



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO*

UNAM UNAM

UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM UNAM

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“Mantenimiento y Protección contra la Corrosión en
Tanques, Recipientes, Equipos y Líneas de Tubería”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

P R E S E N T A N:

MIRANDA VARGAS RODRIGO

QUIROZ CARDENAS YANETT

ASESOR: ARIEL SAMUEL BAUTISTA SALGADO

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

Índice

Capítulo	Tema	Página
1	Introducción	1
1.1	Antecedentes	1
1.1.1	Conceptos básicos del mantenimiento	2
1.2	Servicios del mantenimiento industrial	3
1.2.1	Objetivos del mantenimiento	3
1.3	Breve historia de la organización del mantenimiento	4
1.4	Criterios de gestión del mantenimiento	5
1.4.1	Estándares del mantenimiento	5
1.5	Tipos de mantenimiento	6
1.5.1	Mantenimiento para usuario	6
1.5.2	Mantenimiento productivo total	6
1.5.3	Mantenimiento correctivo	7
1.5.4	Mantenimiento preventivo	8
1.5.5	Mantenimiento predictivo	11
1.6	Enfoque global acerca del mantenimiento productivo total	12
1.7	Actividades del mantenimiento	16
1.8	Instauración de un programa de mantenimiento preventivo	19
1.9	Inspección	20
1.9.1	Conceptos básicos para la inspección	22
1.10	Lubricación	22
1.10.1	Control de lubricación	23
1.10.2	Generalidades	24
1.10.3	Métodos de lubricación	24
2	Corrosión y ambientes corrosivos	26
2.1	¿Qué es la corrosión?	26
2.2	Historia de la corrosión en la industria	26
2.3	Tipos de corrosión	28
2.4	Mecanismos de corrosión	29
2.4.1	Corrosión electroquímica o polarizada	29
2.4.2	Corrosión por oxígeno	29
2.4.3	Corrosión microbiológica	30
2.4.4	Corrosión por presiones parciales de oxígeno	31
2.4.5	Corrosión galvánica	31
2.4.6	Corrosión por actividad salina diferenciada	31
2.5	Aproximación de la corrosión a los metales	31
2.6	Condiciones ambientales normalmente encontradas en una planta química	32
2.6.1	Ataque mecánico	33
2.6.2	Ataque natural	33
2.6.3	Ataque químico	34
2.7	Naturaleza electroquímica de la corrosión	34
2.8	Termodinámica de los procesos de corrosión	35
2.8.1	Equilibrio termodinámico para una reacción	36
2.8.2	Diagrama de Pourbaix	37
2.9	Ensayos de exposiciones a variaciones cíclicas de la temperatura	39

2.9	Ensayos de exposiciones a variaciones cíclicas de la temperatura en la atmósfera húmeda y en la atmósfera seca.	39
2.10	Determinación de la velocidad de corrosión	40
2.10.1	Potencial de corrosión	40
2.10.2	Potencial redox	40
2.10.3	Resistencia a la polarización	41
2.10.4	Método de extrapolación de Tafel	41
2.11	Protección contra la corrosión	42
2.11.1	Protección catódica	45
2.11.1.1	Sistemas de protección catódica	46
2.11.2	Protección anódica	49
2.12	Inhibidores de corrosión	50
2.12.1	Clasificación de los inhibidores	50
2.12.2	Compatibilidad entre inhibidores inyectados con los materiales de la instalación.	54
2.12.3	Selección de inhibidores de corrosión	55
2.13	Recubrimientos	56
2.13.1	Recubrimientos metálicos	56
2.13.2	Recubrimientos inorgánicos	57
2.13.3	Recubrimientos orgánicos	59
2.14	Acciones para la rápida detección de la corrosión	59
3	Descripción de fallas, mantenimiento y protección contra la corrosión en Tanques, Recipientes, Equipos y Líneas de Tubería	60
3.1	Fallas	60
3.2	Pérdidas de productividad debido a las fallas en equipos.	63
3.2.1	Pérdidas crónicas y defectos ocultos	66
3.2.2	Reducción de pérdidas crónicas y defectos ocultos	68
3.2.3	Eliminación de las seis grandes pérdidas	69
3.3	Preparación para el mantenimiento	72
3.4	Mantenimiento a equipo auxiliar y de servicio	73
3.4.1	Mantenimiento y prevención contra la corrosión en Tanques y Recipientes	73
3.4.2	Mantenimiento y prevención contra la corrosión en Líneas de Tubería	76
3.4.3	Mantenimiento y prevención contra la corrosión en Sistemas de Aire Acondicionado	81
3.4.4	Mantenimiento y prevención contra la corrosión en Calderas	83
3.4.5	Mantenimiento y prevención contra la corrosión en Intercambiadores de Calor	88
3.4.6	Mantenimiento y prevención contra la corrosión en Torres de Enfriamiento	90
3.5	Importancia de la prevención contra la corrosión en Tanques, Recipientes, Equipos y Líneas de Tubería	94
3.6	Pruebas de aceptación de laboratorio	96
3.7	Aislamiento del equipo a prevenir	97
3.7.1	Fallas en el aislamiento	97
3.8	Identificación	99
3.9	Eliminación de riesgos	100
3.10	Incumplimiento de los procedimientos	100

4	Características del manual de mantenimiento	102
4.1	Definición del manual de mantenimiento	102
4.1.1	Manuales de organización	104
4.1.2	Manuales de partes	104
4.2	Manual de mantenimiento	104
4.3	Objetivos	105
4.4	Inspección general y revisión por intervalos de tiempo	107
4.5	Campo de aplicación	108
4.5.1	Responsabilidades del mantenimiento	108
4.6	Adiestramiento	110
4.6.1	Principales temas del adiestramiento	111
4.7	Recursos	113
4.8	Programa de reconstrucción	114
4.9	Control	116
4.9.1	Control de bienes físicos	116
4.9.2	Control de trabajo	117
4.10	Ordenes de trabajo	118
4.10.1	Objetivos	118
4.10.2	Orden de trabajo externo	119
4.11	Planeación	120
4.11.1	Planeación del mantenimiento	121
4.12	Programación	123
4.13	Organización	127
4.14	Dirección	128
4.15	Concordancia con las Normas Oficiales Mexicanas	129
4.15.1	Índice RIME	129
4.16	Industrias de la nueva generación	131
5	Equipo de Seguridad Personal para la Realización de Trabajos de Mantenimiento	132
5.1	Clasificación del equipo de seguridad personal.	133
5.2	Protección para cabeza.	133
5.2.1	Cascos de seguridad.	133
5.2.2	Clasificación de cascos.	134
5.2.3	Recomendaciones.	135
5.3	Protección auditiva.	135
5.3.1	Tapones desechables.	136
5.3.2	Protección del oído tipo diadema.	137
5.3.3	Recomendaciones.	137
5.4	Protección ocular.	138
5.4.1	Lentes de seguridad.	138
5.4.2	Recomendaciones.	139
5.5	Protección para el rostro.	140
5.6	Protección respiratoria.	140
5.6.1	Tamaño y material del equipo.	141
5.7	Protección de manos pies y espalda.	142
5.7.1	Guantes.	142
5.7.2	Ejemplos de tipos de guantes que se utilizan en mantenimiento y construcción.	143

5.7.3	Zapatos de seguridad.	143
5.7.4	Cinturón con soporte lumbar.	145
5.7.5	Ropa protectora.	146
5.8	Equipos auxiliares.	147
5.8.1	Impermeables.	147
5.8.2	Bota de hule para trabajos personales.	147
5.8.3	Arnés.	148
	Conclusiones	149
	Bibliografía	152

Objetivos:

Elaboración de un Manual de Mantenimiento Preventivo y Predictivo para Equipos y Líneas de Tuberías para Plantas Químicas de Acuerdo a un Tipo de Equipo Específico

Prevenir la Corrosión en Equipos y Líneas de Tuberías Instalados en Plantas Químicas

Seleccionar el Método de Protección contra la Corrosión en un Equipo Específico de Acuerdo a la Ubicación de la Planta, Costo, Viabilidad y Técnica de Aplicación.

Alcance:

Este proyecto estará desarrollado para prevenir la corrosión en equipos, recipientes, tanques y líneas de tuberías, mediante el mantenimiento correctivo y preventivo en plantas químicas. El manual de mantenimiento será un apoyo para eficientar la operación de los procesos, aumentar la seguridad en la operación de los equipos, disminuir la contaminación de los productos terminados y problemas comunes que se tienen cuando se realiza un mantenimiento deficiente; en base a una descripción generalizada por tipo de equipo.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Dentro de la historia de la tecnología, cuyo comienzo es bastante incierto, puede decirse que desde el tallado de la piedra y el aprovechamiento del fuego, existen dos etapas perfectamente definidas, cuyo estudio es de particular interés para la ingeniería. Dichas etapas son conocidas como la primera y segunda Revolución Industrial. El inicio de la primera revolución industrial se sitúa en forma aproximada en el año 1760 y tuvo lugar en Inglaterra, en la cual se sustituía la fuerza del hombre y de los animales, por la fuerza de las máquinas. La segunda revolución industrial acaba de comenzar hace pocos años y su causa fundamental ha sido el desarrollo de máquinas complejas que van sustituyendo a ritmo acelerado el trabajo cerebral del hombre, abriendo paso a la automatización, con las repercusiones que está ocasiona en cuanto al tema social, político, y principalmente económico.⁽¹¹⁾

En ambas revoluciones se hace constante la aparición de nuevas tecnologías, surgiendo así la necesidad de mantener en estado funcional la planta y/o empresa mediante el constante monitoreo de dichas tecnologías, con lo cual, se da inicio al mantenimiento como base fundamental para el buen funcionamiento de estas tecnologías y a su vez de las plantas, empresas y/o fábricas. Estas repercusiones nos han obligado a avanzar es el campo de los estudios de la ingeniería, pues gracias a ellas han surgido diversas áreas de especialización. Con el fin de proporcionar una definición satisfactoria, podemos decir que la ingeniería del mantenimiento es aquella que se ocupa de los problemas de conservación de los bienes materiales de una empresa, tales como: infraestructura, equipos, maquinaria y herramientas. Todo esto se debe realizar para que éstos bienes estén en condiciones óptimas de operación y servicio, tomando en cuenta la situación económica por la que atraviesa la empresa para efectuar el mantenimiento al menor costo posible con el fin de alcanzar mayor desarrollo y aprovechar al máximo los cada vez más escasos recursos existentes.⁽¹¹⁾

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia. Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar una empresa, que implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados. Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de

un producto o servicio, esta visión primaria lleva a una empresa a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de la producción. El mantenimiento fue "un problema" que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.⁽¹⁾

Ahora bien, ¿cuál es la participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de una empresa? Por estudios comprobados se sabe que incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto servicio.
- Capacidad operacional (aspecto relevante dada la unión entre competitividad y por citar solo un ejemplo, el cumplimiento de plazos de entrega).
- Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio.
- Seguridad e higiene industrial, y muy ligado a esto.
- Calidad de vida de los colaboradores de la empresa.
- Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

Como se desprende de argumentos de tal peso, el mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Ahora bien, ¿dónde y cómo empezar a potenciar a nuestro favor estas oportunidades? Quizá aquí pueda encontrar algunas pautas.⁽⁷⁾

La función básica del mantenimiento puede resumirse en la realización de todo el trabajo necesario para instalar y mantener el equipo en una condición óptima que reúna los requerimientos y estándares de operación. Aunque en la práctica el alcance de las actividades de un departamento de mantenimiento difieren dependiendo el tipo de planta, el tamaño de la misma, las políticas seguidas en sus departamentos de mantenimiento y antecedentes de la empresa.⁽¹¹⁾

1.1.1 Conceptos Básicos de Mantenimiento.

Mantenimiento es el conjunto de actividades que se llevan a cabo con objeto de que los bienes físicos de una empresa conserven sus condiciones de funcionamiento económico. El mantenimiento sustituye la base para aprovechar mejor la inversión efectuada en la empresa.

Figura 1.1⁽²⁾

Es importante estar consciente de que un buen mantenimiento cuesta, pero un mantenimiento realizado de forma defectuosa sale muchos más caro a la larga.

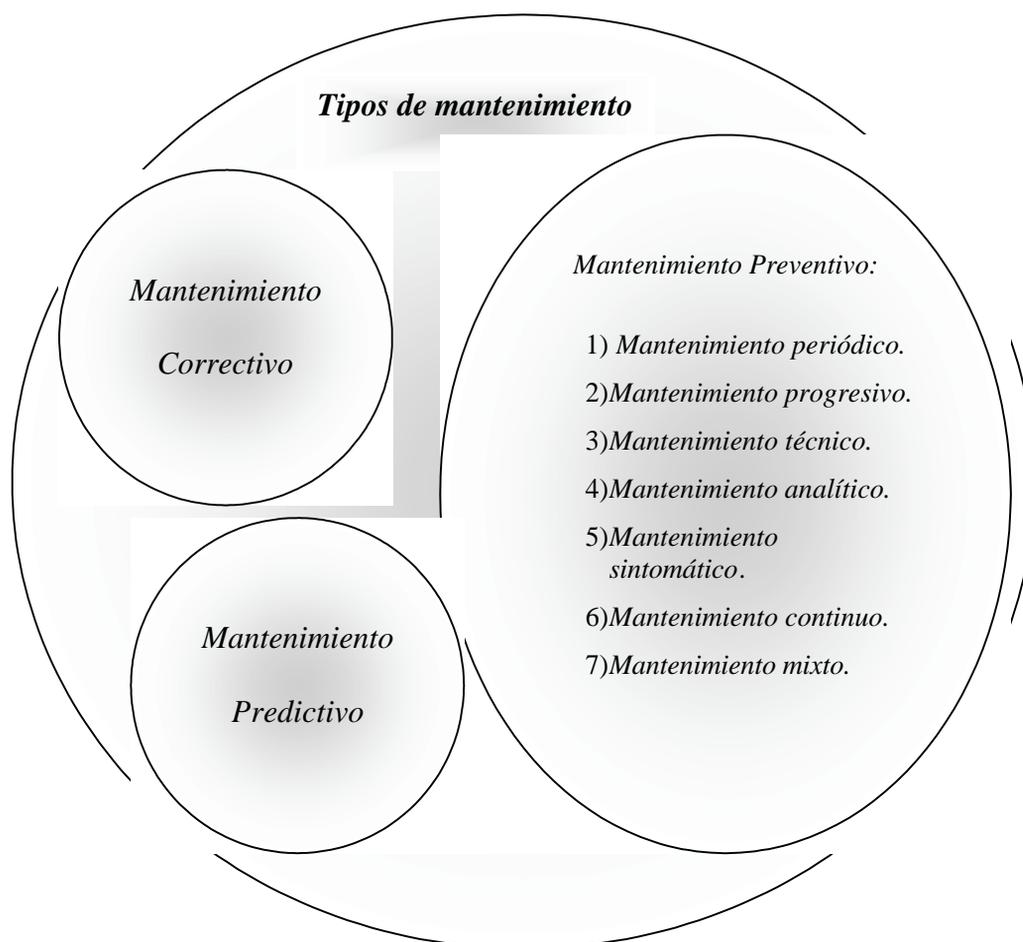


Figura 1.1 Tipos de mantenimiento

1.2 Servicio de Mantenimiento Industrial.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral. Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones.

