aguas, mantenimiento.
- o) Experiencia de los operadores, supervisores, etc.
- p) Ubicación de la empresa (zona geográfica).

Tipos de Pólizas.

A continuación se darán los tipos de seguros patrimoniales más comunes que existen en el mercado asegurador, que pueden contratar las empresas industriales, comerciales o de servicios. Cabe mencionar que la mayoría de las Aseguradoras manejan el concepto de "Póliza Paquete" que es una sola póliza que incluye varios tipos de seguros, con lo que se obtiene una simplificación en la administración del programa de seguros de la empresa, y en muchos casos, resulta más económico contratar dichos paquetes:

a) Seguro de Incendio.

Normalmente se considera como el seguro básico para cualquier empresa, ya que no solamente cubre contra el riesgo de incendio, sino que sus "coberturas adicionales" lo hacen el más adecuado para cualquier tipo de industrias o comercios.

Dentro de las coberturas adicionales del seguro de incendio se pueden citar daños por: explosión, rayo, granizo, ciclón, huracán, vientos tempestuosos, huelgas, alborotos populares, conmoción civil, vandalismo, actos de personas mal intencionadas, colisión de naves aéreas u objetos caídos de ellas, colisión de vehículos, humo, daños por agua por rotura o filtraciones accidentales de tuberías o sistemas de abastecimiento de agua o de vapor, descargas o derrame de agua de aparatos o equipos, daños por la obstrucción en las bajadas de agua pluvial por acumulación de granizo, caída de árboles, antenas (todos los mencionados

hasta este momento entran en el paquete denominado "extensión de cubierta"), terremoto y erupción volcánica, inundación, derrame de equipos de protección contra incendio, combustión espontánea y derrame de material fundido.

También existen como coberturas adicionales los llamados seguros de "pérdidas consecuenciales" que indemnizan las ganancias que se dejan de percibir como consecuencia de alguno de los daños cubiertos por la póliza.

b) Seguros de Ingeniería.

Estos son seguros más especializados, también denominados en el mercado asegurador como "ramos técnicos". Se dividen básicamente en dos categorías:

- Seguros de construcción. Amoaran obras civiles durante su etapa de construcción (seguro de "Obra Civil en Construcción"), montaje de maquinaria, equipos, estructuras o plantas completas (seguro de "Montaje"), así como la maquinaria pesada y equipos auxiliares necesarios durante la construcción tales como cargadores frontales, grúas, plantas de trituración, etc. (seguro de "Equipo de Contratistas"). Aún cuando este tipo de pólizas están enfocadas a la etapa de construcción, también pueden ser contratadas por empresas que realicen remodelaciones o ampliaciones, o bien, comprar una póliza de "Equipo de Contratistas" cuando utilicen maquinaria como cargadores frontales, montacargas, grúas, etc. para el movimiento normal de sus materiales.
- Seguros de operación. Estos son seguros diseñados básicamente para complementar la cobertura que da el seguro de incendio con sus riesgos adicionales, amparando daños más específicos de la maquinaria y equipo tales como negligencia de operadores, introducción de objetos extraños, corto circuito, quemadura, etc. Se clasifican en: "seguro de Calderas y Aparatos Sujetos a Presión", que amparan a las calderas, tanques a presión, autoclaves, intercambiadores de calor y demás equipos sujetos a presión contra explosión

por presión interna o por inflamación de gases de combustible, agrietamiento, deformación o quemadura por insuficiencia de agua; "Seguro de Equipo Electrónico" que ofrece una cobertura muy amplia para daños sufridos a computadoras, equipos electrónicos de medición y control de procesos, equipo de comunicaciones, equipo electrónico de oficinas, etc.; y "seguro contra Rotura de Maquinaria" que cubre contra daños propios de otras máquinas y equipos no mencionados anteriormente como son transformadores, bombas, compresores, tornos, imprentas, etc.

c) Seguros Diversos.

Dentro de los también llamados "ramos diversos misceláneos", está el seguro de robo con violencia y/o asalto de mercancías, mobiliario y equipo, robo o destrucción de dinero y valores de la empresa, rotura accidental de cristales y anuncios luminosos.

d) Seguro de Responsabilidad Civil.

Este seguro está diseñado para cubrir los daños que la empresa ocasiona a terceros, en sus bienes o en sus personas, como consecuencia de sus operaciones normales. Como ejemplo de la cobertura que ofrece este seguro puede citarse la indemnización necesaria por las lesiones que sufra un transeúnte que sea golpeado por materiales caídos durante una remodelación (daños a terceros en sus personas), o bien, la indemnización por un fuego originado dentro de la empresa que afecte al edificio vecino (daños a terceros en sus bienes).

e) Seguro de Vehículos.

Este seguro ampara los vehículos propiedad de la empresa (camiones de carga, camionetas de reparto, automóviles utilitarios, motocicletas de mensajeros, etc.), contra robo, colisiones, volcaduras, así como daños a terceros ocasionados por

dichos vehículos.

f) Seguro de Transportes.

Cubre los daños que pueda sufrir durante el transporte hacia la planta la materia prima, productos terminados hacia los centros de venta o distribución, o bien de maquinaria y equipo en traslado de la planta hacia talleres o viceversa. Los riesgos amparados son daños por colisión, vuelco, robo, rotura, mojadura, etc.

12. Presupuestos de Seguridad.

Antes de definir un presupuesto para el departamento de seguridad, se debe establecer claramente a nivel dirección de empresa, cuáles conceptos deberán cargarse al departamento de seguridad y cuáles al "renglón de seguridad" del presupuesto de otras áreas como producción, mantenimiento, etc. Por ejemplo, puede determinarse que los goggles, guantes y demás equipo de seguridad de todos los empleados de la empresa se cargue al departamento de seguridad quien tendría que ser el absoluto responsable de su administración, o bien, que cada departamento dependiendo del número de personas que trabajen en él, se responsabilice por tener suficiente equipo de protección para abastecerse a sí mismo.

En la Figura 28 se muestra un ejemplo del presupuesto anual de un departamento de seguridad, donde se puede apreciar el tipo de conceptos que involucra.

COMPAÑÍA LOS OSOS, S.A.

PRESUPUESTO ANUAL 1995.
DEPARTAMENTO INGENIERÍA DE PLANTA
ÁREA SEGURIDAD INDUSTRIAL

CLAVE	DESCRIPCIÓN	MONTO
0001	Uniformes y Zapatos	NS2,500.00
0002	Capacitación	NS40,000.00
0003	Congresos y Conferencias	NS6,000.00
0005	Suscripciones	NS2,000.00
0006	Asociaciones	NS1,500.00
0007	Equipo de Protección	NS5,000.00
0008	Sueldos	NS100,000.00
0009	Mantenimiento a Equipo Contra Incendio	NS20,000.00
0010	Señalización	NS5,000.00
0011	Simulacros	NS3,000.00
	TOTAL	NS185,000.00

FIGURA 28

CAPÍTULO V.
CASO PRÁCTICO.

CAPÍTULO V.

CASO PRÁCTICO.

Como se ha observado a lo largo de todo este trabajo, es muy amplio el universo de actividades que corresponde desarrollar a un departamento de Ingeniería de Planta. En vista de lo anterior, sin pretender abarcar todas las responsabilidades del departamento de Ingeniería de Planta, en el presente capítulo se planteará un caso práctico que a la vez que ejemplificará las funciones de cada área del departamento de Ingeniería de Planta, pondrá de manifiesto la estrecha relación que entre ellas existe.

El ejemplo que a continuación se expone es un caso con datos ficticios pero, sin embargo, es ejemplo de una situación bastante real cuya solución se facilita enormemente con la existencia de un departamento de Ingeniería de Planta con el esquema que se ha planteado de integrar bajo una misma gerencia a las áreas de Seguridad, Proyectos y Mantenimiento.

1. Planteamiento del Caso.

En nuestro país, a últimas fechas, las Compañías Aseguradoras han adoptado políticas muy cerradas para la suscripción⁶ de seguros de incendio en industrias textiles debido a la alta incidencia de siniestros que ha registrado este ramo industrial, así como a las cuantiosas pérdidas económicas que cada uno de estos siniestros ha representado.

⁶ Se entiende por "suscripción" el proceso mediante el cual una aseguradora acepta el riesgo, cotiza la prima y establece condiciones de aseguramiento.