1.2.1 Objetivos del Mantenimiento.

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.

- Evitar detenciones inútiles o paro de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. ^(5,1)

1.3 Breve Historia de la Organización del Mantenimiento.

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos. Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información. Una de las acciones más importantes del mantenimiento es evitar la corrosión, teniendo en cuenta que antes de hablar de mantenimiento, tenemos que hablar de la definición de corrosión, y los distintos tipos de está. ⁽⁸⁾

Sin embargo, la existencia de organizaciones de mantenimiento que no son efectivas en nuestra sociedad industrial, de las que hay muchas, no debe considerarse como una acusación de administración sino como una de las fronteras a desafiar en el proceso industrial a futuro. Lo que ahora es considerado como sistemas que nos hacen perder el tiempo e ineficientes, fueron considerados hace unas cuantas décadas, como lo que mejor funcionaba. La sociedad industrial nunca se queda estática y nunca se ha quedado estancada desde el comienzo de la revolución industrial. Un sistema de administración que funcione bien el día de hoy siempre tenderá a

quedarse atrás, ya que tradicionalmente la ingeniería de producción siempre ha recibido mayor énfasis que la ingeniería de mantenimiento. Este balance puede estar cambiando ahora. Debido a la intensa competencia mundial y la capacidad en exceso de producción, las necesidades actuales nos llevan a minimizar el gasto de operación más que maximizar el volumen de la producción. Es por lo tanto, razonable esperar un avance más rápido en la tecnología de mantenimiento en las próximas décadas que todo lo que ha existido en el pasado. Mantenimiento, como un recurso de la reducción de costos no puede ser ignorada por una gerencia que este consciente de las ganancias. A pesar de que existe un fuerte empuje para lograr ahorros directos, debe demostrarse a la gerencia, por paradójico que parezca, que el dinero y horas de ingeniería invertidos en mantenimiento se reflejarán en el resultado final y en la ganancia de la inversión. ⁽¹⁴⁾

1.4 Criterios de la Gestión del Mantenimiento.

La sociedad mexicana de mantenimiento A.C. (SOMMAC) clasifica de manera sencilla los tipos de mantenimiento, con base en su política de aplicación. Figura 1.2

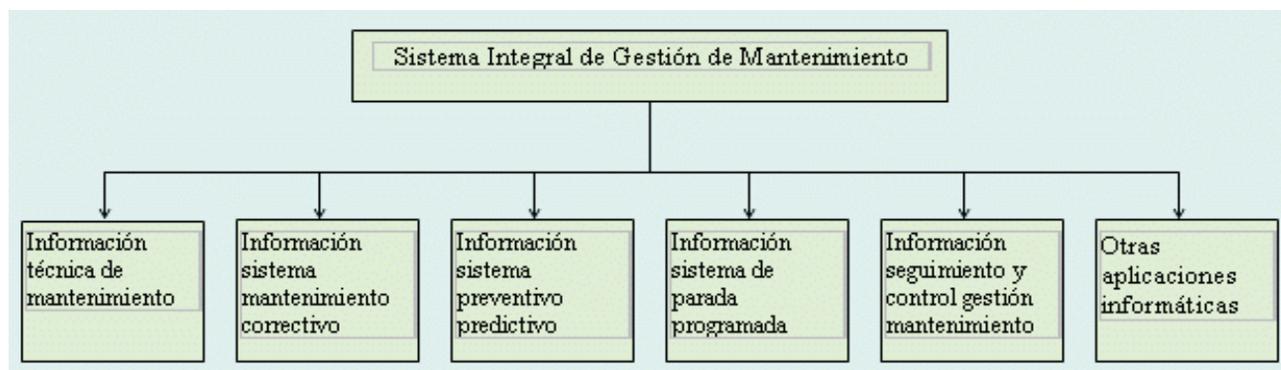


Figura 1.2 Gestión del mantenimiento

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. ⁽¹⁹⁾

1.4.1 Estándares del Mantenimiento.

Los estándares del mantenimiento de equipo nos indican los métodos para medir el deterioro del equipo, detención del deterioro y por último la restauración del equipo. Los estándares de inspección son técnicas para medir o determinar el deterioro de los equipos, especifica el área y objetos a ser inspeccionado, los intervalos de inspección, métodos, instrumentos de medición,

criterio de evaluación, acción correctiva a realizar, incluye dibujos ilustrativos y fotografías. Los estándares de servicio se encargan de especificar el cómo dar servicio, de limpieza, lubricación, ajuste y partes de reemplazo. Los estándares de reparación se encargan de especificar las condiciones y métodos para el trabajo de reparación. Los estándares de reparación usualmente incluyen métodos de reparación y horas de trabajo.⁽¹⁹⁾

1.4 Tipos de Mantenimiento.

El mantenimiento se puede dividir en varios tipos. Figura 1.3

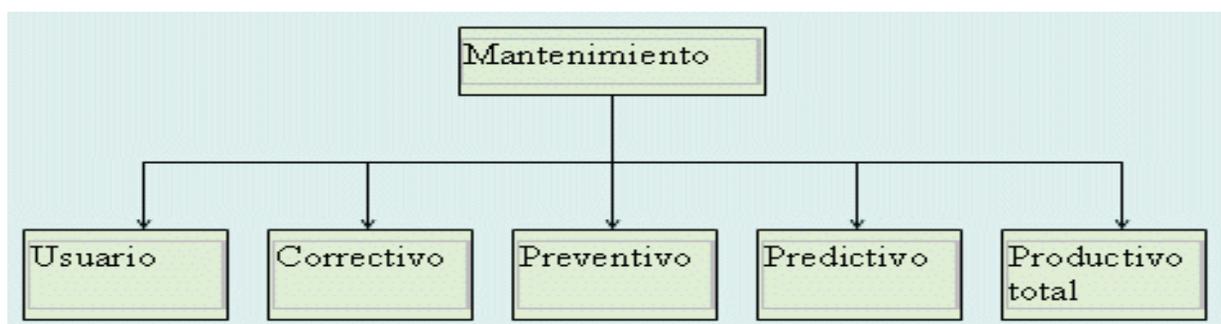


Figura 1.3 Divisiones del mantenimiento

1.5.1 Mantenimiento para Usuario.

El mantenimiento para usuario es el mantenimiento que se responsabiliza del primer nivel de mantenimiento a los propios operarios de máquinas. Es trabajo del departamento de mantenimiento delimita hasta donde se debe formar y orientar al personal, para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.⁽¹⁹⁾

1.5.2 Mantenimiento Productivo Total. (MPT)

En ciertas fábricas, se han desarrollado prácticas de mantenimiento que ya no son adecuadas para la vida productiva actual de las fabricas. Un ejemplo claro de esto, es que hoy en día es posible encontrar sistemas de mantenimiento sólo para tratar averías críticas. En estos casos, no se hace ningún esfuerzo para prevenir que se produzcan averías y no se emprende ninguna planeación de carga de trabajo diaria para cada uno de los obreros del personal de mantenimiento. El departamento de mantenimiento debe monitorear constantemente el equipo existente y, adoptar soluciones que considere ventajosas cuya eficacia y economía son indiscutibles, como el programa de mantenimiento total (TPM). En una industria en expansión, ya no es aceptable dejar de lado las

nuevas ideas. A través de los años se han implementado diversos tipos de mantenimiento, para su estudio lo dividiremos de la siguiente manera:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.⁽¹¹⁾

1.5.3 Mantenimiento Correctivo.

Mantenimiento correctivo es la eliminación de las fallas a medida que se presentan o se hacen inminentes. Las tareas que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son fundamentalmente la reparación y el cambio o reemplazo. Su implantación es fácil y muy barata, ya que no requiere análisis, estudios ni trabajos previos. Es decir, se actúa sólo cuando se presenta la falla. Su desventaja es que no ofrece respaldo en cuanto a la aplicación de respuestas oportunas, eficientes y económicas.⁽⁵⁾

El mantenimiento correctivo implica horas fuera del programa para su aplicación, que pueden fijarse fuera de las horas de operación (MC1) o en ocasiones afectar la planeación de operación de la planta (MC2), o bien una combinación de ambas y evidentemente estas acciones provocan cargo contable al propio departamento de mantenimiento.

$$MC1 + MC2 = MC$$

$$\text{Planeación} - MC2 = \text{operación real}$$

MC1 Mantenimiento correctivo efectuado fuera de las horas de operación.

MC2 Mantenimiento correctivo efectuado fuera de las horas para mantenimiento preventivo.⁽²⁾

El objetivo del mantenimiento correctivo es la recuperación inmediata de la calidad del servicio. Toda labor de mantenimiento correctivo exige una atención inmediata, ya que está no puede ser programada, sólo se controla por medio de reportes que indican que una máquina está fuera de servicio y el personal debe efectuar los trabajos absolutamente indispensables, evitando arreglar otros elementos de la máquina o haciendo trabajos adicionales que no sean necesarios, esto con el fin de que la máquina pueda seguir prestando sus servicios a la brevedad posible. Este tipo de mantenimiento se divide en Mantenimiento correctivo a fondo y el Mantenimiento correctivo ligero, dependiendo de la orden de trabajo esta puede ser desarrollada por dos tipos de personal. Los menos experimentados atenderán el mantenimiento correctivo ligero y el personal especializado tendrá que atender el mantenimiento correctivo a fondo o ambos. Los costos son

elevados, ya que no tiene planeamiento ni programación por presentarse las averías repentinamente, por lo cual debe tenerse cuidado, pues un reporte de esta naturaleza significa siempre la pérdida de la calidad del servicio.

Es muy común que el personal de mantenimiento al presentarse una falla en una máquina, pueda aprovechar para arreglar algunos desperfectos de esta, cambiar piezas o hacer cualquier tipo de trabajo que no es esencial para que la máquina siga en operación. Como este tipo de labores resulta en una acción no prevista es difícil que se cuente con todo lo necesario para una reparación eficiente del equipo, dando como resultado una pérdida de tiempo que afecta directamente en los costos pues se manifiesta directamente en una baja de producción. Los trabajos de mantenimiento correctivo deben ser económicos, esto no quiere decir que no sea efectivos pues en este tipo de emergencias se debe poner atención y calidad; requeridos para que esté asegurado un buen servicio hasta que pueda llevarse a cabo del mantenimiento preventivo. Por lo tanto, siempre que se atienda una emergencia, el personal de mantenimiento debe tener pleno conocimiento y un criterio lo bastante amplio de como efectuar solamente los trabajos necesarios a fin de reestablecer el servicio del equipo de una manera rápida, económica y segura; por otro lado, en muchas ocasiones es necesario tener un equipo de reserva, de preferencia que actúe inmediatamente de la descompostura del equipo que se encuentra en servicio, aunque esto puede aumentar los costos.⁽¹¹⁾

1.5.4 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en detectar posibles fallas y corregirlas antes que se presenten, o bien reparar la falla en su fase inicial. La detección de fallas se logra a partir de la tarea de inspección y/o estadística ingenieril. El reemplazo oportuno puede practicarse como medida preventiva. Mantenimiento preventivo significa hacer todo lo necesario para que no se presente la falla.

Mantenimiento correctivo = Falla => reparación

De donde se debe plantear:

Mantenimiento preventivo = Reducción de fallas + mayor confiabilidad^(5,14)

El mantenimiento preventivo, debe conocerlo el personal del área de mantenimiento y posteriormente de operación. Este sistema fue introducido hace muchos años y se ha desarrollado de varias formas, como él más adecuado para todos los tipos de instalación. El objetivo es en primer lugar, prevenir las averías de las máquinas tanto como sea posible, llevando a cabo ajustes de reposiciones y reparaciones en periodos especificados. Estos periodos son establecidos, bien a

través de la información procedente de los fabricantes sobre la esperanza de vida de los componentes esenciales o bien por la experiencia del trabajo con equipos similares.⁽²⁾

La existencia de distintas condiciones en equipos, instalaciones y plantas ha determinado a través del tiempo la necesidad de establecer diferentes prioridades y técnicas para aplicar correctamente el mantenimiento preventivo. Para explicarlos mejor se han dividido como sigue:

- 1) *Mantenimiento periódico*. Es aquel que considera que la probabilidad de cambios en las características físicas de los componentes de una maquinaria en particular, se incrementan a partir de cierto número de horas de trabajo y deberá cambiar determinadas piezas sin importar su estado, inspeccionar otras y proceder de acuerdo al análisis de ellas, limpiar y lubricar.
- 2) *Mantenimiento progresivo*. El objetivo principal de este mantenimiento es el de realizar trabajos al equipo en forma racional y progresiva, bajo un programa que aproveche el tiempo en que este no esté realizando ningún servicio, ya que generalmente los tiempos muertos no son tan grandes como para permitir que se desarrollen todas las labores necesarias de una sola vez.
- 3) *Mantenimiento técnico*. Este es una combinación de los mantenimientos anteriores. En éste se efectúan algunos trabajos periódicos al equipo bajo calendario después de ciertas horas de funcionamiento, pero en forma progresiva, ya que se aprovechan tiempos ociosos para que de acuerdo con la prioridad establecida, se realicen los cambios de piezas, lubricación, y limpieza.
- 4) *Mantenimiento analítico*. Los trabajos a realizarse provienen del análisis estadístico, de las recomendaciones del fabricante del equipo, de las condiciones del lugar donde está instalado este, de la calidad de la instalación y de la mano de obra de operación. No se interviene el equipo periódicamente, si no hasta el momento en que el análisis indique la necesidad de efectuar labores de mantenimiento para prevenir fallas que lastiman la calidad del producto.⁽¹¹⁾
- 5) *Mantenimiento sintomático*. Este se refiere a las labores que se ocupan de la reparación de fallas que han sido detectadas por medio de síntomas observados a lo largo del funcionamiento de un equipo, fugas, temperaturas anómalas, ruidos, consumo excesivo de energía, lecturas incongruentes.

Mantenimiento continuo. Este tipo de mantenimiento se efectúa con mucha frecuencia al equipo siendo necesarias o no, se basa en el concepto de que a mayor mantenimiento que

- 1) se le dé a una máquina, se tendrá un mejor funcionamiento. La desventaja de este tipo de mantenimiento es que en ocasiones resulta costoso e incluso innecesario.
- 2) *Mantenimiento mixto*. En este tipo de mantenimiento se atacan tareas de tipo correctivas y preventivas de cualquier naturaleza pero al mismo tiempo. Ocasionando una atención a veces excesiva que repercute en tiempo muerto. ⁽¹¹⁾

La ejecución del mantenimiento preventivo, ya sea ligero o a fondo se planea por medio de programas y está es la razón por la cual este tipo de mantenimiento es más económico que el mantenimiento correctivo, ya que tanto el material, mano de obra y el momento de la tarea están adecuadas en cantidad, calidad y precio. Para una mayor eficiencia los programas del mantenimiento preventivo se divide en:

- a) Programas de visitas.
 - b) Programas de inspecciones, pruebas y rutinas.
 - c) Programas de reconstrucción.
- a) **Programas de visitas.** Son las listas de los lugares a los cuales debe dirigirse el personal de mantenimiento de acuerdo a la frecuencia que se halla estimado como necesaria, para desarrollar los trabajos de mantenimiento recomendados por el fabricante y por experiencia propia de los técnicos. Si estos programas están bien diseñados aseguran la atención adecuada de los equipos a mantener, debiendo completar esto con buenos diagnósticos y mano de obra calificada del personal de mantenimiento, lo que se traduce en inspecciones eficientes, pruebas útiles y rutinas realizadas correctamente.
- b) **Programas de inspección,** pruebas y rutinas. Estas son listas que indican las partes de un artefacto, maquinaria o equipo los cuales, deben ser inspeccionados y probados, generalmente presentan lugares para anotaciones sencillas durante todo un año. Debiendo estar colocadas del mismo lado que la maquinaria a la cual se refiere el programa para permitir al personal de inspección y supervisión verificar si los trabajos que indican las anotaciones han sido ejecutados en la máquina. Cada año se cambiará por un nuevo programa, debiendo estudiar el programa anterior para comprobar si la frecuencia de las visitas es adecuada.

Programas de reconstrucción. Este indica quien y cuando se deberá realizar cada trabajo, cuando se debe iniciar y cuando terminar. Es necesario aclarar que cuando se realizan los trabajos de inspección, prueba y rutina, los trabajos de mantenimiento ahí considerados no forzosamente tienen que ser la solución para obtener un alto grado de eficiencia en la

- a) máquina revisada, sino que dichos trabajos deben ser perfectamente aquilatados a fin de que sean exclusivamente los necesarios desde el punto de vista económico.

Llevado a cabo de manera correcta, el mantenimiento preventivo puede ser un instrumento de vital importancia en la reducción de costos, lo cual ayudará a la empresa a ahorrar dinero y conservar los equipos en óptimo estado de operación. Antes de emprender este tipo de mantenimiento es de suma importancia trazar un plan general y despertar el interés de quienes participen en el mismo, cabe mencionar que habrá que dedicar gente a la iniciación y operación del mantenimiento preventivo, las necesidades varían de acuerdo con el tipo y tamaño de la planta. ⁽¹¹⁾

1.5.5 Mantenimiento Predictivo.

Es la determinación del desarrollo de las diferentes tareas del mantenimiento, previas a la falla, con base en:

- Diagnóstico del estado de los bienes físicos de la empresa.
- Tiempo de servicio.
- Condiciones de operación, mediante:
 - Análisis de ingeniería.
 - Información estadística.
 - Resultados de la inspección.

En este tipo de mantenimiento es imprescindible, para apoyo a la inspección, del uso de equipo de control supervisorio. Para poder aplicar este tipo de mantenimiento, la planta debe contar con los siguientes recursos:

- Capacitación del personal.
- Instrumentación eléctrica y mecánica.
- Informática. ⁽²⁾

Se requiere equipo de medición para efectuar el mantenimiento predictivo dentro de una empresa. Se debe tomar una lectura periódica de estos aparatos. La frecuencia de la toma de lecturas depende de cada máquina, y la determinará el encargado de mantenimiento. Con este tipo de mantenimiento se busca poder predecir algún fallo, se interviene a consecuencia de la inspección, y se practica un diagnóstico basado en síntomas. Estos problemas son detectados por inspectores debidamente equipados. El mantenimiento predictivo significa tener un servicio de información sobre el estado de las máquinas, si este servicio es confiable, el conocimiento del estado del equipo puede llegar a sustituir de hecho la intervención del mantenimiento. Practicar este tipo de

mantenimiento significa introducir en el servicio de mantenimiento una nueva función básica: la inspección sistemática de la maquinaria y más concretamente de los distintos componentes de la misma, o de los subsistemas del sistema principal, que es la maquinaria.⁽¹¹⁾

1.6 Enfoque Global Acerca del Mantenimiento Productivo Total (MPT).

Para conocer un poco más acerca de este sistema de mantenimiento nos remontamos a sus inicios. Después de la segunda guerra mundial las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que para competir con éxito en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos, con este fin incorporaron técnicas de gestión y fabricación procedentes de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias. Posteriormente sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su gran calidad, concentrando la atención del mundo al estilo japonés en sus técnicas de gestión.^(5,11)

Hace más de treinta años y para mejorar el mantenimiento de equipos, Japón introdujo el concepto de mantenimiento preventivo ya existente en E.U., posteriormente se introdujo al mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento e ingeniería confiable. Cuando ahora nos referimos al MPT se trata en realidad del mantenimiento productivo al estilo americano modificando e intensificando algunos puntos para hacer factible su implementación en el Japón. En la mayoría de las compañías estadounidenses, los equipos de mantenimiento realizan éste trabajo en toda la planta, realizando una división errónea entre operación y mantenimiento, puesto que el departamento de mantenimiento sólo se limita a reparar y resolver los problemas que presentan los equipos, y los operadores también se limitan en cuanto a no conocer del todo el equipo o máquina donde trabaja día con día.⁽¹¹⁾

La innovación principal MPT radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo manteniendo sus máquinas en buen estado y capacitando a los trabajadores para detectar problemas potenciales antes de que estos ocasionen averías. El MPT se introdujo en Japón hace algunos años con muy buenos resultados, puesto que dicho programa ha ayudado a reducir defectos y averías. Hasta los años setenta el mantenimiento productivo en Japón consistía principalmente en mantenimiento preventivo, durante los años ochenta este mantenimiento fue reemplazado por el predictivo o basado en las condiciones. El éxito del MPT depende de nuestra capacidad para conocer el estado del equipo y para predecir y evitar fallos. El mantenimiento predictivo es parte significativa del MPT porque utiliza técnicas modernas de supervisión y diagnóstico del equipo durante la operación, identificando señales, deterioro y fallos

inminentes. El MPT es mantenimiento productivo realizado por todos los empleados a través de actividades en pequeños grupos, es decir, es un mantenimiento de equipos llevando a cabo en el conjunto de la compañía y sus metas principales son las siguientes:

- 1) Elevar la eficiencia del equipo.
- 2) Desarrollar un sistema completo de mantenimiento productivo para la vida útil del equipo.
- 3) Implicar a todos los departamentos relacionados con el diseño de equipo en la implantación del MPT.
- 4) Involucrar activamente a todos y cada uno de los empleados, desde el gerente hasta los obreros.
- 5) Promover el MPT a través de la motivación entre los empleados.

La meta principal de todas las actividades de mejora en una fabrica es el aumento de la producción minimizando las entradas y maximizando las salidas. La relación entre las entradas y salidas se puede visualizar de la siguiente manera: los trabajadores, la maquinaria y el material se combinan como entradas, mientras las salidas no comprenden solamente el incremento de la productividad, si no también la mejora de calidad, costos más bajos, entrega a tiempo, mayor seguridad e higiene industrial, moral más alta y un entorno de trabajo más cordial. Figura 1.4 ⁽¹¹⁾

La meta del MPT es intensificar la eficiencia del equipo y maximizar sus salidas. Se esfuerza en lograr y mantener unas condiciones óptimas del equipo para evitar averías imprevistas, pérdidas de velocidad y defectos de calidad en los procesos, la eficiencia en su conjunto se consigue minimizando el costo de la conservación y mantenimiento de las condiciones de los equipos a través de toda su vida útil, en otras palabras, minimizando el costo de ciclo de vida. ⁽¹¹⁾

<i>Entradas</i> <i>Salidas</i>	<i>Dinero</i>			<i>Meta</i> <i>dirección</i>
	<i>Hombres</i>	<i>Mujer</i>	<i>Materiales</i>	
<i>Producción (P)</i>				<i>Control producción</i>
<i>Calidad (Q)</i>				<i>control calidad</i>
<i>Costo (C)</i>				<i>Control costos</i>
<i>Entrega (D)</i>				<i>Control entregas</i>
<i>Seguridad (S)</i>				<i>Seguridad e higiene</i>
<i>Moral (M)</i>				<i>Relaciones humanas</i>

Asignación personal *Ingeniería mantenimiento planta* *Control Stocks*

Figura 1.4 Relación entre Entradas y Salidas de una Empresa

La eficiencia del equipo se maximiza y el costo del ciclo de vida útil se minimiza por medio del esfuerzo realizado en conjunto con la compañía para eliminar las seis grandes pérdidas. Estas pérdidas que restan eficiencia al equipo son:

Tiempo muerto.

- 1) Averías debido a fallos del equipo.
- 2) Preparación y ajustes.

Pérdidas de velocidad.

- 3) Tiempo en Vacío y paradas cortas.
- 4) Velocidad reducida.

Defectos.

- 5) Defectos en proceso y repetición de trabajos.
- 6) Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable.⁽¹¹⁾

El MPT comprende los tres factores principales para mejora en los lugares de trabajo que son: motivación, competencia y entorno de trabajo, lo cual conduce a mejoras corporativas como son mejorar el empleo de trabajadores y equipos. Para eliminar las seis grandes pérdidas debemos primero cambiar la actitud de las personas y aumentar su habilidad, también debemos de crear un entorno de trabajo agradable como soporte a la introducción del MPT. Si para atacar el problema, la gerencia no asume un correcto liderazgo, la transformación necesaria para el cambio de actitudes, equipos y entorno corporativo no regresará con suavidad y el implemento del MPT puede llevar más tiempo o fracasar. En la compañía que se desee implementar el MPT se debe de integrar a la política básica de dicha compañía y establecer metas concretas, tales como aumentar el índice operativo de los equipos en más del 80% o reducir las avería en más del 50% en el transcurso de varios años. Una vez que se fijan las metas de cada empleado debe de entenderlas muy bien para después poder aplicarlas de buena manera, y así, desarrollar actividades en pequeños grupos dentro del lugar de trabajo para asegurar el éxito del MPT. Los pequeños grupos fijan sus propias metas basándose en el conjunto de metas de la compañía. Aun así se cuestiona la utilidad del MPT incluso después de haber demostrado resultados positivos. Algunas compañías prefieren continuar con sus propios sistemas de mantenimiento al estilo estadounidense, ya antes mencionado donde el mantenimiento se realiza de forma separada entre operadores y realizadores del mantenimiento, olvidando por completo la carga adicional que sufre el personal de mantenimiento y restándole importancia a la capacitación de los operadores para que estos puedan dar el mantenimiento básico.⁽¹¹⁾

Con lo anterior nos podemos dar cuenta que a las grandes compañías les cuesta trabajo el poder cambiar a otra cosa que no sea lo que ellos conocen, sin embargo, los pasos específicos necesarios para desarrollar un programa de MPT, deben determinarse de forma individual para cada compañía, dejando de lado la resistencia de la misma al mantenimiento. Una vez superada dicha resistencia el mantenimiento tiene que ser más específico, debido a los múltiples tipos de industria, métodos de producción, condición de equipos, necesidades, problemas especiales, técnicas y niveles de mantenimiento que varían de una compañía a otra.

A continuación se resumen brevemente las 5 metas interdependientes que representan los requerimientos mínimos para el desarrollo del MPT.

1) Mejorar la eficiencia de los equipos.

Se recomienda formar varios equipos de proyecto, consistentes en personal de ingeniería y mantenimiento así como supervisores en la cadena de producción. Se seleccionan los equipos que sufren pérdidas crónicas y cada equipo de proyecto centra su actividad de mejora en una de las seis grandes pérdidas cuando se logran resultados positivos el proyecto puede extenderse a otros equipos similares.

2) Mantenimiento autónomo por operadores.

La pauta establecida no se puede cambiar de tajo, se requieren de dos a tres años en lograr cambiar la cultura corporativa dependiendo del tamaño de la compañía. Se debe enseñar a los operadores a pensar en aquellas responsabilidades del mantenimiento que competen a su propio equipo, además de ser adiestrados según las exigencias del mantenimiento a realizar.⁽¹¹⁾

Los principios básicos de la administración industrial son:

- Organización.
- Orden.
- Pureza.
- Limpieza.
- Disciplina.

3) Mantenimiento planificado.

La primera responsabilidad del departamento de mantenimiento es responder con rapidez y eficiencia a las peticiones de los operadores. El personal de mantenimiento debe eliminar el deterioro que resulta de una lubricación y limpieza inadecuadas y analizar cada avería para describir puntos débiles en el equipo y modificarlo para mejorar su facilidad de mantenimiento, alargando su vida útil.

Para mantener un bajo costo de mantenimiento planificado deben emplearse técnicas de diagnóstico para supervisar el estado de los equipos; así se estimula el cambio al mantenimiento predictivo.

1) Adiestramiento para mejorar las habilidades operativas y de mantenimiento.

Con el avance tecnológico de la automatización muchas personas pueden sostener que las habilidades operativas se hagan innecesarias. Desgraciadamente, mientras que la producción sin ayuda humana puede llegar a lograrse, el mantenimiento totalmente automático no es factible. Con lo mencionado anteriormente, el adiestramiento en las habilidades operativas y de mantenimiento es vital para implementar en MPT.

2) Gestión temprana de equipo.

Es ideal que toda compañía al adquirir un equipo nuevo, es que este no requiera de mantenimiento, aunque esto no sea posible en todos los casos, por lo que se recomienda establecer un modelo para el diseño de equipo libre de mantenimiento.⁽¹¹⁾

1.7 Actividades del Mantenimiento.

En general, se considera que dentro del plan de mantenimiento de un equipo se deben incluir por lo menos componentes y/o elementos con las siguientes características:

- Construcción compleja.
- Función importante y bajo precio.
- Función importante y de difícil acceso.

Las actividades del mantenimiento suelen dividirse en: sustantivas y de apoyo. Las actividades sustantivas se refieren al desarrollo físico y se denominan “tareas”, entre ellas se consideran básicas las siguientes: Figura 1.5⁽²⁾

<i>FUNCIONES</i>	<i>SUSTATIVAS</i>	<i>DE APOYO</i>	
		<i>Ingeniería</i>	<i>Administración</i>
<i>Preventivo (MR)</i>	<i>Servicio (s)</i>		<i>Dirección Organización</i>
<i>Correctivo (MC)</i>	<i>Cambio (c) Reparación</i>		<i>Planeación</i>
		<i>Ingeniería</i>	<i>Programación</i>
<i>Predictivo (MP)</i>	<i>Inspección Modificación</i>	<i>Diseño</i>	<i>Control (c)</i>
<i>ingeniería</i>	<i>Proyecto</i>	<i>Construcción</i>	<i>Mantenimiento</i>

Figura 1.5 Actividades del mantenimiento

Servicio (s).