El origen de este fenómeno está en la crisis que atraviesan las empresas textiles como resultado de la apertura comercial del país. El hecho de que el precio de venta al público de una prenda importada sea inferior al costo de producción de la misma prenda en algunas industrias nacionales, ha ocasionado una fuerte caída en las ventas de tales empresas.

Esta crisis ha generado que los recursos destinados a mantenimiento y seguridad se hayan reducido alarmantemente, provocando una mayor cantidad de fallas y accidentes; esto, aunado a la poco ética conducta de algunos empresarios, que al ver sus existencias de producto terminado incrementándose en sus almacenes por la imposibilidad de vender estas mercancías a costos que no les generen pérdidas, deciden incendiarlas para cobrar su seguro. Todas estas situaciones han puesto sobre aviso a las aseguradoras, que han reaccionado con mayores exigencias sobre las industrias textiles para la contratación de pólizas de seguro.

"El Trapo, S.A." es una empresa mediana que cuenta con 300 empleados, de los cuales 25 pertenecen al departamento de Ingeniería de Planta, incluyendo personal obrero y administrativo. Es una empresa próspera que fabrica telas para vestiduras de asientos de automóviles, que desde su fundación hace más de diez años, se ha conservado en niveles competitivos de costo y calidad gracias a la preocupación que los directivos han tenido que mantener una continua modernización, tanto en tecnología de producción como en sistemas administrativos, gracias a lo cual ha mantenido un mercado casi cautivo con varias armadoras importantes de automóviles.

Sin embargo, a pesar de que los estados financieros de El Trapo, S.A. demuestran que sus niveles de ventas han sido más que satisfactorios, por lo que no existe el riesgo de un incendio auto-provocado, el escepticismo de las compañías de seguros respecto a las industrias textiles ha motivado que cada renovación de póliza se convierta en una desgastante negociación para El Trapo, S.A. ya que las aseguradoras no quieren "aceptar el riesgo", y aquellas compañías que sí están

dispuestas a suscribir el seguro de incendio, son de dudosa reputación y lo hacen a costos exorbitantes y con deducibles muy elevados, originando en algunas que El Trapo S.A. se quede sin cobertura por periodos de varias semanas después del vencimiento de una póliza.

La Dirección General de El Trapo S.A., cansada de batallar año con año para conseguir su seguro, pagar primas altas y arriesgarse en periodos sin cobertura, decide poner fin a esta difícil situación, por lo que solicita al Gerente de Contabilidad, que es el que administra los seguros de la empresa, un informe de los últimos años detallando las respuestas que han dado las diferentes aseguradoras a la solicitud del seguro de incendio, resumiendo los argumentos de las compañías para rechazar el riesgo o incrementar cuotas y deducibles.

Del reporte elaborado por el Gerente de Contabilidad se desprende que las compañías de seguros sugieren una serie de recomendaciones que de cumplirse, no solamente facilitarían enormemente la contratación de la póliza, sino que además reducirían el costo del seguro de incendio de un 40 a un 50%. Las recomendaciones son del siguiente estilo:

"Reportes de Inspección" de las Compañías Aseguradoras:

- a. Mayor rigidez en la prohibición de fumar ya que se encontraron colillas y cerillos dispersos por toda la planta. Además de una supervisión exigente de la restricción, establecer áreas seguras y controladas donde se permita fumar, dotándolas de recipientes adecuados para los desperdicios de cigarrillos, cenizas y cerillos.
- b. Establecer un mejor orden en los almacenes de producto terminado para que sean accesibles, con lo que en caso de un conato de incendio en cualquier punto sea fácilmente alcanzable para su extinción y control. Vigilar que no

lleguen tan alto las estibas y utilizar protecciones para que en caso de que una balastra se queme y derrame no caiga sobre el material almacenado. Finalmente implementar un sistema de rondines para mantener supervisadas las áreas de almacén que normalmente se encuentran solas por tiempos prolongados.

- c. Ubicar debidamente los extinguidores, vigilando que se encuentren siempre en su lugar (en los soportes de pared que para tal efecto existen y no en el piso), con carga vigente y que no sean obstruidos por materiales, desperdicios, refacciones, etc.
- d. Existen algunas bodegas de materiales diversos un tanto descuidadas, junto a la subestación principal donde solicitan las compañía de seguros mejorar el orden, limpieza, protecciones contra incendio y supervisión.
- e. Reubicar el área de recarga de baterías eléctricas de montacargas en algún lugar separado de las áreas de producción y almacenamiento con el objeto de minimizar el riesgo de incendio por corto-circuito o sobrecalentamiento.
- f. Mejorar las medidas de seguridad durante los trabajos de corte y soldadura, implementando un sistema de permisos y supervisión para dichos trabajos.
- g. Por el giro de la empresa deben reforzarse las protecciones contra incendio actuales (extinguidores portátiles, instalando una red de hidrantes interiores y exteriores que cubran todas las áreas de la empresa formando brigadas contra incendio con personal capacitado en el uso de los hidrantes, dotándolos de equipo de bomberos (cascos, botas, palas, etc.) que se deberá ubicar en un lugar accesible."

Analizando las recomendaciones anteriores, el Director General observó que, a excepción de la instalación de una red de hidrantes, todas se trataban de

adecuaciones no muy complejas, de naturaleza operativa junto con modificaciones de poca cuantía a la instalación actual, en vista de lo cual solicitó al Gerente de Ingeniería de Planta un programa para su implementación inmediata, así como la elaboración de un proyecto de instalación de mangueras contra incendio.

2. Descripción de Planta.

Esta empresa se encuentra ubicada en la zona industrial de Santa Clara, Estado de México, y como se puede apreciar en la Figura 29, tiene una puerta de acceso en su lado norte, enfrente del cual se ubica el área de carga y descarga de camiones; también en la zona norte del predio se ubica el estacionamiento de empleados y visitantes, inmediatamente después de la caseta de vigilancia. Pegado al estacionamiento se encuentra la única edificación de la planta con techos de concreto (el resto de la planta son edificios con techos de lámina de asbesto y algunos acrílicos para iluminación natural), donde se ubican las oficinas administrativas (área contable, sistemas, compras, ventas, oficinas de producción, etc.) y un área adaptada para baños y vestidores de obreros.

Justo detrás del edificio de oficinas, en el centro del predio, está el almacén de materia prima, convenientemente ubicada con un acceso hacia el área de carga y descarga. En este almacén se almacenan hilos en carrete de fibras sintéticas (nylon) dentro de cajas de cartón debidamente estibadas.

El almacén de materia prima se comunica con el departamento de "urdido", al cual abastece directamente y que se ubica en la zona suroeste del predio. En este departamento se acomodan los carretes de hilo en una estructura metálica, que ocupa casi toda la superficie del departamento, debidamente acomodados para que todos los hilos entren de una manera ordenada, paralela, a las máquinas urdidoras, que como su nombre lo indica, forman la "urdimbre" que es el conjunto de hilos debidamente dispuestos para ingresar a las máquinas tejedoras o telares.