El servicio se refiere, más que nada, al buen estado físico de los equipos.

Buena apariencia.	(a)
Funcionamiento adecuado.	(f)
Seguridad de la planta.	(s)

Por sus características de desarrollo, periodicidad y costumbre, a esta tarea se le considera mantenimiento predictivo, y se presenta tanto en el mantenimiento preventivo como en el correctivo. Dentro de las tareas de servicio se consideran, entre otras, las indicadas a continuación.

Figura 1.6⁽²⁾

<i>TAREAS</i>	<i>IDENTIFICACION</i>	<i>OBJETIVO</i>
<i>Ajuste</i>	<i>A</i>	<i>f,s</i>
<i>Apriete</i>	<i>B</i>	<i>f,s</i>
<i>Calibración</i>	<i>C</i>	<i>f</i>
<i>Carga De Fluidos</i>	<i>F</i>	<i>f</i>
<i>Control De Plagas Y Roedores</i>	<i>H</i>	<i>h,s</i>
<i>Desinfección</i>	<i>D</i>	<i>h</i>
<i>Jardinería</i>	<i>J</i>	<i>a</i>
<i>Limpieza</i>	<i>L</i>	<i>a,f,h,s</i>
<i>Lubricación</i>	<i>G</i>	<i>f</i>
<i>Pintura</i>	<i>P</i>	<i>a,f,s</i>
<i>Protección</i>	<i>O</i>	<i>f,s</i>
<i>Recubrimiento</i>	<i>R</i>	<i>a,f,h,s</i>
<i>Secado</i>	<i>S</i>	<i>a,f,s</i>

Apariencia = a, Funcionamiento = f, Higiene = h, Seguridad = s.

Figura 1.6 Tareas de servicio

Cambio (c).

Cambio o reemplazo es restablecer el funcionamiento adecuado de los equipos al reemplazar las partes o componentes que han fallado, presentando defectos o cuando su vida útil y/o su vida económica ha concluido. Eventualmente se requerirá del cambio a consecuencia de un mantenimiento inadecuado. De estos casos deberán analizarse en detalle para identificar el origen del problema y establecer las medidas para que se elimine su incidencia. En estos casos de cambio hay que tener presentes las razones indicadas a continuación para justificar esta tarea. ⁽²⁾

Operación y mantenimiento:

- Condiciones inadecuadas del equipo.
- Incremento en costo por:
 - Consumo de energía.
 - Mantenimiento.
 - Refacciones.
- Peligrosidad en la operación.
- Reducción en el respaldo en refacciones y servicio.
- Reparación incosteable.

Producción:

- Falta de flexibilidad.
- Falta de versatilidad.
- Saturación de la línea.
- Rendimientos no afines.⁽²⁾

Reparación (r).

Reparación es restablecer el adecuado funcionamiento de los equipos mediante la corrección de las fallas que se presenten a causa de:

- Mantenimiento incorrecto.

Esta condición no debería existir, constituye una deficiencia que debe erradicarse a la brevedad.

- Término de la vida útil de un equipo y/o refacción.

Reparación es componer o habilitar un equipo, o alguna pieza para utilizarlo nuevamente. En la fase inicial de operación de la empresa es posible que se requiera esta tarea, ya que pueden presentarse fallas por diseño inadecuado, instalación o montaje incorrecto, “muerte infantil” del equipo o sus elementos. Por lo tanto, habrá que realizar reparaciones:

- Programadas para efectuar los trabajos más pesados de mantenimiento, agrupados en un periodo predeterminado, que se ejecutan en:
 - Periodos vacacionales.
 - Fines de semana.
 - Paros programados.
- De mantenimiento correctivo.
Que más bien tienden a evitarse.

Modificación (m).

Modificación es reducir o eliminar las fallas repetitivas mediante alteraciones del diseño original. A través de la modificación se capitaliza la experiencia del personal de aplicación de los equipos. Es muy importante propiciar, e incluso premiar, esta tarea que es en esencia Mantenimiento Productivo Total. En todo mantenimiento adecuado es necesario conocer el equipo. Esto implica identificar sus características, para conocer la trascendencia que tiene cada equipo dentro de la empresa y poder determinar su nivel de mantenimiento. Para operar un equipo se deben determinar claramente las funciones que va a cumplir, de modo que su mantenimiento se proyecte conforme a dichas funciones. Así se podrán evaluar correctamente el equipo y su mantenimiento. La operación del equipo con funciones ajenas a su diseño, generara fallas y mantenimiento excesivo. Por lo que la responsabilidad de mantenimiento será vigilar que el área de operación utilice adecuadamente los equipos, dentro de sus funciones, rangos de ejecución, etc. ⁽²⁾

1.8 Instauration de un Programa de Mantenimiento Preventivo.

Un rasgo esencial del mantenimiento preventivo es la acumulación de datos históricos de reparación de maquinaria y equipo en general, la cual se efectúa en forma de solicitud de mantenimiento mediante bases de datos registrados en una computadora. Para determinar si es preciso o no en el mantenimiento correctivo será un requisito realizar un estudio de las dificultades ocurridas en el pasado. También se indicará la frecuencia con que habrán de realizarse las inspecciones para reducir al mínimo las composturas. La información de referencia tendrá como fuente de origen cualquiera de las dos siguientes:

- 1) Revisión de las ordenes de trabajo de mantenimiento correspondientes a los dos últimos años o antes.
- 2) Un análisis de los antecedentes del equipo, si es que existen.

De las dos fuentes citadas, la que implica más esfuerzo es la revisión de las ordenes de trabajo. Solo se recurrirá a ella cuando la fabrica no cuente con datos sobre las reparaciones realizadas. Dichas ordenes se clasifican por número o descripción del equipo, y por tipos de composturas, abarcando los dos últimos años. La información obtenida se asentará en una hoja de registro, por número y marca de máquina, incluyendo fecha y tipo de reparación, así como la lista de las partes de repuesto usadas. Un examen de este registro señalará las situaciones que está exigiendo excesivas intervenciones de reparación. ⁽¹⁴⁾

1.9 Inspección.

La inspección tiene por objeto detectar fallas potenciales en cualquier etapa. El procedimiento de inspección en las empresas normalmente es manual, es decir, sin instrumentos especiales. Dentro de esta tarea se cuenta la verificación. La inspección en un sentido más amplio tiene la función de vigilancia, básicamente en:

- Uso: El área de mantenimiento debe vigilar el uso adecuado de los bienes materiales, en cuanto a sus funciones, capacidades y procedimientos.
- Desarrollo del proceso: A través de la inspección se vigila y asesora que se apliquen los procesos correctos en las actividades físicas del mantenimiento. Esto cobra mayor importancia cuando se tiene mantenimiento externo.
- Análisis de fallas: El jefe de mantenimiento tiene la obligación de conocer el origen de la falla. Se deben captar los datos de falla a través del estudio de los elementos fallidos para su retroalimentación a diseño, selección, operación y propio mantenimiento. Este análisis representa capitalizar la experiencia, principio básico cuando se habla de mantenimiento.
- Control de calidad en:
 - Materiales.
 - Reparaciones.
 - Trabajos.⁽²⁾

La determinación de lo que se debe inspeccionar y con que frecuencia debe hacerse es de lo que depende en gran parte el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento predictivo, ya que se deben revisar todos los puntos críticos. Al respecto conviene capacitar y adiestrar al personal en términos técnicos y control de calidad, incluyendo la elaboración de hojas de instrucciones de inspección.

Los puntos críticos que se deben de inspeccionar son enlistados a continuación.

- Todo lo susceptible de falla mecánica progresiva, como desgaste, corrosión y vibraciones.
- Todo lo expuesto a falla por acumulación de materias extrañas: depositación, material aislante o humedad, también contactos eléctricos, aceites aislantes obstrucción de tuberías y cables eléctricos.
- Todo lo que sea susceptible de fugas: sistemas hidráulicos, tuberías de distribución de fluidos, sistemas de gas, sistemas neumáticos y sistemas de lubricación.

- Los elementos reguladores que funcionen con características controladas por presión, temperatura, voltaje, niveles de aislamiento, gasto, holgura mecánica, regularmente necesitan ser probados.
- Lo que con variaciones fuera de ciertos límites puede ocasionar fallas, como niveles de depósito de sistemas de lubricación, niveles de aceite aislante, niveles de agua de enfriamiento.

La inspección o servicio para inspeccionar tiene que ser una función centralizada.

- Para optimizar el uso de los instrumentos.
- Porque los operarios deben ser intercambiables entre áreas.
- Porque el servicio de inspección no debe estar en ningún caso ligado a las presiones que a menudo se ejercen sobre la línea.

De igual manera es de gran importancia la frecuencia de inspección, la cual tiene que considerar para su cálculo los siguientes puntos:

- Sistemas críticos de la máquina.
- La disponibilidad de reservas.
- El diseño.
- Las condiciones del funcionamiento.
- Las estadísticas de rupturas. ⁽²⁾

Por otra parte la organización del mantenimiento predictivo implica:

- La formulación del programa y del método de inspección con especificaciones de los componentes a inspeccionar.
- Determinación, para cada componente de las máquinas críticas, de los valores límites de aceptabilidad de las características o variables que queremos medir con la inspección.
- El establecimiento de las frecuencias de inspección.
- El registro de los datos.
- La capacitación personal que forma parte del programa de inspección.

El papel del mantenimiento cambia la introducción del mantenimiento predictivo. Antes sólo se evaluaba la marcha de la maquinaria, aparte de la coordinación, control y asistencia técnica de los jefes de taller, de hecho ellos eran los primeros inspectores de la planta. Ahora en cambio adquiere la función de director de servicio. La inspección constituye el soporte informativo de las máquinas, mientras que los demás departamentos le proporcionan los datos necesarios sobre los costos

referidos del presupuesto establecido, por lo tanto, el mantenimiento predictivo se decide y coordina basándose en información recibida. ⁽⁷⁾

1.9.1 Conocimientos Básicos para la Inspección.

- Pruebas.
- Arranque inicial.
- Rearranque.
- Paros imprevistos.

En esta condición, el departamento de inspección debe desarrollar las siguientes funciones básicas de ingeniería:

- Clasificación de la falla.
- Criterio de solución.
- Inspección casual.

Calibración y ajuste:

- Soporte: Representa la revisión regular de la operación de los equipos.
- Especial: En algunos equipos, por su importancia, complejidad o alto costo, se les presta atención especial.
- Control supervisorio: en este tipo de controles se debe desarrollar las siguientes actividades.

Revisión del comportamiento del control supervisorio en la empresa y/o planta.

Operación manual de las funciones que desempeña dicho control.

Eliminación de bloqueos no autorizados en el control. ⁽⁷⁾

1.10 Lubricación.

La lubricación es una parte primordial del mantenimiento de los equipos mecánicos. Este tiene como objetivo conservar al equipo en operación durante el mayor tiempo posible sin desgaste y/o fricción excesiva. La lubricación previene el deterioro del equipo y preserva su confiabilidad.

La función del lubricante es reducir la fricción y por consecuencia el desgaste de las piezas de contacto, otras funciones son: reducir el calor de las piezas, sellar contra la suciedad y como protección contra la corrosión, reduce la energía empleada a través de una reducción de la fricción entre las piezas móviles.

Para asegurar que se lleve a cabo la lubricación en el momento oportuno se requiere de un programa de lubricación indicando los equipos, frecuencias, rutas y puntos de lubricación, métodos de lubricación, lubricante y el tiempo estándar para realizarla. ⁽⁵⁾

1.10.1 Control de Lubricación.

Se debe llevar un control de lubricación de los equipos que asegure la ausencia de problemas por calor ó fricción excesiva. Un adecuado control de la lubricación incrementa la vida útil de equipos, así como su confiabilidad, reduciendo costos operativos y de mantenimiento. Se deben generar procedimientos y rutas de lubricación, así como la frecuencia con que debe de hacerse, tipo y cantidad del lubricante, métodos de limpieza, metodología y equipo utilizado para lubricar. Se deben indicar claramente las actividades como:

- Nivel de aceite.
- Tren de engranaje bien lubricado.
- Tensar válvula suministro aceite.

El lubricador debe observar los siguientes pasos.

-
1. Los contenedores del lubricante tienen que estar siempre cubiertos.

 2. El almacén

 3. Mantener siempre

 4. Siempre

 5. Los niveles de aceite siempre tienen que estar visiblemente claros.

 6. El equipo a lubricar debe de tener el procedimiento y las cantidades apropiadas de lubricante e intervalos.

 - 6.1. Los sistemas de lubricación

 - 6.2. Deben trabajar adecuadamente los depósitos

 - 6.3. Cerciorarse que después de aplicar el lubricante en las piezas donde se aplicó

 - 6.4. Siempre debe de haber una película de lubricante en los ejes, y piñón de arrastre, cadena.

 - 6.5. Verificar que el equipo no presente una lubricación excesiva.

Para facilitar la lubricación se pueden pintar los puntos donde debe llevarse a cabo en los distintos equipos que así lo requieran. Se debe contar con órdenes de lubricación que incluyan.

- Hacer una lista de los puntos que se requiera lubricar.
- Nombre del lubricador.
- Nombre de la máquina.

- Localización.
- Tipo y nivel del lubricante.
- Frecuencia de lubricación.
- Tiempo de lubricación. ^(5,13)

1.10.2 Generalidades.

Aceites lubricantes, existen de base mineral, animal, y vegetal, también los hay sintéticos y compuestos. Los principales tipos de aceites minerales y los compuestos. La característica más importante que deben de presentar, es su viscosidad y las normas básicas para seleccionarlos son los siguientes

<i>Aceite ligero.</i>	<i>Alta viscosidad. Carga ligera. Bajas temperaturas.</i>
<i>Aceite pesado.</i>	<i>Baja viscosidad. Carga pesada. Alta temperatura.</i>

Se deberán observar las condiciones de operación como son, velocidad, temperatura, carga, medio ambiente, etc., éstos elementos repercuten en la frecuencia de la lubricación. Otros aceites son los de corte, los cuales reducen la fricción entre las herramientas cortantes y los materiales a mecanizar, previenen en la herramienta la incrustación de material de desecho y reducen el desgaste de las mismas. Facilitan la mecanización de la pieza de trabajo, incrementan la calidad de la superficie, y alargan la vida útil de las herramientas. ⁽⁵⁾

1.10.3 Métodos de Lubricación.

- Alimentador visual. La alimentación de aceites por goteo (por gravedad). La cantidad de aceite es proporcional a la abertura de la válvula de alimentación y a la raíz.
- La tasa de goteo será de dos tercios de su valor original. La vibración y los cambios en la temperatura atmosférica afectan también la tasa y las válvulas se obstruyen fácilmente por causa del polvo u otras materias extrañas.
- Engrasador de mecha de tipo sifón. No esta indicado para aceites de alta viscosidad.
- Lubricador con fuerzas mecánicas de alimentación. Un tornillo de ajuste el golpe de émbolo.
- Engrasador de almohadilla.

- Nube de aceite, este método inyecta el aceite gota a gota en un flujo de aire comprimido, creando una nube que aplica justamente la cantidad necesaria de aceite para humedecer las superficies.
- Engrasador de mecha de alimentación inferior.
- Engrasador de anillo.
- Engrasador de baño de tornillo sin fin.
- Sistema de circulación a presión. Analizar el aceite con regularidad y reacondicionarlo, sustituirlo, o ajustar su viscosidad a intervalos convenientes.⁽⁵⁾

Puntos importantes para la realización de un buen trabajo de lubricación.

- 1) Emplear lubricantes con viscosidad y otras propiedades a las condiciones operativas, bajo severas condiciones de operación, usar lubricantes de alto grado con aditivos apropiados.
- 2) Evitar la agitación innecesaria causada por exceso de suministro de lubricante y, en cuanto sea posible, mantener el lubricante sin contacto con el aire.
- 3) Analizar aceites regularmente durante su uso y reacondicionarlos periódicamente ajustar su viscosidad para evitar rápido deterioro.
- 4) No elevar innecesariamente la temperatura del sistema de lubricación.

CAPITULO II

CORROSIÓN Y AMBIENTES CORROSIVOS

2.1 ¿Qué es la Corrosión?

La corrosión es un fenómeno espontáneo que se presenta prácticamente en todos los materiales procesados por el hombre. Si bien existen varias definiciones, es común describir la corrosión como una oxidación acelerada y continua que desgasta, deteriora y que incluso puede afectar la integridad física de los objetos o estructuras. La industria de la corrosión, si por ello entendemos todos los recursos destinados a estudiarla y prevenirla, mueve anualmente miles de millones de dólares. Este fenómeno tiene implicaciones industriales muy importantes; la degradación de los materiales provoca interrupciones en actividades fabriles, pérdida de productos, contaminación ambiental, reducción en la eficiencia de los procesos, mantenimientos y sobrediseños costosos. Este mecanismo que es analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, indica que el metal tiende a retornar al primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en las distintas instalaciones de una planta de proceso, y existen varios tipos de corrosión.⁽³⁾

2.2 Historia de la Corrosión en la Industria.

Las etapas modernas de la fabricación están altamente integradas y las técnicas han cambiado ampliamente de las operaciones intermitentes a las continuas. Esto es que prácticamente ningún equipo puede estar fuera de servicio para reparaciones o cambios sin interrumpir seriamente la producción, y más en estos días de materiales caros y altos costos de construcción es importante instalar las facilidades mínimas que satisfagan los requerimientos de operación. Estas condiciones exigen considerar cuidadosamente la corrosión y la selección de los materiales de construcción. En los últimos años se han efectuado considerables adelantos en incrementar el conocimiento y la comprensión de la corrosión y en desarrollar nuevos materiales que puedan ser capaces de soportar condiciones severamente corrosivas.

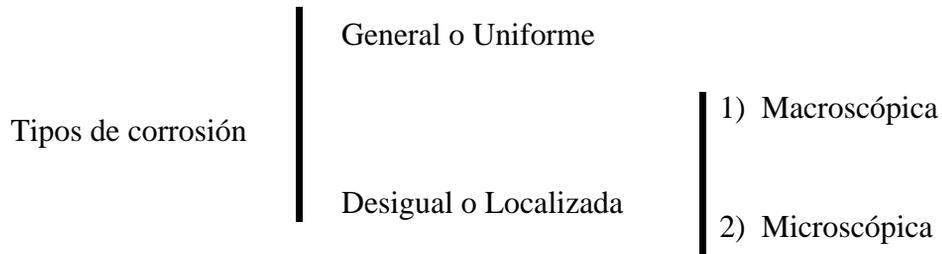
Hoy en día se dispone de bastante información y ya no se requiere suponer que las fallas frecuentes y los altos costos de mantenimiento son un mal necesario. Esto no significa que la corrosión puede ser eliminada, sino que se pueden reducir sus efectos al mínimo por medio del estudio y de la información disponible sobre la materia. Se da por un hecho que el mejor acercamiento posible, si no es que la respuesta a los problemas de corrosión industrial consiste en la asignación de

personal al trabajo de ingeniería de corrosión. Esto incluye el conocimiento de las características corrosivas de los productos químicos, así como de las características anticorrosivas de los materiales de construcción. También debe familiarizarse con las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción, con las propiedades y características de los productos químicos que se van a manejar, con la disponibilidad y el costo de los materiales de construcción, y con las técnicas de fabricación y sus limitaciones.⁽¹²⁾

El trabajo de un ingeniero en corrosión debe involucrar más que la adquisición de una experiencia informativa y que la manera de selección de materiales de construcción para trabajo de diseño y mantenimiento. El ingeniero en corrosión debe investigar casos de fallas en renglones que requieren mucho mantenimiento y llegar a una decisión o recomendación para efectuar una mejora. Esto puede implicar un programa experimental o cambios de diseño o procedimiento de fabricación y no necesariamente de los materiales de construcción. El ingeniero de corrosión debe establecer especificaciones relativas a materiales, procedimientos, tratamientos térmicos, para un equipo nuevo o reparado. Debe inspeccionar tanto el equipo nuevo, para verificar que cumple con las especificaciones, como al equipo ya existente, para comprobar que en este no se están desarrollando dificultades provenientes de la corrosión. Debe de ayudar a establecer métodos mejorados de mantenimiento y programas perfeccionados de mantenimiento preventivo. Para futuras referencias debe mantener registros adecuados, y para refacciones y materiales debe establecer estándares apropiados. Una parte muy importante de su trabajo debe consistir en estar en contacto con el personal de investigación, operación y diseño para verificar que en todos éstos trabajos se observen principios de ingeniería de corrosión. La ciencia y la tecnología de control y prevención de la corrosión han llegado actualmente al punto donde se pueden garantizar impresionantes reducciones en costos y pérdidas anuales mediante el estudio y la aplicación de los principios conocidos e información disponible sobre ingeniería de corrosión también, pueden obtenerse mejoras en la calidad del producto y en las condiciones de operación con respecto a los riesgos domésticos y de seguridad. El costo del trabajo aplicado en la ingeniería de corrosión siempre se recupera varias veces como resultado de un mejor control y de la prevención de esta y de un mantenimiento reducido. Aunque la mayoría de los problemas de corrosión son demasiado específicos para ser resueltos por medio de la aplicación directa de datos generales sobre corrosión, con frecuencia es posible orientarlos hacia un plan de acción o estudio que proporcione una solución.⁽¹²⁾

2.3 Tipos de Corrosión

La corrosión toma muchas formas, de las cuales la más simple es el “ataque uniforme”. Esta es quizá la forma más comúnmente encontrada, y se caracteriza por el adelgazamiento progresivo y uniforme del componente metálico. Debido a esta uniformidad, es relativamente fácil para el ingeniero de diseño considerar un “margen de corrosión” al decidir el espesor del recubrimiento de un reactor o el de la pared de un tubo. La corrosión uniforme se aprovecha en varios de los procesos de acabado de metales en los que, a través de un control cuidadoso, es posible detener la corrosión en un punto en el que la superficie metálica atacada, tiene una apariencia atractiva o ha adquirido una capa deseada de producto de corrosión. La dificultad surge cuando, debido a una selección inadecuada de materiales, o debido a factores geométricos o de otro tipo, la corrosión ocurre de manera desigual, también llamada, corrosión localizada. Figura 2.1⁽¹⁸⁾



Los distintos tipos de corrosión que existen en los materiales metálicos, correspondientes a la corrosión localizada del cuadro anterior se muestran en la siguiente tabla. Tabla 2.1

Tipos de corrosión localizada

Tipos de corrosión localizada

Macroscópica Microscópica

Por picaduras Por esfuerzo

Por erosión. Fragilización por hidrógeno.

Por desgaste. Por agrietamiento.

Por oxidación Interganular

Galvánica.

Por sulfuración.

Por deszincación.

Por grafitación.

Materiales no metálicos.

La contaminación metálica de los productos debidos a la corrosión, ha llegado a convertirse en un tema muy importante y, en ciertos casos, es la responsable de las limitaciones en el empleo de metales para equipo de proceso. El uso de los materiales no metálicos, en particular los plásticos y los elastómeros, han resultado tener mucho éxito para evitar tanto la contaminación de los metales como la corrosión. Para comenzar a hablar de la corrosión primero debemos hablar de cómo se origina en los distintos lugares de trabajo. Haremos una breve mención de las condiciones que propician esta condición de los materiales, ya sea en tuberías, recipientes y equipos. ⁽⁶⁾

2.4 Mecanismos de corrosión

Existen muchos mecanismos por los cuales se verifica la corrosión, tal como se sabe es fundamentalmente un proceso electroquímico, y se clasifican de acuerdo a la apariencia del metal corroído.

2.4.1 Corrosión Electroquímica o Polarizada.

La corrosión electroquímica se establece cuando en una misma superficie metálica ocurre una diferencia de potencial en zonas muy próximas entre sí en donde se establece una migración electrónica desde aquella en que se verifica el potencial de oxidación más elevado, llamado área anódica hacia aquella donde se verifica el potencial de oxidación (este término ha quedado obsoleto, actualmente se estipula como potencial de reducción) más bajo, llamado área catódica.

El conjunto de las dos semireacciones constituye una celda de corrosión electroquímica.

2.4.2 Corrosión por Oxígeno.

Este tipo de corrosión ocurre generalmente en superficies expuestas al oxígeno diatómico disuelto en agua o al aire, se ve favorecido por altas temperaturas y presión elevada (ejemplo: calderas de vapor). El oxígeno provoca el llamado pitting (picado) en aquellas superficies muy pulidas y expuestas. La burbuja de oxígeno que se localiza forma un cátodo y el metal del seno que aloja dicha burbuja se transforma en un ánodo. Este tipo de corrosión es muy reactivo y puede desarrollarse en un breve lapso. La corrosión en las máquinas térmicas (calderas de vapor) representa una constante pérdida de rendimiento y vida útil de la instalación. ^(8,23)

2.4.3 Corrosión Microbiológica.

Algunos microorganismos son capaces de causar corrosión en las superficies metálicas sumergidas. Se han identificado algunas especies hidrógeno dependientes que usan el hidrógeno disuelto del agua en sus procesos metabólicos provocando una diferencia de potencial del medio circundante. Su acción está asociado al pitting (picado) del oxígeno o la presencia de ácido sulfhídrico en el medio. En este caso se clasifican las ferrobacterias.⁽³¹⁾ La corrosión influida por microorganismos en años recientes, en países desarrollados, ha recibido una gran atención por los especialistas en el área de la corrosión, por el innegable impacto que ha tenido en los diferentes materiales de construcción en las plantas industriales, y también por el desarrollo de nuevas técnicas electroquímicas que permiten cuantificar el impacto de los microorganismos sobre los fenómenos electroquímicos subyacentes en los procesos de corrosión.⁽¹⁹⁾

Los microorganismos colonizan cualquier tipo de material de construcción, bajo ciertas condiciones mínimas de nutrientes, y producen biopelículas. Las biopelículas son variadas en su composición, aunque usualmente incluyen bacterias, algas y hongos, sumado a material exopolimérico que proporciona adhesividad e integridad estructural a la colonia. En la biopelícula se absorben diversos tipos de materiales como por ejemplo: metales pesados, partículas inorgánicas y los constituyentes celulares. Las células dentro de la biopelícula crecen, se desarrollan y forman colonias que provocan anomalías sobre la superficie de la colonización generando la formación de cátodos y ánodos locales, provocando celdas de aireación diferenciales. La biopelícula puede evitar la entrada de oxígeno provocando que se genere una anaerobiosis dentro de la biopelícula.

El término de corrosión influenciada por microorganismos se utiliza para designar a la corrosión resultante de la presencia y actividad de microorganismo dentro de una biopelícula sobre un material. Los microorganismos pueden acelerar y controlar la velocidad de la corrosión mediante diversos mecanismos: formación de celdas de concentración diferencial; formación de metabolitos agresivos, tales como sulfuros o ácidos, oxidorreducción de metales, desactivación de inhibidores de la corrosión. Las bacterias aplicadas en los procesos de corrosión son: Hierro-oxidantes, Hierro-reductoras, sulfuro-oxidantes, sulfuro-reductoras, sulfato-reductoras, protectoras de ácido, productoras de amoníaco y productoras de hidrógeno. Las bacterias sulfato-reductoras se han encontrado comúnmente como las responsables de la corrosión en condiciones de anaerobiosis, mediante la producción de H_2S . Las bacterias depositadoras del metal, especialmente las del género oxidante del hierro, forman depósitos densos de células y iones metálicos, generando celdas

de concentración de oxígeno y por lo tanto de corrosión. Las bacterias exopoliméricas formadoras de ácido pueden enlazar iones metálicos de la fase acuosa incrementando las velocidades de corrosión mediante la generación de una reacción catódica adicional.⁽¹⁹⁾

2.4.4 Corrosión por Presiones Parciales de Oxígeno.

El oxígeno presente en una tubería por ejemplo, está expuesto a diferentes presiones parciales del mismo. Es decir una superficie es más aireada que otra próxima a ella y se forma una pila. El área sujeta a menor aireación (menor presión parcial) actúa como ánodo y la que tiene mayor presencia de oxígeno (mayor presión) actúa como un cátodo y se establece la migración de electrones, formándose óxido en una y reduciéndose en la otra parte de la pila. Este tipo de corrosión es común en superficies muy irregulares donde se producen obturaciones de oxígeno.

2.4.5 Corrosión Galvánica.

Es la más común de todas y se establece cuando dos metales distintos entre sí actúan como ánodo uno de ellos y el otro como cátodo. Aquel que tenga el potencial de reducción más negativo procederá como una oxidación y viceversa aquel metal o especie química que exhiba un potencial de reducción más positivo procederá como una reducción. Este par de metales constituye la llamada pila galvánica. En donde la especie que se oxida (ánodo) cede sus electrones y la especie que se reduce (cátodo) acepta los electrones.