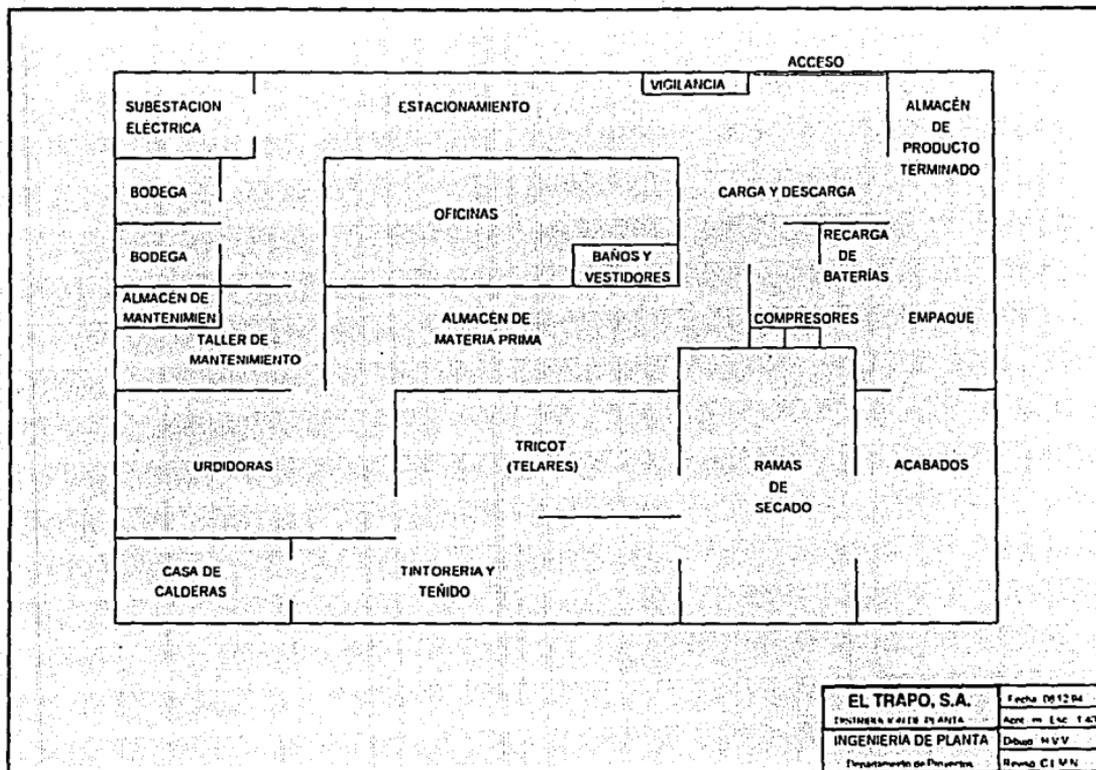


FIGURA 29

Al este del departamento de urdido se encuentra el área de "tricol". Aquí se localizan los telares que son máquinas que tejen la urdimbre para formar la tela propiamente dicha, que pasa al área de "tintorería y teñido" ubicada en el lado sur del predio. Esta área cuenta con autoclaves calentados por vapor donde se impregnan los colorantes a la tela.

A continuación, hacia el este, se encuentran las "ramas" de secado que son máquinas calentadas por vapor, donde se extrae la humedad de la tela proveniente de tintorería y teñido, dándole las propiedades físicas finales que debe tener la tela.

En la esquina sureste del predio se ubica el área de "acabados" donde solo una parte de la producción total es sometida a procesos de afelpado, rasurado y/o estampado, dependiendo de los pedidos que el departamento de Ventas tiene que surtir.

Finalmente, al norte de acabados, en el extremo este del predio, se encuentra el empaque, que no es otra cosa que el área donde se introducen los rollos de tela en bolsas de plástico transparente, para pasar finalmente al almacén de producto terminado, ubicado en la esquina noreste de la planta, también debidamente localizada junto al área de carga y descarga, donde la mercancía queda a la espera de su embarque hacia los consumidores.

Otras áreas de la planta no relacionadas directamente con el proceso son las siguientes:

Subestación eléctrica, ubicada en la esquina noroeste de la planta, donde se encuentra un transformador eléctrico de 500 KVA, que transforma de 23 KV CA a 440 V CA, y los gabinetes de interruptores y controles.

Junto a la subestación eléctrica, hacia el sur, se encuentran dos bodegas de materiales diversos como botes de pintura y solventes, madera, placas de acero, cable eléctrico, tubería, etc.

Inmediatamente después, también hacia el sur está el almacén de mantenimiento donde se guardan las refacciones y herramientas, y el taller de mantenimiento.

En la esquina suroeste están ubicadas las calderas que alimentan a los autoclaves y secadores.

Finalmente, entre los almacenes de materia prima y producto terminado, junto al área de carga y descarga, se encuentran localizados los compresores y el área de recarga de baterías de los montacargas.

3. Estrategia a Seguir para la Solución del Problema.

Se convoca a una junta con el Director General, a la que asisten el Gerente de Ingeniería de Planta, el Superintendente de Ingeniería de Planta, el Jefe de Mantenimiento, Jefe de Proyectos y Jefe de Seguridad, para estudiar los argumentos de las Compañías de Seguros y definir las acciones que se deben tomar. En esta junta se llega a las siguientes conclusiones:

El excelente comportamiento que han tenido las ventas de la empresa ha originado que la planta haya ido creciendo desordenadamente desde su fundación, con fuertes inversiones en equipo de producción para satisfacer la creciente demanda de telas, pero sacrificando los aspectos de seguridad y mantenimiento que han quedado rezagados respecto a las necesidades reales que tiene la empresa:

a) La Seguridad Industrial en la empresa se ha enfocado más al cumplimiento de

las reglamentaciones de la Secretaría del Trabajo e IMSS como objetivo principal, que a la prevención real de accidentes, por lo que la solución a las deficiencias encontradas por las Compañías de Seguros debe ir más a fondo que el simple hecho de colocar letreros de "No Fumar", es decir, implementar un programa de seguridad real y eficiente.

- b) El rápido crecimiento de las áreas productivas, sin un desarrollo paralelo del área de mantenimiento, ha orillado a que el mantenimiento existente en la planta sea únicamente correctivo, limitándose el personal a la lubricación de la maquinaria y atendiendo a las emergencias que de una manera cada vez más continua se presentan.
- c) La distribución actual de la planta no ha sido planeada adecuadamente, más bien ha sido producto de la urgencia de momentos específicos, y posteriormente no ha existido la preocupación de corregir anomalías, de tal suerte que se encuentran los compresores y la recarga de baterías para los montacargas en una zona poco conveniente ya que interfiere con el movimiento de mercancías (materia prima y producto terminado), además del riesgo que representa la cercanía de los equipos con la tela.

Todos estos puntos llevan al Director General a concluir que es prioritario canalizar mayores esfuerzos en el reforzamiento y reorganización del trabajo de la Gerencia de Ingeniería de Planta, con lo que se reducirán los costos operativos de la empresa, se incrementará la vida útil de los equipos e instalaciones y se conseguirán las mejores condiciones de seguridad. Todo ello llevará a la empresa a obtener mejores márgenes de utilidades y estará más preparada para futuros crecimientos de una manera eficiente, manteniéndose en niveles competitivos, incluso con la entrada al País de compañías textiles extranjeras.

Así pues, cada una de las áreas del departamento de Ingeniería de Planta comienza a desarrollar programas de trabajo para conseguir una mejora sustancial

en la planta que no solo facilitará y abaratará la contratación de pólizas de seguro de incendio, sino que reportará una serie de ventajas adicionales económicas, de imagen y prestigio, para el personal, etc.

4. Seguridad.

El Departamento de Seguridad debe comenzar con una "auditoría de seguridad" con el objeto de identificar las principales carencias de la planta y definir una línea de acción con puntos concretos que atacar. Para tal efecto se puede ayudar de las recomendaciones hechas por las compañías de seguros, proveedores de equipo contra incendio o con resultados de auditorías de autoridades. De preferencia deberá buscar coordinar con la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene, que existe por ley, para que sea una labor conjunta; probablemente deba comenzar por activarse de una manera real a la Comisión Mixta.

Esta auditoría consistirá en hacer una detección de las condiciones y actos inseguros que se presentan en la empresa, lo más minucioso posible, estableciendo una descripción que incluya el sitio exacto donde se observó, las posibles causas o circunstancias que lo motivaron y los peligros que representan.

Otro aspecto que debe incluir la auditoría es la evaluación de las medidas de seguridad existentes, tales como protecciones contra incendio, señalización, utilización de equipo de protección personal, vigilancia, etc. Por ejemplo, puede observarse si efectivamente existen suficientes extinguidores distribuidos en toda la planta, sin embargo se detectarán desviaciones como las siguientes:

- 1) Extinguidor No. 23. Ubicación: almacén de producto terminado, pared Este. Se encuentra totalmente obstruido por material propio del almacén.
- 2) Extinguidor No. 12. Ubicación: taller de mantenimiento. Existe el soporte en la pared, y la señalización correspondiente, pero no hay extinguidor.

- 3) Extinguidor No. 18. Ubicación: Tintorería y teñido, pared sur. La última revisión y recarga del extinguidor se realizó hace más de dos años.

Un aspecto importante al realizar la auditoría, es olvidarse de "la costumbre", es decir que no porque se hayan utilizado determinadas protecciones, mecanismos o actividades significa que sean las más apropiadas. Debe analizarse la situación actual con una actitud absolutamente crítica.