2.4.6 Corrosión por Actividad Salina Diferenciada.

Este tipo de corrosión se verifica principalmente en calderas de vapor, en donde la superficie metálica expuesta a diferentes concentraciones salinas forman a ratos una pila galvánica en donde la superficie expuesta a la menor concentración salina se comporta como un ánodo.^(8,23)

2.5 Aproximación a la Corrosión de los Metales

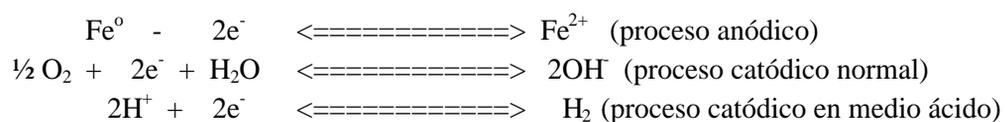
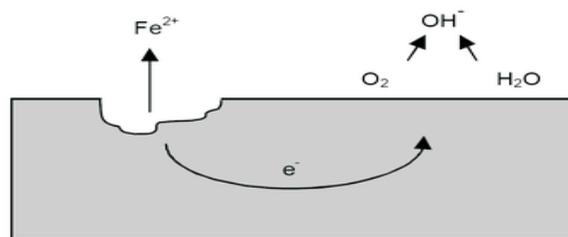


Figura 2.2 Esquema de la oxidación del hierro, ejemplo de la corrosión tipo polarizada

La corrosión de los metales es un fenómeno natural que ocurre debido a la inestabilidad termodinámica de la mayoría de los metales. Figura 2.2. En efecto, salvo raras excepciones (el oro, el hierro de origen meteorítico) los metales están presentes en la Tierra en forma de óxido, en los minerales (como la bauxita si es aluminio, la hematita si es hierro...). Desde la prehistoria, toda la metalurgia ha consistido en reducir los óxidos en bajos hornos, luego en altos hornos, para fabricar el metal. La corrosión, de hecho, es el regreso del metal a su estado natural, el óxido.^(6,22)

La corrosión es una reacción electroquímica (oxidorreducción) en la que intervienen dos factores:

- La pieza manufacturada
- El ambiente

A menudo se habla del acero inoxidable; el término es impropio por dos razones:

- Este tipo de acero contiene elementos de aleación (cromo, níquel) que se oxidan; a esta capa de óxido se debe la protección del acero;
- No está protegido más que en ciertos tipos de ambiente, y se corroerá en ambientes distintos.

Existen múltiples variedades de aceros llamados "inoxidables", que llevan nombres como "304", "304L", "316N", etc. correspondientes a distintas composiciones y tratamientos. Cada acero corresponde a ciertos tipos de ambiente; su uso en ambientes distintos será catastrófico. Además, el material del que está hecha la pieza no es el único parámetro. La forma de la pieza y los tratamientos a los que se le somete (conformación, soldadura, atornillado) tienen un papel primordial. Así, un montaje de dos metales diferentes (por ejemplo, dos variedades de acero, o el mismo acero con tratamientos diferentes) puede dar pie a una corrosión acelerada; además, a menudo se ven trazas de herrumbre en las tuercas. Asimismo, si la pieza presenta un intersticio (por ejemplo, entre dos placas), ahí puede formarse un medio confinado que evolucionará de un modo diferente del resto de la pieza y, por lo tanto, podrá llegar a una corrosión local acelerada. De hecho, toda heterogeneidad puede desembocar en una corrosión local acelerada, como, por ejemplo, en los cordones de soldadura.^(6,22)

2.6 Condiciones Ambientales Comúnmente Encontradas en las Diversas Áreas de una Planta.

Se inicia dividiendo los distintos ataques o deterioros, clasificándolos para poder abarcarlos de forma más cómoda.

- a) Ataque Mecánico.
- b) Ataque Natural.
- c) Ataque Químico.

2.6.1 Ataque Mecánico.

Como su nombre lo indica, es aquel que produce el deterioro de la superficie por acciones de tipo mecánico, por ejemplo:

- 1) Erosión causada por roce o arrastre de materiales.
- 2) Erosión por tránsito interno ocasionada por pisadas o paso de vehículos.
- 3) Deterioro por golpes.
- 4) Deterioro por vibraciones.
- 5) Deterioro por uso o manejo.

2.6.2 Ataque Natural.

Se considera como tal, aquel que es provocado o causado por las condiciones climatológicas propias del proceso o de la región donde esté ubicada la planta.

Lluvias. La precipitación pluvial llega a atacar algunos de los recubrimientos produciendo desprendimientos o lavado de la pintura de las superficies. Este factor debe considerarse para llevar a cabo trabajos de mantenimiento, ya que de lo contrario las tuberías al igual que el recipiente se verá afectada por las sales y la lluvia ácida que cae en determinada época del año, lo cual repercute en mayor oxidación y a su vez una reducción considerable del tiempo de vida útil del material.

Temperaturas y sus variaciones. Cuando en una superficie se presentan cambios violentos de temperatura, regularmente presentan elongaciones y contracciones de los recipientes así como de las tuberías, dicho problema puede ocasionar fisuras, cuarteaduras y desprendimientos. Una temperatura muy elevada afecta al material reblandeciéndolo y endureciéndolo lo cual ocasiona un problema muy común en los metales, puesto que cuando un metal es calentado para después enfriarlo de manera brusca cambia su composición, lo cual repercute en el cambio de composición del material, reduciendo su dureza y tiempo de vida útil.

Vientos. Está comprobado que el viento causa erosión sobre las superficies (erosión eoliana) y aunque también es un ataque de tipo mecánico es necesario mencionarlo ya que en algunos lugares por su intensidad es necesario tomarlo en cuenta. ⁽⁸⁾

Humedad. El agua en fase vapor que esta contenida en el ambiente se le denomina como "humedad", y se puede valorar por medio del psicómetro en términos de % de humedad relativa. La humedad ataca la capa de pintura al igual que a la superficie donde está aplicada. Así cuando no se utiliza un recubrimiento adecuado, se observará que la humedad reblandece y destruye la

pintura y al pasar de esta, comienza atacar la superficie. Por ejemplo a la madera la hinchará y deformará, a las superficies de acero las oxidará y en algunas de tipo pétreo, provocará reblandecimiento y afloración de sales (salitre).

Hongos y Plagas. Principalmente en ambientes húmedos y faltos de luz, se forman hongos que se alimentan de la materia orgánica que contienen algunas pinturas y consecuentemente continúan el ataque al material del recipiente o tubería. Se presentan en forma de manchas oscuras de difícil remoción. Existen otro tipo de plagas como polillas, jejenes, roedores, etc., que también deterioran en forma considerable la superficie de los materiales. ⁽⁸⁾

2.6.3 Ataque Químico.

Como su nombre lo indica, es aquel causado por agentes químicos.

Disolventes (líquidos o vapores). En la mayoría de los procesos industriales se utilizan diversos tipos de disolventes, ya sea como parte del mismo o para limpieza de equipos o áreas de trabajo, algunos ejemplos son: Alcoholes, gasolinas, cetonas, acetatos, y muchos más. En general todos ellos atacan fuertemente a la mayoría de las superficies, haciendo necesario utilizar recubrimientos especiales.

Ácidos y Alcalis. En general cualquier ácido o base en diferentes concentraciones es un factor de ataque muy importante para la protección de superficies. Es bastante común encontrar estos agentes en los procesos industriales y su acción llega a ser tan severa que en algunas ocasiones se tienen que utilizar materiales especiales en recipientes y tuberías para poder abatir su acción corrosiva.

Productos Corrosivos. Existe una gran variedad de productos químicos que atacan las superficies de recipientes y tuberías, de esta manera se incluirán todas aquellas que por sus propiedades caigan dentro de esta clasificación por ejemplo: aceites, salmuera, etc. Es importante valorar adecuadamente la forma en que se presentan los distintos agentes químicos que se han mencionado, pues la intensidad del ataque definitivamente presenta variaciones, por ejemplo: si está sólo o mezclado con otros, si se encuentra como vapor, salpicaduras o en un baño (inmersión), si la temperatura es alta o baja, si existe agitación, etc. ⁽⁸⁾

2.7 Naturaleza Electroquímica de la Corrosión.

ceden electrones convirtiéndose en cationes (Zn^{2+}) mientras que los iones H^+ aceptan estos electrones formando moléculas de H_2 . Las reacciones involucradas son la disolución del zinc para formar $ZnCl_2$ y producción de gas H_2 .⁽²⁶⁾

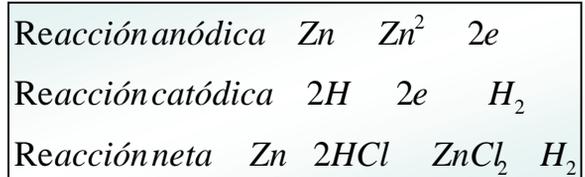
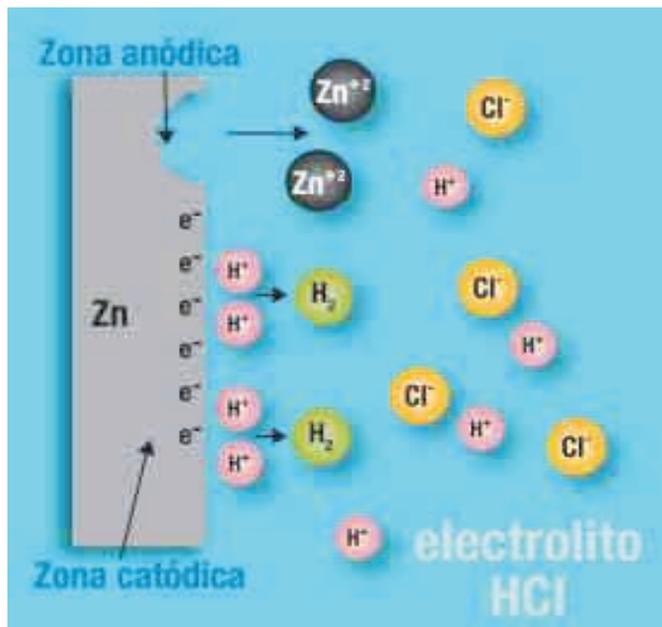


Figura 2.3 Ejemplo de reacción redox del zinc

Todos los metales presentan una tendencia a perder electrones (oxidarse) cuantificada a través de su potencial de oxidación. Entre más alto sea este potencial se dice que el metal es más noble (se oxida con mayor dificultad).⁽²⁶⁾

2.8 Termodinámica de los Procesos de Corrosión

Los metales poseen tendencias diferentes a corroerse en los diferentes medios, creando sobre una superficie diversas celdas galvánicas localizadas, es decir, que algunos metales tienden a ionizarse más fácilmente que otros. La corrosión es el proceso opuesto a la extracción del metal en su estado natural en la que existen como compuestos estables, termodinámicamente hablando, por lo que el metal regresará a ese estado cuanto más difícil sea su extracción, debido a la corrosión, pero la rapidez con la que ocurra dependerá de la naturaleza del metal, del medio, así como de la magnitud del potencial eléctrico.

El estudio de los cambios energéticos asociados con reacciones químicas es función de la termodinámica, y en base a estos cambios nos predice si la reacción va a ocurrir o no. Por lo que, cuando en el mismo electrolito tenemos sumergido dos metales (uno de alta y otro de baja energía) y se unen por medio de un conductor metálico, existirá un flujo de electrones del nivel de energía

más alto al nivel de energía más bajo; este flujo de electrones constituye una corriente eléctrica, medible si colocamos en serie un amperímetro con una unión eléctrica, así mismo podemos medir la diferencia de potencial entre los dos metales.

Al realizar una serie de mediciones de potenciales eléctricos de metales en un medio dado se crea una serie galvánica, en la que los metales más nobles (potenciales más positivos) sufren un mínimo de corrosión, mientras que los metales más activos se corroen rápidamente. En la práctica la medición de la diferencia de potencial para cada metal se hace en una solución en equilibrio con sus propios iones en condiciones estándar. Estas mediciones de diferencia de potencial se hacen sin el paso de corriente. Estas diferencias de potencial son lo que realmente se mide y no los valores absolutos, debido a que el sistema de medición es de celda o electroquímico. La reducción electroquímica toma lugar en la interfase metal-solución, creando un campo eléctrico medible, si tomamos como referencia cada uno de los electrodos. Este electrodo de referencia debe poseer un potencial estable y conocido. Por convención se asigna al electrodo normal de hidrógeno el valor potencial de 0.000 volts. En condiciones de que el hidrógeno tenga una fugacidad unitaria y el ion una actividad unitaria, este electrodo se abrevia como ENH.⁽¹⁹⁾

2.8.1 Equilibrio Termodinámico para una Reacción

La energía libre de Gibbs (G): $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, es una función termodinámica que nos dice que una reacción a temperatura y presión constantes es espontánea si la energía libre del sistema se abate: $\Delta G < 0$, asimismo predice las condiciones de equilibrio: $\Delta G = 0$.

El equilibrio termodinámico para una reacción electroquímica es una reacción en la que toman parte especies químicas y cargas eléctricas libres en forma de electrones:

$$\Delta G_q + ne^- = 0, \text{ en términos de energía.}$$

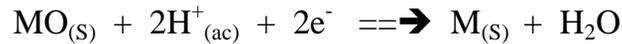
$$\Delta G_q + (nFE) = 0, \text{ en términos de potencial.}$$

$$E = E^0 + (2.303 RT/nF) \log [\text{Ox}]/[\text{Red}], \text{ Ecuación de Nernst.}$$

La factibilidad de que la corrosión ocurra nos lo dice la termodinámica, pero no nos dice que tan rápido ocurrirá. La aproximación termodinámica en la serie electromotriz, como base única para cualquier teoría de la corrosión, tiene grandes limitaciones, ya que sólo tomo en cuenta equilibrios electroquímicos, que involucran a los metales y a sus cationes, es decir, que es una reacción que depende del potencial. Hay otras reacciones que la serie no toma en cuenta, las cuales están en término de electrones de pH o de pOH.⁽¹⁹⁾

2.8.2 Diagrama de Pourbaix

La información termodinámica que describe el comienzo de la formación de películas pasivas puede presentarse de manera útil en la forma de un diagrama de fases isotérmico. El equilibrio de interés, expresado en la forma de reducción, es:



$$E = E^{\circ}_{\text{oxido/metal}} + (RT/F)\ln a_{\text{H}^+}$$

Considerar que:

(s) = sólido

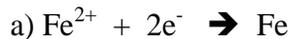
(ac) = acuoso

a = actividad

H^+ = iones hidrónico

De manera que las variables experimentales son el potencial y el pH, los diagramas para los sistemas metal/agua se conocen generalmente como diagramas de Pourbaix. En la figura 2.4 se muestra el sistema Fe/H₂O, en el cual se indican las condiciones experimentales de potencial y pH para las cuales son estables el hierro, sus distintos iones solvatados y dos de los óxidos principales a 25°C. De este modo, la región de estabilidad del Fe²⁺ está limitada por dos líneas horizontales que representan los equilibrios entre:

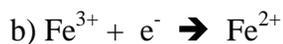
a) Fe_(s) / Fe²⁺_(ac) y b) Fe²⁺_(ac) / Fe³⁺_(ac); y dos líneas inclinadas que representan los equilibrios entre b) Fe²⁺_(ac) / Fe₃O₄(s) y d) Fe²⁺_(ac) / Fe₂O₃(s). A 25°C, estos son, respectivamente



$$E = E^{\circ} + (RT/2F) \ln (a_{\text{Fe}^{2+}} / a_{\text{Fe}})$$

$$E = -0.44 + 0.0295 \log (10^{-6} / 1)$$

$$E = -0.061 \text{ V.}$$



$$E = E^{\circ} + (RT/F) \ln (a_{\text{Fe}^{3+}} / a_{\text{Fe}^{2+}})$$

$$E = +0.77 + 0.059 \log (10^{-6} / 10^{-6})$$

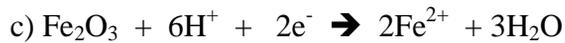
$$E = +0.77 \text{ V.}$$



$$E = E^{\circ} + (RT/2F) \ln (a_{\text{H}^+}^8 / a_{\text{Fe}^{2+}}^3)$$

$$E = +0.98 + 0.236\text{pH} - 0.088 \log 10^{-6}$$

$$E = +0.77 - 0.236\text{pH} \text{ V.}$$



$$E = E^\circ + (RT/2F) \ln (a_{\text{H}^+}^6 / a_{\text{Fe}^{2+}}^2)$$

$$E = +0.73 - 0.177\text{pH} - 0.059 \log 10^{-6}$$

$$E = +1.08 - 0.177 \text{pH V.}$$

Puede verse en la figura que las líneas son horizontales cuando los iones de hidrógeno no participan en el equilibrio y que son inclinadas cuando si lo hacen. Las líneas verticales, tal como la que separa las regiones de Fe^{3+} y Fe_2O_3 , se obtienen cuando no participan los electrones en el equilibrio (esto significa que, no hay oxidación). En todos los caso, las actividades de todos los iones excepto H^+ se toman iguales a 10^{-6} . Esto es debido en parte a que aún en el agua “pura” se tienen trazas de diversas sales y en parte, a que en cualquier circunstancia, pequeñas cantidades de algún metal disuelto producen iones en el orden de micromoles; sin embargo, se debe principalmente a que cuando las regiones que indican los límites de estabilidad de las fases se dibujan tomando esto en cuenta, corresponden con bastante precisión con el comportamiento de corrosión observado. Así para el hierro tiende a corroerse por encima de un potencial de alrededor de -0.6 V .⁽¹⁸⁾

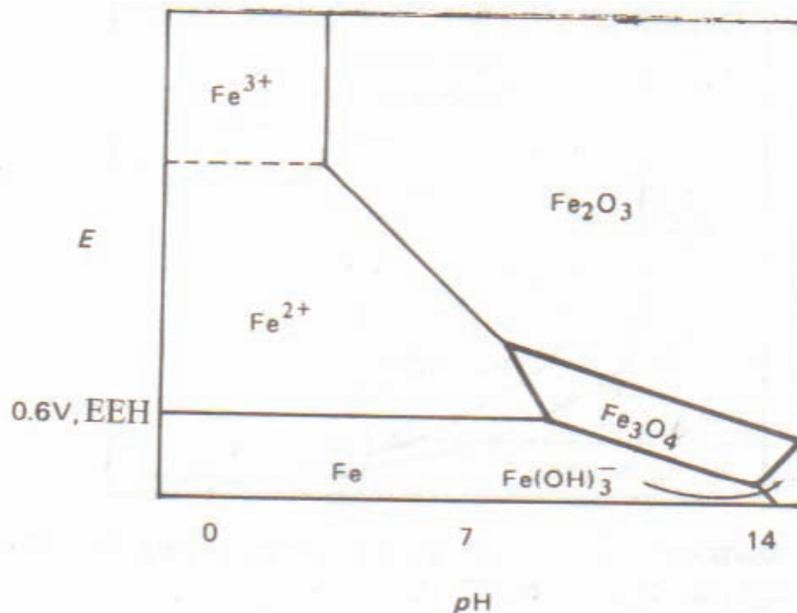


Figura 2.4 Diagrama de Pourbaix para el hierro en agua pura a 25°C. Los límites que separan las distintas regiones de estabilidad de fases representan equilibrio termodinámico en el cual las actividades de las especies iónicas son iguales a 10^{-6}

El diagrama de Pourbaix se simplifica generalmente en función de los dominios de comportamiento de corrosión. Las regiones que corresponden con los estados iónicos estables (Fe^{2+} , Fe^{3+} y $\text{Fe}(\text{OH})_3^-$) se denominan “dominios de corrosión”; las correspondientes a los compuestos sólidos pasivantes (Fe_2O_3 y Fe_3O_4), se denominan “dominios de pasividad”; mientras que el estado metálico (Fe) se designa como “inmune”. Tal diagrama simplificado resume el

comportamiento de corrosión que puede esperarse para el metal puro sumergido en agua pura, suponiendo que los sólidos pasivantes son realmente protectores. Figura 2.5

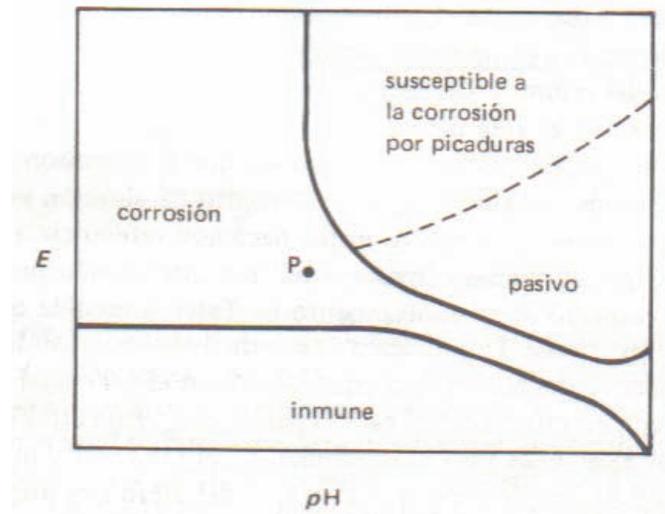


Figura. 2.5 Diagrama de Pourbaix para el hierro en el agua de mar a 25°C. Las regiones individuales han sido omitidas para mayor claridad y se han reemplazado por dominios de comportamiento de corrosión. El punto P indica las condiciones dentro de una picadura de corrosión. La línea interrumpida corresponde aproximadamente al potencial de picadura

Los ambientes corrosivos reales son menos puros y se encuentran a temperaturas distintas a 25°C. Por ejemplo, a temperaturas elevadas, las regiones ácida y alcalina correspondientes con el estado disuelto y son un tanto más grandes⁽¹⁸⁾

2.9 Ensayos de Exposición a Variaciones Cíclicas de la Temperatura en Atmósfera Húmeda y en Atmósfera Seca.

El objetivo de los ensayos de corrosión es conocer por anticipado el comportamiento frente a la corrosión de los recubrimientos protectores empleados. Sin embargo, hoy en día se reconoce que ningún ensayo puede definir exactamente dicho comportamiento, puesto que resulta prácticamente imposible predecir la conducta de un recubrimiento en cada una de las condiciones de corrosión o degradación posibles a las que puede estar sometido en su aplicación o servicio. Es por ello, que están aceptados y normalizados una serie de ensayos para repetir con eficacia las condiciones de un ensayo y para su reproducción en cualquier parte del mundo y con su propio ambiente. De entre los ensayos de laboratorio de corrosión acelerada, uno de lo más conocidos es *el ensayo en cámara climática con variación de temperatura y humedad*. Este ensayo consta de un número determinado y prefijado de ciclos, distinguiéndose diferentes tipos de ciclos en función de la funcionalidad de las piezas. De este modo, se pueden diferenciar ensayos específicos para el sector de automoción, electrónica, aeronáutica, bienes de equipo, etc. Para la interpretación de los resultados obtenidos en

estos ensayos, se atiende generalmente a la regla de no considerar como recubrimientos de la calidad requerida aquellos que, depositados sobre una muestra, no presenten una superficie de corrosión inferior al 1/1000 de la superficie ensayada.

2.10. Determinación de la Velocidad de Corrosión.

Pruebas Electroquímicas

Estos métodos miden la velocidad de reacción de corrosión de una muestra de metal de interés en un medio de prueba. Los métodos electroquímicos disponibles requieren de instrumentación especializada y la utilización de un medio de prueba acuoso. Los métodos de prueba que se describen a continuación, conducen a obtener experimentalmente la resistencia a la polarización (R_p), la cual es inversamente proporcional a la velocidad de corrosión.

Existen métodos alternativos para medir velocidades de corrosión tales como; Extrapolación de Tafel (ASTM G-5), Impedancia Electroquímica (ASTM G-106) y Ruido Electroquímico (ASTM G1.11.04) o equivalente.

2.10.1 Potencial de corrosión (PC).

La medida del Potencial de Corrosión (PC), es el análisis electroquímico más sencillo, pero que proporciona cierta información. La medida del PC requiere de un electrodo de referencia estable, un voltímetro de alta impedancia y de ser posible un sistema de captura de datos (posibles alteraciones en las medidas de potencial de referencia son debidas a la formación de una biopelícula). La sola medida del PC puede llevar a falsas interpretaciones, por lo tanto se recomienda, medir de manera paralela, la resistencia a la polarización (R_p). Los cambios de ambos parámetros se puede interpretar en términos de cambio en las velocidades de las reacciones parciales anódicas o catódicas, las cuales determinan la velocidad de corrosión.

2.10.2 Potencial Redox (PR).

El potencial de oxido-reducción de una solución, que usualmente se mide con un electrodo de platino y un calomel como referencia puede ser usado como una medida de la corrosividad del electrolito. De hecho, las medidas de PR se han utilizado para monitorear el cambio de las propiedades corrosivas de una solución como resultado del metabolismo bacteriano. Buena información se puede obtener de los procesos de corrosión combinando los datos de PR, PC, R_p .

2.10.1 Resistencia a la Polarización (Rp).

La principal ventaja de la técnica de Rp es la posibilidad de monitorear la velocidad de corrosión instantánea de un metal expuesto a un medio corrosivo. Por lo tanto esta técnica es muy adecuada para detectar los cambios en las velocidades de corrosión debido a la presencia de bacterias, inhibidores, luz solar, biocidas, etc. Como en los casos anteriores de evaluación de corrosión, la interpretación de los datos es el punto crítico. ⁽¹⁹⁾ La Rp se define como:

$$R_p = \left(\frac{\partial E}{\partial i} \right)_{i=i_{\text{corr}}}$$

El valor de Rp puede ser evaluado, por lo tanto, como la pendiente de la curva Potencial vs. Intensidad de Corriente, donde la intensidad de corrosión (i_{corr}) es calculada de Rp como:

$$I_{\text{corr}} = B / R_p$$

Donde $B = (b_a * b_c) / [(2.303)(b_a + b_c)]$

2.10.2 Método de Extrapolación de Tafel.

Es una polarización de alto campo, en la que se aplican sobrepotenciales de 250 a 300 mV tanto en sentido catódico, como anódico. La Figura 2.6 muestra una curva de polarización, con la extrapolación al potencial de corrosión. La extrapolación de las rectas de Tafel, anódica y catódica correspondientes a una reacción de corrosión controlada por transferencia de carga, permiten determinar la intensidad de corriente de corrosión (i_{corr}). La rapidez de corrosión puede calcularse mediante RC (mm/año) = 3223.413 * i_{corr} / D. Donde:

RC = Rapidez de corrosión.

i_{corr} = Densidad de corriente de corrosión (A/ cm²)

D = Densidad del material en estudio (gramos/cm³)

3223.413 = peso equivalente del metal en estudio (Fe) entre la constante de Faraday por el área del electrodo.

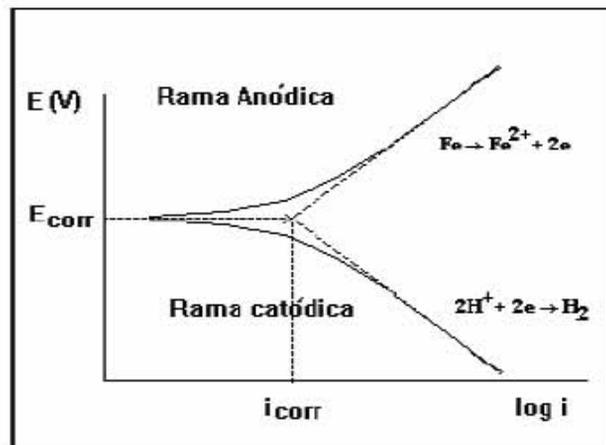


Figura 2.6 Curvas de extrapolación de Tafel

las rectas de Tafel anódica y catódica están descritas por la ecuación de Tafel:

$$\zeta = (b \log i) / i_{\text{corr}} \quad \text{ó} \quad \zeta = b (\log i - \log i_{\text{corr}})$$

siendo ζ = sobretensión
 b = pendiente

Las pendientes de Tafel anódica y catódica, b_a y b_c pueden determinarse de las ramas anódicas y catódicas de la representación gráfica de ζ vs. $\log i$, que por lo general se expresan en unidades de mV/ década. La ecuación de Tafel es una aproximación de la ecuación general de una reacción electroquímica controlada por el proceso de transferencia de carga. Las curvas de polarización pueden obtenerse en el estado estacionario, en condiciones galvanostáticas o potencioestáticas, polarizando el electrodo hasta potenciales ζ mayores de RT/F .

Debido precisamente a esta elevada polarización aplicada al electrodo de trabajo es posible que puedan tener cambios irreversibles, por lo que este método es de un valor limitado para propósitos de control de corrosión, aunque en diversos sistemas que presenten corrosión uniforme en medio ácido, las velocidades de corrosión determinadas por este método presentan una buena concordancia con los resultados obtenidos por las mediciones de pérdida de peso.