Una vez definidas los actos y condiciones inseguros se deberán implementar acciones para su debida corrección, tales como:

- a) Definir mecanismos de capacitación y concientización al personal, diseñando cursos, elaborando material de apoyo y definiendo técnicas y períodos.
- b) Establecer por escrito un reglamento interno de seguridad donde se asignen las responsabilidades que en materia de seguridad tiene cada persona en la planta de acuerdo al puesto que desempeña, las responsabilidades de la Comisión Mixta y del departamento de Seguridad. Este reglamento debe incluir las obligaciones de proveedores, contratistas y otras personas que tengan que realizar algunas actividades dentro de la empresa, como el permiso para realizar trabajos de Corte y Soldadura que se presentan en la figura 30a y 30b (anverso y reverso) que deberá ser leído y firmado por los contratistas externos que pretendan realizar ese tipo de labores dentro de la planta.
- c) Desarrollar procedimientos de seguridad que incluyan simulacros de desalojo de planta y periodicidad, sistemas de supervisión, formas control, etc.

PERMISO PARA TRABAJOS DE CORTE Y SOLDADURA

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

FECHA:	RESPONSABLE DEL PERMISO	RESPONSABLE DEL TRABAJO	
EJECUTANTES:			
TIPO DE TRABAJO:	LUGAR EXACTO:	FECHA DE TRABAJO:	HORARIO DE TRABAJO

CONDICIONES DEL PERMISO

VERIFICAR SI YA SE ADOPTARON LAS MEDIDAS ANTES DE LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO (VER AL REVERSO DE LA HOJA) ANTES DE EXTENDER EL PERMISO:

EL RESPONSABLE SE COMPROMETE A CUMPLIR CON LAS MEDIDAS DURANTE Y DESPUÉS DE LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO, ASÍ COMO LAS NECESARIAS EN CASO DE ACCIDENTE (VER AL REVERSO DE LA HOJA).

NOMBRE:

FIRMA:

EN EL MOMENTO DE LA EXTENSIÓN DEL PERMISO VERIFICAR SI YA SE AVISÓ A LOS SIGUIENTES RESPONSABLES

JEFE DE SEGURIDAD:	JEFE DE BRIGADA:	JEFE DE BOMBEROS:
--------------------	------------------	-------------------

UNA VEZ FINALIZADO EL TRABAJO AVISAR A LOS SIGUIENTES RESPONSABLES

JEFE DE SEGURIDAD	JEFE DE BRIGADA:	JEFE DE BOMBEROS:	VIGILANTE NOCTURNO
-------------------	------------------	-------------------	--------------------

LA VIGILANCIA POSTERIOR A LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO SERÁ EJECUTADA POR:

PERÍODO INICIAL (1 HR):

PERÍODO POSTERIOR (23 HR):

NOMBRE DEL RESPONSABLE:

FIRMA:

FIGURA 30a.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN

ANTES DEL TRABAJO

- Determinar los materiales combustibles existentes en la zona
- Precisar si el trabajo puede ser realizado en un lugar más seguro
- Despejar la zona de los materiales combustibles de la siguiente manera:
 - a) Trasladar los productos sólidos, líquidos y gases inflamables a 10 m de distancia como mínimo
 - b) Levantar el aislamiento combustibles de las conducciones de la pieza a trabajar
 - c) Emplear si es necesario analizadores de gases para comprobar la inexistencia de vapores o gases inflamables
 - d) Eliminar residuos (Aceites, grasas, residuos de pintura del suelo y elementos constructivos cercanos
- Proteger los materiales combustibles que no es posible trasladar
 - a) Cubrir los productos con lonas y pantallas no combustibles
 - b) Cerciorarse de que las chispas de soldadura no puedan alcanzar los productos
- Cubrir todos los huecos, rendijas y grietas en el suelo, paredes o techos, con materiales no combustibles en un radio de 10 m
- Evitar la conducción de calor por las tuberías o elementos metálicos en que se vaya a realizar el trabajo
 - a) Alejar los materiales combustibles de las conducciones
 - b) Refrigerar las conducciones durante el trabajo
- Antes de introducir el equipo de trabajo, comprobar su perfecto estado de

mantenimiento y funcionamiento.

- Disponer los medios de extinción adecuados al riesgo presente (mínimo, un extintor de agua pulverizada).

DURANTE EL TRABAJO

- Un operario debe vigilar las operaciones, dispuesto a intervenir con los medios de extinción
- El soplete o electrodo debe manejarse de forma que las chispas tengan el menor alcance posible
- No debe trabajarse en las proximidades de las botellas de gas, evitando que las chispas les alcancen
 - Debe vigilarse constantemente:
 - a) La proyección de chispas y su efecto
 - b) La transmisión de calor por elementos metálicos.
 - c) El alcance de la llama.
- En caso necesario, debe procederse a la refrigeración de las conducciones y elementos metálicos afectados
- Las puntas de electrodos deben depositarse en un recipiente con agua o arena.

DESPUÉS DEL TRABAJO

- Deben refrigerarse los elementos calentados, durante el trabajo (u observar su enfriamiento hasta la temperatura normal).
- Debe hacerse una inspección minuciosa de:
 - a) El local de trabajo
 - b) Los locales adyacentes
 - c) Los puntos alcanzados por las proyecciones de las partículas incandescentes

- Debe establecerse una inspección continua, al menos durante una hora después de concluido el trabajo (numerosos incendios, mantendos en estado latente, no se han declarado hasta horas después de finalizadas las operaciones) La vigilancia intermitente debe continuar hasta el día siguiente

EN CASO DE ACCIDENTE.

En caso de retroceso de llama:

- Cerrar las válvulas de las botellas.
- Refrigerar la boquilla del soplete sumergiéndolo, con precauciones, en agua
- Limpiar la boquilla.

En caso de sobrecalentamiento anormal de una boquilla de acetileno:

- Cerrar la válvula.
- Aislar la botella.
- Refrigerarla con agua abundante.
- No abrir la válvula para que baje la presión.
- Avisar inmediatamente a los bomberos.

Si se descubre una botella de acetileno sobrecalentada, que ha estado sometida a la acción de una llama durante un tiempo indeterminado:

- Evacuarse rápidamente el entorno, sin intentar cerrar la válvula (si es que está abierta)
- Llamar a los bomberos
- Resguardarse tras un parapeto sólido.
- Si es posible, desde un lugar seguro, intentar la extinción de la llama y la refrigeración de la botella con agua abundante
- No aproximarse a la botella en tanto que el agua se vaporice a su contacto
- Cuando haya cesado la vaporización, puede realizarse el acercamiento, el cierre de la válvula (si es posible) y completar el enfriamiento

FIGURA 30b.

5. Mantenimiento.

Como se mencionó anteriormente, es prioritario implementar un programa de mantenimiento preventivo, por lo que siguiendo lo establecido en el punto 2 del Capítulo II, habrá que definir lo siguiente:

- Qué debe inspeccionarse.
- Con qué frecuencia debe inspeccionarse.
- A qué debe darse servicio.
- Con qué frecuencia o periodicidad debe darse servicio.
- A qué componentes debe asignarse una vida útil.
- Cuánto debe ser la vida útil de esos componentes.

En base al análisis de los puntos anteriores, se generará un listado de todos los equipos y demás elementos que requieren mantenimiento, con agendas de trabajo por cada máquina, definiendo fechas para trabajos de lubricación, limpieza, ajuste y mantenimiento mayor. En la Figura 31 se muestra una Orden de Trabajo ("OT") para un mantenimiento preventivo de un compresor.

Por otro lado, el área de Mantenimiento deberá apoyar a Seguridad y Proyectos en la ejecución de sus labores, como por ejemplo, instalar soportes de extinguidores, pintar líneas amarillas delimitando áreas, etc. Considerando el tipo de trabajos que se requieren para la reubicación de los compresores y del cargador de baterías, tales como cableado, desmontaje y remontaje, el departamento de Proyectos puede prescindir de la contratación de una compañía externa, apoyándose en Mantenimiento para esta función, una vez que un contratista haya concluido la obra civil (cimentación, muros, etc.); así pues, en la Figura 32 se incluye una orden de trabajo (OT) donde se contemplan las actividades que el departamento de Mantenimiento debe realizar para la reubicación del área de recarga de baterías, conforme a lo planeado por el departamento de proyectos.

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		O.T. No.	732
TÍTULO: <u>Mantenimiento preventivo del Compresor No. 1</u>		PRIORIDAD:	<u>2</u>
PROPÓSITO: <u>Optimizar la distribución de la planta</u>		DEPTO.:	<u>Casa de fuerza</u>
SOLICITÓ:	NOMBRE	DEPARTAMENTO	FECHA
PREPARÓ:	<u>Sr. Victor Justo</u>	<u>Casa de Fuerza</u>	<u>10 Ene. 95</u>
APROBÓ:	<u>Ing. Rodrigo Villanueva</u>	<u>Mantenimiento</u>	<u>11 Ene. 95</u>
	<u>M.I. Fernando Sánchez</u>	<u>Gciu. Ing. Planta</u>	<u>11 Ene. 95</u>
CARGAR A CUENTA No.: <u>042-013-00</u>		COSTO ESTIMADO:	
RESPONSABLE DE EJECUTAR: <u>Andrés Torres - Mecánico</u>		Mano de obra:	<u>N\$ 7.000</u>
		Gastos:	
		Material en existencia:	<u>N\$ 500</u>
		Material a comprar:	<u>N\$ 500</u>
		Flete:	
		Impuestos:	
FECHA DE ENTREGA: <u>25 Ene. 94</u>		Contrato externo:	
		TOTAL:	<u>N\$ 8.000</u>
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	Mano de Obra	Material
1	<i>Reemplazar los baleros del eje, según secuencia de trabajo No. COMP-003</i>	<i>N\$ 1.200</i>	<i>N\$ 300</i>
2	<i>Rectificar Camisas según secuencia de trabajo No. COMP-011</i>	<i>N\$ 3.000</i>	<i>N\$ 50</i>
3	<i>Reemplazar mangueras de alimentación de aceite y empaques, según secuencia de trabajo No. COMP-008</i>	<i>N\$ 300</i>	<i>N\$ 250</i>
4	<i>Ajuste de balanceo según secuencia de trabajo No. COMP-005</i>	<i>N\$ 2.000</i>	<i>N\$ 100</i>
5	<i>Pintura de carcasa, pintura de esmalte verde (según color original)</i>	<i>N\$ 500</i>	<i>N\$ 300</i>
6			
OBSERVACIONES.			

FIGURA 31

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		O.T. No.	824
TÍTULO: <u>Reubicación del cargador de baterías</u>		PRIORIDAD:	<u>2</u>
PROPÓSITO: <u>Optimizar la distribución de la planta</u>		DEPTO.:	<u>Manejo de Mat.</u>
NOMBRE		DEPARTAMENTO	FECHA
<u>Ing. José Zárate</u>		<u>Proyectos</u>	<u>02 Ene. 95</u>
PREPARÓ: <u>Ing. Rodrigo Villanueva</u>		<u>Mantenimiento</u>	<u>04 Ene. 95</u>
APROBÓ: <u>M.I. Fernando Sánchez</u>		<u>Gcia. Ing. Planta</u>	<u>04 Ene. 95</u>
CARGAR A CUENTA No.: <u>020-010-00</u>		COSTO ESTIMADO:	
RESPONSABLE DE EJECUTAR: <u>Juan de Dios Alemán - Electricista</u> <u>Otón Córdova - Mantenimiento civil</u>		Mano de obra:	<u>NS 4.950</u>
		Gastos:	
		Material en existencia:	<u>NS 800</u>
		Material a comprar:	<u>NS 6.900</u>
		Flete:	
		Impuestos:	
FECHA DE ENTREGA: <u>13 Ene 94</u>		Contrato externo:	
		TOTAL:	<u>NS12.650</u>
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	Mano de Obra	Material
1	<i>Colocar soportes y ductos para cableado de la subestación a la nueva ubicación conforme al plano RECBAT-001</i>	NS 1.200	NS 6.000
2	<i>Instalar cableado dentro de los ductos mencionados en 1</i>	NS 2.800	NS 1.500
3	<i>Colocar cerca de malla ciclónica en la nueva área de recarga</i>	NS 300	NS 200
4	<i>Desmontar equipo de recarga del área de embarque y montarla en nueva ubicación</i>	NS 250	NS 0
5	<i>Realizar conexiones para alimentar el equipo de recarga en nueva ubicación</i>	NS 250	NS 0
6	<i>Limpiar y acondicionar área de embarque</i>	NS 100	NS 0
OBSERVACIONES.			
<u>Verificar que la alimentación del equipo sea a partir de las mismas terminales antiguas para no desbalancear el circuito.</u>			

FIGURA 32

6. Proyectos.

Al área de Proyectos le corresponde definir la redistribución de la planta, haciendo todo el estudio correspondiente a la nueva ubicación de los compresores y equipo de recarga de baterías; así por ejemplo, el proyecto puede consistir en ubicar los compresores en el área donde se localizan las calderas, para constituir una "Casa de Fuerza"; por otro lado, puede desocuparse una de las bodegas que se encuentran invadidas por materiales diversos de desecho, para ubicar la recarga de baterías, y en caso de aprobarse la instalación de la red de hidrantes, también podrán instalarse las bombas contra incendio en virtud de la cercanía que tendrían con la cisterna que se construiría en el estacionamiento, que es el área más viable, ya que durante la obra no se afectaría la operación normal de la planta.

Ya se mencionó anteriormente que el personal de Mantenimiento puede realizar los trabajos de reubicación de equipos de acuerdo al estudio del departamento de Proyectos. Para ejemplificar el desarrollo de un proyecto, siguiendo los pasos descritos en el Capítulo III, se expondrá a continuación la otra parte de la tarea que fue asignada a Proyectos: el proyecto de instalación de la red de hidrantes. Es importante mencionar que existen empresas especializadas en el diseño e instalación de redes contra incendio, sin embargo no es suficiente con que el departamento de Compras realice una serie de cotizaciones con diferentes empresas, ya que cada empresa propondrá esquemas totalmente distintos, por lo que es necesario que el área de proyectos desarrolle el anteproyecto de un esquema básico que satisfaga los requerimientos de la Dirección.

A continuación se presenta de manera resumida el desarrollo que realiza el departamento de proyectos:

a) Identificación de las necesidades existentes y definición del problema.

En este caso el planteamiento de las necesidades vino directamente de la Dirección: Proporcionar una protección adecuada de la planta, lograr un substancial descuento en las primas de seguros, todo esto al costo óptimo.

b) Acumulación de Información.

Contactando a las compañías aseguradoras, empresas especializadas en redes de hidrantes y bibliografía al respecto, se obtiene lo siguiente:

Para un giro textil, el principal fuego que puede presentarse es el de "Clase A", que para su extinción requiere el uso de grandes cantidades de agua. Para esto, existen tres tamaños de hidrantes:

- Chicos: con mangueras de 1 1/2" de diámetro.
- Medianos: con mangueras de 2" de diámetro.
- Grandes: con mangueras de 2 1/2" de diámetro.

La distribución de los gabinetes de hidrantes deberá ser de tal forma que el chiflón de su manguera pueda llegar hasta 6 metros tratándose de hidrantes chicos o medianos, y hasta 10 metros para hidrantes grandes, desde cualquier punto del área que protege y descargar así su chorro en el incendio. Con este dato puede definirse el número de gabinetes y su ubicación, considerando que cada manguera tiene una longitud de 30 metros, por lo que el radio de acción de cada hidrante será de 36 metros para los chicos y medianos y 40 metros para los grandes.

Algunos requerimientos técnicos para cada tipo de hidrantes son los siguientes:

Concepto	Chicos	Medianos	Grandes
Diámetro de tuberías matrices (que alimentan dos o más hidrantes):	2 1/2"	3 "	4"
Diámetro de tuberías ramales (que alimentan a un solo hidrante):	2 "	2 1/2"	3"
Presión de agua mínima en cualquier punto:	50 psi	50 psi	50 psi
Volumen de agua. Debe ser suficiente para alimentar dos hidrantes simultáneamente durante dos horas a un caudal por minuto y por hidrante de:	140 lt	240 lt	650 lt
Equipo de bomberos (cascos, palas, picos, hachas, impermeables, botas y máscaras) para:	4 hombres	6 hombres	8 hombres

Como dato adicional se obtiene que el descuento directo a la prima del seguro de incendio es el siguiente:

Hidrantes	Doble Fuente	Una Fuente
Chicos:	30.0%	20.0%
Medianos:	32.5%	22.5%
Grandes:	35.0%	25.0%

Entendiéndose por doble fuente el contar con dos bombas automáticas, una eléctrica y otra de combustión interna, y al hablar de una fuente se refiere a una sola bomba de combustión interna o eléctrica si se cuenta con planta de generación de emergencia.

c) Formulación de soluciones.

En este punto el proyectista realiza tres esquemas de redes de hidrantes que contemplan hidrantes chicos, medianos y grandes, definiendo una factible ubicación de gabinetes, requerimiento de tuberías y capacidad de cisterna. En la Figura 33 se observa el plano de la planta con la distribución propuesta para los de hidrantes chicos. Se puede observar que en esta propuesta se requiere un total de 6 gabinetes de mangueras.

d) Análisis de soluciones.

Al analizar los tres posibles tamaños de mangueras, se observa que para el tamaño de la empresa y volumen de mercancías que maneja, basta con los hidrantes chicos para una adecuada protección.

Por otro lado, la instalación de hidrantes mayores requiere entre otras cosas una cisterna más grande, tubería de mayor diámetro, equipo de bombeo de mayor potencia y una brigada contra incendio con mayor número de hombres debidamente equipados. Así pues, la diferencia en costo de la instalación de hidrantes chicos a la de hidrantes medianos no se ve compensada con un sustancial incremento de protección ni con un redituable descuento en primas de seguros.

Con estos elementos, se determina trabajar con hidrantes chicos.

e) Optimización de soluciones.

Debido a que en esta etapa del proyecto solo queda una alternativa viable, no se aplicarán las técnicas de optimización para elegir alguna opción. Podrían aplicarse técnicas para encontrar una distribución óptima que requiera por ejemplo la menor

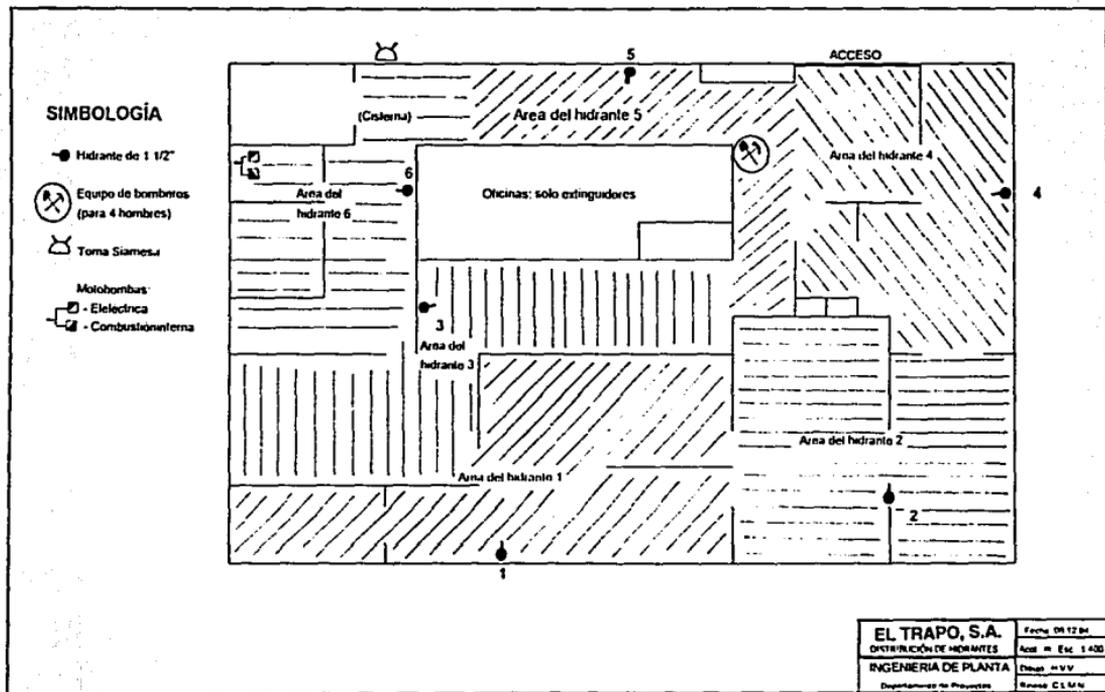


FIGURA 33

cantidad de tuberías, que tenga la menor cantidad de codos, té s y otros elementos que produzcan pérdida de presión, etc. Sin embargo, no se desarrolla en este trabajo en virtud de que el diseño real correrá a cargo de algún contratista externo.

f) Anteproyecto.

Con el objeto de dar una idea confiable de la cantidad de tubería necesaria, capacidad de cisterna a construir y potencia del equipo de bombeo requerido, para determinar el costo estimado del proyecto, el ingeniero de proyectos procede a realizar un cálculo somero de la red:

1) Requerimiento de tubería, válvulas, codos y té s. Se realiza un dibujo isométrico (Figura 34) para ver de manera gráfica la longitud necesaria de "tubería matriz" de 2 1/2" y "tubería ramal" de 2", codos, té s y válvulas, obteniendo lo siguiente:

Tubería de 2 1/2":	160 metros + 10% margen = 176 metros
Tubería de 2":	145 metros + 10% margen = 160 metros
Codos 90° 2 1/2":	1
Té s de 2 1/2":	6
Codos 90° 2":	12
Té s de 2":	0
Acoplamiento 2 1/2" a 2":	6
Válvulas de globo de 2 1/2":	3
Válvulas de globo de 2":	7

Esta lista de materiales, incluyendo empaques tiene un costo aproximado de N\$9,500.00 y para su instalación se requiere N\$ 13,000.00 de mano de obra.

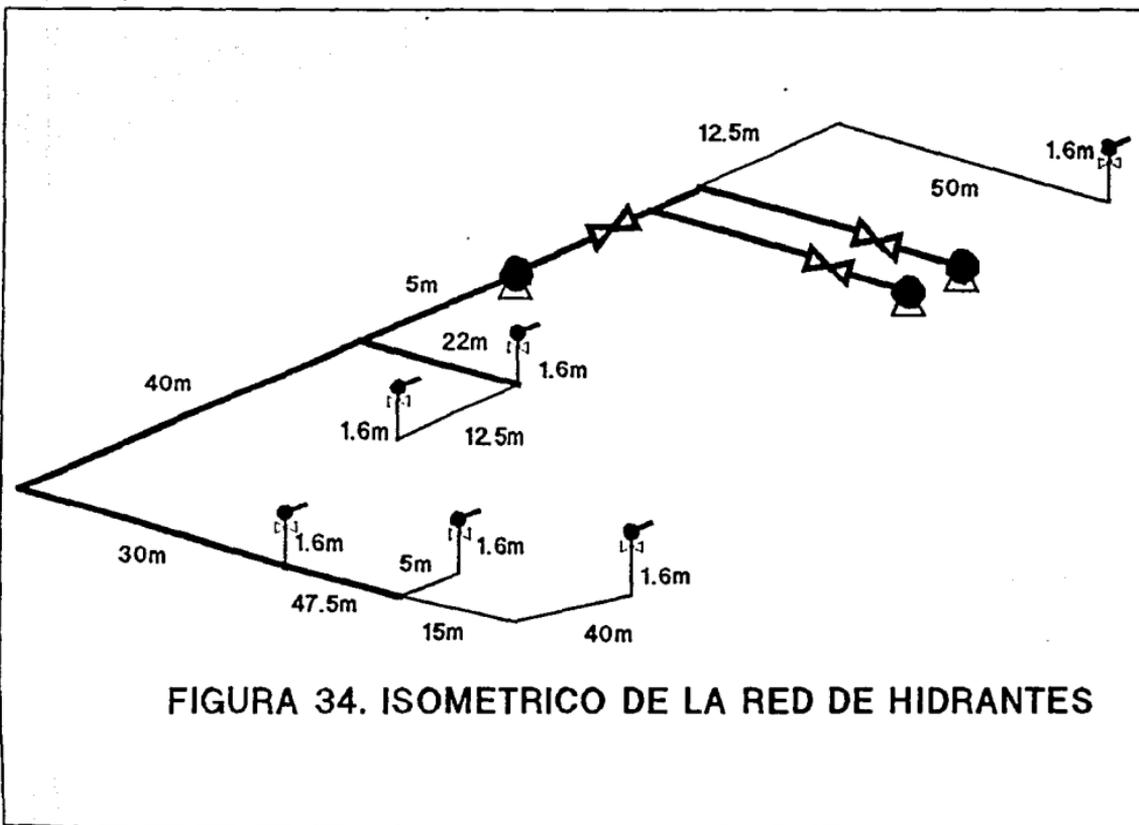


FIGURA 34. ISOMETRICO DE LA RED DE HIDRANTES

2) Cisterna - Reserva contra incendio:

De acuerdo a la información recopilada, se requiere un volumen de agua para alimentar dos hidrantes durante dos horas con un caudal de 140 litros por minuto en cada manguera, por lo que el volumen mínimo es:

$$140 \text{ l/min.} \times 120 \text{ min.} \times 2 \text{ hidrantes} = 33,600 \text{ litros}$$

Es decir que se requiere una cisterna de aproximadamente 35 metros cúbicos; el costo de construcción de una cisterna de esta capacidad es de aproximadamente N\$37,500.00.

3) Gabinetes de mangueras y toma siamesa.

Los seis gabinetes de 50 cm x 75 cm x 17 cm con sus respectivas mangueras de 30 metros, incluyendo, válvulas, boqueres, acoplamiento, etc. junto con tres mangueras de repuesto, y la toma siamesa con su válvula de no retorno y tubería hacia la cisterna, se cotizó ya instalado en N\$ 12,000.

4) Bombas.

Se requieren dos bombas principales automáticas, una de combustión interna y otra eléctrica, y una bomba pequeña "jockey" para mantener la presión y evitar que se enciendan continuamente las bombas grandes en caídas de presión pequeñas.

Para definir el tamaño de las bombas principales se realiza un cálculo hidráulico de la potencia de la siguiente manera:

a) Gasto Volumétrico:

$$Q = 2 \text{ hidrantes} \times 140 \text{ l/min.}$$

$$Q = 280 \text{ l/min.}$$

$$Q = 74 \text{ G.P.M.}$$

b) Gravedad Especifica:

$$gr.esp. = \frac{\rho_{\text{fluido a temp. operación } 28^{\circ}\text{C}}}{62.4}$$

$$\rho = 62.128 \text{ lb/ft}^3$$

$$gr.esp. = 0.996$$

c) Velocidad Real:

$$V_r \text{ (ft /seg)} = \frac{0.0509 \text{ m(lb/hr)}}{DI^2(\text{in}^2) \rho(\text{lb/ft}^3)}$$

No se tiene como dato la masa volumétrica, así que a continuación se obtiene:

$$m = Q \text{ (gpm)} \times 500 \times gr. \text{ esp.}$$

$$m = 74 \text{ gpm} \times 500 \times 0.996 = 36852 \text{ lb/hr}$$

De Tablas se obtiene el diámetro Interior, con los datos de diámetro y el no. de cédula para el acero:

Para un diámetro de 2" DI= 2.067 in.

Para un diámetro de 2 1/5" DI= 2.469 in.

$$V_{r_{2''}} = \frac{0.0509(36852 \text{ lb/hr})}{(2.067 \text{ in})^2 (62.128 \text{ lb/ft}^3)} = 7.060 \text{ ft/seg}$$

$$V_{r_{2 \frac{1}{2}''}} = \frac{0.0509(36852 \text{ lb/hr})}{(2.469 \text{ in})^2 (62.128 \text{ lb/ft}^3)} = 4.953 \text{ ft/seg}$$

d) No de Reynolds:

$$Re = \frac{DI \text{ (in)} 3600 V(\text{ft/seg}) \rho(\text{lb/ft}^3)}{\mu \text{ (lb/hr-ft)}}$$

De tablas se tiene:

$$\mu = 2.4169 \text{ lb/ft-hr}$$

$$Re_{2''} = \frac{(2.067 \text{ in})(3,600)(7.06 \text{ ft/seg})(62.128 \text{ lb/ft}^3)}{(2.4169 \text{ lb/ft-hr})} = 1'350,443$$

$$Re_{2.125''} = \frac{(2.469 \text{ in})(3,600)(4.953 \text{ ft/seg})(62.128 \text{ lb/ft}^3)}{(2.4169 \text{ lb/ft-hr})} = 1'131,672$$

Cuando $10^6 < Re < \infty$ Se trata de un flujo turbulento

e) Factor de Fricción:

Para obtener el factor de fricción se necesita como datos el diámetro interior (DI), rugosidad constante (ϵ / D) y el número Reynolds (Re).

Para el acero comercial: $\epsilon = 0.00015 \text{ ft}$.

$$\epsilon / D_{2''} = \frac{0.00015 \text{ ft}}{2/12 \text{ ft}} = 0.0009$$

$$\epsilon / D_{2.125''} = \frac{0.00015 \text{ ft}}{2.5/12 \text{ ft}} = 0.00072$$

Con los valores obtenidos, utilizando el diagrama de Moody, se encuentra el factor de fricción para los dos diámetros nominales de tubería que utilizará la red de hidrantes:

$$f_{2''} = 0.019$$

$$f_{2.125''} = 0.018$$

f) Caída de Presión por cada 100 ft de Tubería: (en flujo turbulento)

$$\Delta P' = \frac{0.000336 f m^2}{Dl^5 \rho}$$

$$\Delta P'_{2"} = \frac{0.000336(0.019)(36,852 \text{ lb/hr})^2}{(2.067 \text{ in})^5(62.128 \text{ lb/ft}^3)} = 3.698 \text{ psi}$$

$$\Delta P'_{2.469"} = \frac{0.000336(0.018)(36,852 \text{ lb/hr})^2}{(2.469 \text{ in})^5(62.128 \text{ lb/ft}^3)} = 1.441 \text{ psi}$$

g) Longitud Total de Tubería al Punto más alejado:

$$L_{TR} 2 \frac{1}{2}" = 123.5 \text{ m} = 405.18 \text{ ft}$$

$$L_{TR} 2" = 56.6 \text{ m} = 185.69 \text{ ft}$$

h) Se tabularán los accesorios para determinar la longitud total equivalente, que se obtiene de tabla de resistencia de válvulas y accesorios al flujo de fluidos⁷.

Accesorio, tubería 2 1/2"	Cant.	Long. Equiv. unitaria	Long. Equiv. total
Tés estándar 2 1/2"	4	4.4 ft	17.6 ft
Té reductora 2 1/2"	1	7.0 ft	7.0 ft
Codo 2 1/2"	1	7.0 ft	7.0 ft
Válvula de globo	2	70.0 ft	140.0 ft
Total (Long. Equivalente en 2 1/2"			171.6 ft

⁷ Manual Crane

Accesorio, tubería de 2"	Cant.	Long. Equip. unitaria	Long. Equiv. total
Codo estándar 2"	3	5.3 ft	15.9 ft
Válvula de globo	1	65.0 ft	65.0 ft
Total (Long. Equivalente en 2 1/2"			80.9 ft

i) Caída de Presión Total:

$$\Delta P(\text{psi}) = \frac{L_{TR} + L_{EQUIV}}{100} \times \Delta P'$$

$$\Delta P(\text{psi}) = \left[\frac{185.69 + 80.9}{100} \times 3.698 \right] + \left[\frac{405.18 + 171.6}{100} \times 1.441 \right]$$

$$\Delta P(\text{psi}) = 18.169 \text{ psi}$$

j) Caída Total de Carga:

$$hfd \text{ (ft-llq.)} = \frac{\Delta P \text{ (psi)} \times 2.31}{\text{gr.esp}}$$

$$hfd = \frac{18.169 \text{ psi} \times 2.31}{0.996} = 42.14 \text{ ft-llq.}$$

k) Carga de la Bomba:

$$Hl \text{ (ft-llq.)} = \frac{Pl \text{ (psi)} \times 2.31}{\text{gr.esp.}} \pm Zi \pm hfi$$

(+) Descarga (-) Succión

Se tiene que la presión atmosférica (Presión de Succión P_s) es 14.696 psi., y el requerimiento de descarga según la información recopilada es una presión manométrica de 50 psi., por lo que la presión absoluta (P_d) es de 64.696 psi.

$$H_s = \frac{14.696 \text{ psi} \times 2.31}{0.996} - 4.92 \text{ ft} - 0 = 29.16 \text{ ft-líqu.}$$

$$H_d = \frac{64.696 \text{ psi} \times 2.31}{0.996} + 19.69 \text{ ft} + 42.14 \text{ ft-líqu.} = 211.87 \text{ ft-líqu.}$$

l) Carga Diferencial de la Bomba:

$$\Delta H = H_d - H_s$$

$$\Delta H = 211.873 \text{ ft-líqu.} - 29.16 \text{ ft-líqu.}$$

$$\Delta H = 182.713 \text{ ft-líqu.}$$

m) Márgenes de Seguridad:

Se afectará el gasto y la carga diferencial con un margen de seguridad del 20%:

$$Q = 74 \text{ g.p.m.} \times 1.2 = 89 \text{ gpm.}$$

$$\Delta H = 182.713 \text{ ft-líqu.} \times 1.2 = 219.256 \text{ ft-líqu.}$$

n) Potencia de la Bomba:

$$BHP = \frac{Q \times \Delta H \times gr.esp.}{3960 \times \eta_{TOTAL}}$$

Consultando proveedores de equipos de bombeo, se considera como una eficiencia de la Bomba: $\eta_{TOTAL} = 78\%$.

$$BHP = \frac{89 \text{ gpm} \times 219.256 \text{ ft-líqu.} \times 0.996}{3960 \times 0.78} = 6.3 \text{ HP (cadabomba)}$$

Bombas Nominales:

Del razonamiento anterior, se ha obtenido que se requiere una bomba que desarrolle un gasto teórico 89 G.P.M., con una potencia de 6.3 HP.

Investigando en el mercado, se tiene que el equipo de bombeo que más se acerca a estos valores, maneja un gasto nominal de 100 G.P.M. y una potencia de 10 HP.

Recordando que se requiere una bomba eléctrica y otra de combustión interna, el costo aproximado de las dos bombas, cada una de 100 G.P.M. y 10 HP., es de N\$ 30,000.00.

5) Bomba "Jockey", costo aproximado de N\$1,000

6) Tablero de control y arranque para las tres bombas (N\$20,000)

7) Gabinete y equipo de bomberos para 4 hombres (cascos, botas, impermeables, hachas) costo aproximado de N\$ 2,000.

g. Aprobación del Proyecto.

Así pues, en base al anteproyecto, se puede presentar ante la Dirección de la empresa un presupuesto de alrededor de N\$125,000, que podrá variar en base a las cotizaciones de diferentes proveedores, pero es un estimado suficientemente confiable.

h. Diseño detallado del sistema y ejecución.

Esta etapa ya no corre a cargo del departamento de Proyectos, debido a que se subcontratará la obra a una empresa externa especializada en redes contra incendio. La labor de Proyectos en esta fase se limitará a la supervisión de las obras y a la coordinación de trabajos que interfieran con las actividades de otros departamentos de la empresa.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

El concepto de "Ingeniería de Planta" consiste en un sistema administrativo para la organización y control de las actividades ingenieriles de soporte a la producción en la industria, como son el mantenimiento, la seguridad industrial y el desarrollo de proyectos. Tales actividades se realizan en todas las fábricas de una u otra forma y en mayor o menor grado, pero como se mencionó en la hipótesis planteada al inicio de este trabajo, hoy por hoy la manera más eficiente es a través de un departamento de Ingeniería de Planta por los siguientes motivos:

- 1) Factibilidad: el tamaño de las industrias no es limitante para el manejo de un departamento de Ingeniería de Planta ya que basta con hacer adecuaciones al organigrama, a la asignación de responsabilidades y definir procedimientos y sistemas de control, para que todas las actividades que involucra la Ingeniería de Planta puedan realizarse óptimamente. Partiendo del principio de que sólo se requiere una adecuación de los recursos existentes, el costo de una implementación a un nivel básico es sumamente bajo.
- 2) Rentabilidad: la implementación del concepto Ingeniería de Planta es redituable al obtenerse beneficios en:
 - Tiempos de respuesta más rápidos en los servicios que presta el departamento, gracias a la perfecta definición de funciones, responsabilidades métodos y procedimientos.
 - Menores tiempos muertos por descomposturas y accidentes, así como disminución en la incidencia de descomposturas y accidentes, lo cual redundará en costos de operación más bajos y mayor productividad.

- Menor costo de materiales y refacciones así como un aprovechamiento más racional de ellos.
- Incremento en la vida útil de los activos de la empresa, por lo que se requieren menores desembolsos para reemplazo de equipo.
- Al tener una estructura especial para el desarrollo de proyectos así como una metodología bien establecida, se logra que la toma de decisiones sea más acertada, siendo el proceso de estudio e implementación más sencillo y económico.
- Desarrollo del personal por los sistemas perfectamente estructurados de capacitación, supervisión y asignación de funciones y responsabilidades.

Un aspecto fundamental para todo departamento de Ingeniería de Planta es el manejo de un sistema de Mantenimiento Preventivo, que con una adecuada programación y control, sirve de base para obtener todas las ventajas que se han mencionado. Por otro lado, manejando el sistema de Mantenimiento Preventivo paralelamente con un correcto registro, se obtiene un historial técnico y estadístico que es una excelente herramienta para afrontar situaciones que sin el costaría mucho tiempo y dinero. Por ejemplo, los registros que se obtienen en el sistema de mantenimiento preventivo son de gran utilidad para el área de proyectos en los estudios de reemplazo de equipos, ampliaciones y reestructuraciones de planta, además de ser de gran utilidad para ir adecuando los procedimientos de reparación y conservación de equipos.

También ha quedado demostrado que es sumamente ventajoso tener el control de Mantenimiento, Proyectos y Seguridad bajo una misma gerencia, en virtud de que existe una gran interdependencia entre las actividades de cada uno de esos departamentos, por lo que se simplifica la operación, agilizando el apoyo que cada

uno brinda a los otros.

Finalmente, se ha visto en esta Tesis, que es más conveniente que la responsabilidad de Seguridad Industrial sea asignada a la Gerencia de Ingeniería de Planta que a otros departamentos tales como relaciones industriales o recursos humanos, ya que es el área idónea para ver la Seguridad desde una perspectiva técnica, por lo que se pueden plantear soluciones utilizando técnicas ingenieriles, incluyendo la ingeniería económica, a las cuestiones de protección y seguridad de la planta, además de que la implementación de nuevos sistemas de seguridad constituyen proyectos por lo que requiere del apoyo de las áreas que se definieron como básicas en el departamento de Ingeniería de Planta: proyectos durante el análisis, y mantenimiento en la ejecución.

BIBLIOGRAFIA

1. Grimaldi/Simonds "LA SEGURIDAD INDUSTRIAL", Compañía Editorial Alfaomega, 2ª edición, México, 1993.
2. Corzo Miguel Angel "INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE PROYECTOS", Compañía Editorial Limusa, México, 1994.
3. Tavera Barquín Jesús "ADMINISTRACIÓN EN LA SEGURIDAD INDUSTRIAL", Compañía Editorial Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad A.C., México, 1984.
4. Hillier/Lieberman "INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES", Compañía Editorial Mc Graw Hill, 3ª ed. en inglés (1ª ed. en español), México, 1985.
5. Coss Bu "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN", Compañía Editorial Limusa, 2ª edición, México, 1994.
6. Leland Blank/Anthony Tarquin "INGENIERÍA ECONÓMICA", Compañía Editorial Mac Graw Hill, 2ª edición, Colombia, 1985.
7. L.C. Morrow "MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL", Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. (C.E.C.S.A.), México, 1987.
8. Alejandro Garrido/José E. Ocampo "ADMINISTRACIÓN, CONTABILIDAD Y COSTOS", Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. (C.E.C.S.A.), México, 1986.

9. Theodore Baumeister/Eugene A. Avallone/Theodore Baumeister III "MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO", Compañía Editorial Mc Graw Hill, 8a edición en inglés (2a. edición en español), México, 1989.
10. William Porri/John Litton "MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA", Compañía Editorial Editia Mexicana S.A., México, 1984.
11. Torbjorn Rasmussen (Scanflex) "APUNTES DE LA PLÁTICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO", Grupo Nacional Provincial, México, 1994.
12. Gabriel Cuevas Iglesias "PROGRAMA DE BECARIOS PREVENCIÓN DE RIESGOS", Seguros La Provincial S.A., México, 1989.
13. Lourdes Mendoza/Ignacio Garcia San Pedro "INCENDIO, PREVENCIÓN DE RIESGOS", Seguros La Provincial S.A., México, 1988.
14. Ismael Campos Rodriguez (ITSEMAP México, S.A.) "APUNTES DE LA PLÁTICA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN TRABAJOS DE SOLDADURA", Grupo Nacional Provincial, México, 1994.
15. Manual de Incendio, Grupo Nacional Provincial, México, 1991.