El principal inconveniente de la extrapolación de Tafel es que desplaza a la interfase de sus condiciones naturales, con la posibilidad de que no sea restablecido el estado estacionario inicial, o que tarde mucho tiempo. Tiene además como limitación que no es aplicable a sistemas pasivos, en los cuales la rama anódica describe una tendencia a mantener o reducir la salida de corriente a medida que se incrementa el potencial, haciendo imposible la extrapolación. ^(19,21)

2.11 Protección Contra la Corrosión.

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes:

- 1) Uso de materiales de gran pureza.
- 2) Presencia de elementos de adición en aleaciones, ejemplo aceros inoxidable.
- 3) Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar soluciones sólidas, como el alivio de tensiones.
- 4) Inhibidores que se adicionan a soluciones corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- 5) Recubrimiento superficial: pinturas, capas de óxido, recubrimientos metálicos.
- 6) Protección catódica. ⁽⁶⁾

La batalla contra la corrosión de los materiales se desarrolla en el campo de la termodinámica, y por eso es una batalla que está perdida. Figura 2.7. Sólo podemos prolongar la vida útil de las herramientas y estructuras; podemos valernos de la cinética y hacer creer que existen los aceros inoxidables, las pinturas anticorrosivas y los inhibidores de corrosión. Para entender las dificultades implícitas y lo efímero que resulta cualquier método de protección contra la corrosión es necesario conocer primero el grado de estabilidad del material que se pretende proteger.

Desde un punto de vista técnico los problemas de la corrosión se pueden enfrentar utilizando materiales de gran resistencia. El oro y el cobre lo son pero su costo y su baja tenacidad los hacen inadecuados para muchas aplicaciones industriales. La combinación del cobre con el estaño o con el zinc, aleaciones llamadas bronce y latón respectivamente, tienen mejor desempeño mecánico y mantienen una buena resistencia frente a la oxidación por lo que su diversificación ha sido mucho más importante. Pero es el aluminio el material más utilizado después del acero. Es liviano y de elevada resistencia a la corrosión y ha incursionado en el sector de los transportes y de la construcción, entre otros. El titanio por su parte es uno de los materiales más completos: es dos veces menos denso que el hierro y sus resistencias mecánica y química son excelentes. Debido a su alto costo, sus aplicaciones se limitan a sectores muy especializados como la industria aeroespacial, el sector biomédico (donde se destaca en la fabricación de prótesis), y en aplicaciones submarinas gracias a su altísima resistencia frente a la corrosión del agua de mar.

A diferencia de los óxidos de hierro, los de aluminio y titanio están firmemente cohesionados a la pieza, no son porosos y prácticamente no se fracturan: este comportamiento garantiza uno de los sistemas espontáneos de protección más eficientes contra la corrosión. Es este mismo mecanismo el que ha permitido obtener aceros especiales de gran resistencia química. ⁽²⁶⁾



Figura 2.7 En esta imagen podemos observar con claridad la formación de óxido de hierro en la superficie del metal, y a diferencia de los respectivos óxidos de aluminio y titanio, este es muy poroso y la capa que forma se desprende fácilmente.

La protección superficial de los materiales también se puede alcanzar artificialmente mediante la aplicación de recubrimientos. La deposición de capas metálicas o el uso de pinturas anticorrosivas, son métodos que prolongan la integridad de los aceros corrientes e incluso la de materiales más resistentes. Figura 2.8. Es importante destacar el enorme desarrollo en el campo de los recubrimientos orgánicos y la amplia gama de productos disponibles con propiedades y capacidades de protección muy específicas. Los recubrimientos actúan como una barrera frente a la difusión de los agentes oxidantes, aislando el metal y evitando su acumulación sobre la superficie. Sin embargo, las pinturas se degradan, también sufren procesos de oxidación y es usual que requieran, quizás con más frecuencia que otros métodos, planes de inspección y mantenimiento.⁽²³⁾



Figura 2.8 Probeta metálica sobre la cual se realiza una evaluación de un recubrimiento anticorrosivo de acuerdo a normas estandarizadas.

Cualquier esquema de protección contra la corrosión debe interferir, o modificar, el funcionamiento de la celda electroquímica. Los métodos mencionados anteriormente lo hacen básicamente evitando la formación de un electrolito sobre el material. En sistemas cerrados donde el ambiente corrosivo no se renueva, o lo hace muy lentamente, se han empleado inhibidores químicos, productos que se disuelven en el medio, lo modifican y reducen las velocidades de corrosión. Otros métodos interfieren directamente con la distribución de cargas en el material. La protección catódica por ejemplo, se refiere al empleo de una corriente proveniente de una fuente externa que se opone a la corriente de corrosión en las áreas anódicas de la estructura metálica sumergida en un medio conductor. En este caso toda la estructura se comporta como una zona catódica y los electrones no provienen del metal (lo que causaría la corrosión) sino de la fuente externa. Sólo los sistemas enterrados o inmersos pueden ser protegidos de esta manera gracias a la existencia de un medio más o menos conductor, requisito para lograr la distribución homogénea de los potenciales.⁽²⁶⁾

2.7.1 Protección Catódica.

La protección catódica es quizá el método más importante de todos los intentados para conseguir el control de la corrosión. Por medio de una corriente eléctrica aplicada exteriormente, la corrosión se reduce virtualmente a cero y se puede mantener una superficie metálica en un medio corrosivo sin sufrir deterioro durante un tiempo indefinido.⁽¹⁷⁾

La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, que está siendo aplicada con mayor éxito en el mundo entero, en que cada día se hacen necesarias nuevas instalaciones de ductos para transportar petróleo, productos terminados, agua; así como para tanques de almacenamiento, cables eléctricos y telefónicos enterrados y otras instalaciones importantes. En la práctica se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón, y aluminio, contra la corrosión en todos los suelos y, en casi todos los medios acuosos. De igual manera, se puede eliminar el agrietamiento por corrosión bajo tensiones por corrosión, corrosión intergranular, picaduras o tanques generalizados.⁽³⁰⁾

El mecanismo de protección depende de la corriente externa que polariza los elementos catódicos de las pilas de acción local al potencial de circuito abierto de los ánodos. La superficie se hace equipotencial (los potenciales de ánodos y cátodos adquieren el mismo valor) y así, las corrientes de corrosión no continúan influyendo. O visto de otro modo, aplicando una densidad de corriente externa de valor suficientemente elevado, entra en el metal en todas las regiones de su superficie (incluyendo las áreas anódicas) una corriente positiva neta, que elimina la tendencia de los iones metálicos a disolverse.⁽¹⁷⁾

Como condición fundamental las estructuras componentes del objeto a proteger y del elemento de sacrificio o ayuda, deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrólito.⁽³⁰⁾

Como se Aplica la Protección Catódica

La protección catódica requiere de una fuente de corriente continua (c.c.) y un electrodo auxiliar (ánodo), por lo general de hierro o grafito, situado a cierta distancia de la estructura a proteger. El terminal positivo de la fuente de c.c. se conecta al electrodo auxiliar y al terminal negativo a la estructura a proteger; de esta manera la corriente fluye del electrodo a través del electrólito a la estructura.

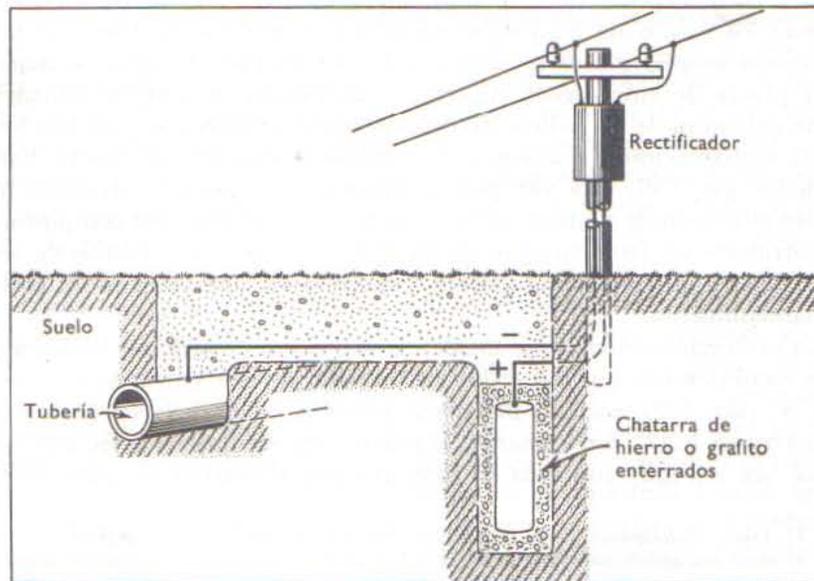


Figura. 2.9 Esquema de tubería protegida catódicamente, ánodo auxiliar y rectificador.

El voltaje a aplicar no es crítico, sólo se necesita que sea suficiente para suministrar una densidad de corriente adecuada a todas las partes de la estructura a proteger. En suelos y aguas de resistividad elevada, el voltaje aplicado deberá ser más alto que en medios de baja resistividad. También tendrá que elevarse el voltaje cuando se trate de proteger los extremos de una larga tubería con un sólo ánodo. Figura 2.9 En general, la fuente de corriente suele ser de un rectificador que suministra c.c. de varios amperios.⁽¹⁷⁾ La protección catódica no elimina la corrosión, está remueve la corrosión de la estructura a ser protegida y la concentra en un punto donde se descarga la corriente.

2.11.1.1 Sistemas de Protección Catódica.

1) Ánodo Galvánico

Se fundamenta en el mismo principio de la corrosión galvánica, en la que un metal más activo es anódico con respecto a otro más noble, corroyéndose el metal anódico. En la protección catódica con ánodo galvánico, se utilizan metales fuertemente anódicos conectados a la tubería a proteger, dando origen al sacrificio de dichos metales por corrosión, descargando suficiente corriente, para la protección de la tubería.

La diferencia de potencial existente entre el metal anódico y la tubería a proteger, es de bajo valor porque este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente, pequeñas estructuras y en medio de baja resistividad.

Características de un Ánodo de Sacrificio.

- 1) Debe tener un potencial de disolución lo suficientemente negativo, para polarizar la estructura de acero (metal que normalmente se protege) a -0.8 V. El potencial práctico de disolución puede estar comprendido entre -0.95 a -1.7 V;
- 2) Corriente suficientemente elevada, por unidad de peso de material consumido;
- 3) Buen comportamiento de polarización anódica a través del tiempo;
- 4) Bajo costo.

Tipos de Ánodos.

Considerando que el flujo de corriente se origina en la diferencia de potencial existente entre el metal a proteger y el ánodo, éste último deberá ocupar una posición más elevada en la tabla de potencias (serie electroquímica o serie galvánica). Figura 2.10 y 2.11.

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se utilizan en la protección catódica son: Magnesio y en menor cantidad Zinc y Aluminio.

Magnesio: Los ánodos de Magnesio tienen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación. Están diseñados para obtener el máximo rendimiento posible, en su función de protección catódica. Los ánodos de Magnesio son apropiados para oleoductos, pozos, tanques de almacenamiento de agua, incluso para cualquier estructura que requiera protección catódica temporal. Se utilizan en estructuras metálicas enterradas en suelo de baja resistividad hasta 3000 ohmio-cm.

Zinc: Para estructura metálicas inmersas en agua de mar o en suelo con resistividad eléctrica de hasta 1000 ohm-cm.

Aluminio: Para estructuras inmersas en agua de mar.

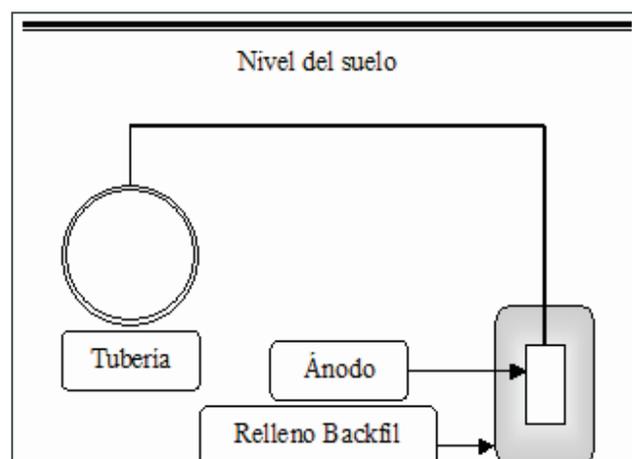


Figura 2.10 Diseño de instalación para ánodo galvánico.

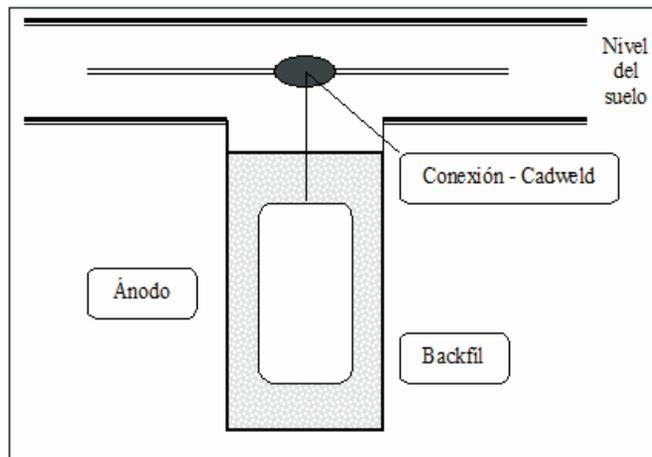


Figura 2.11 Diseño de instalación para ánodo galvánico.

Material	Eficiencia	Rendimiento am-hr/kg	Contenido de energía am-hr/kg	Potencial de trabajo(voltio)	Relleno
Zinc	95%	778	820	-1.10	50%yeso;50%bentonita
Magnesio	95%	1102	2204	-1.45 a -1.70	75%yeso;20%bentonita;5%so4na2
Aluminio	95%	2817	2965	-1.10	

Figura 2.12 Características de ánodos galvánicos.

Los ánodos de sacrificio sirven esencialmente como fuentes de energía eléctrica transportable y son útiles en particular cuando no es posible obtener energía eléctrica con facilidad o en circunstancias en las que no es conveniente o disponible económicamente instalar líneas de energía para este propósito. Figura 2.12⁽²⁴⁾

2) Corriente Impresa

En este sistema se mantiene el mismo principio fundamental, pero tomando en cuenta las limitaciones del material, costo y diferencia de potencial con los ánodos de sacrificio, se ha ideado este sistema mediante el cual el flujo de corriente requerido, se origina en una fuente de corriente generadora continua regulable o, simplemente se hace uso de los rectificadores, que alimentados por corriente alterna ofrecen una corriente eléctrica continua apta para la protección de la estructura.

La corriente externa disponible es impresa en el circuito constituido por la estructura a proteger y la cama anódica. La dispersión de la corriente eléctrica en el electrolito se efectúa mediante la ayuda de ánodos inertes cuyas características y aplicación dependen del electrolito.

El terminal positivo de la fuente debe siempre estar conectado a la cama de ánodo, a fin de forzar la descarga de corriente de protección para la estructura. Este tipo de sistema trae consigo el beneficio de que los materiales a usar en la cama de ánodos se consumen a velocidades menores, pudiendo descargar mayores cantidades de corriente y mantener una vida más amplia.

En virtud de que todo elemento metálico conectado o en contacto con el terminal positivo de la fuente e inmerso en el electrólito es un punto de drenaje de corriente forzada y por lo tanto de corrosión, es necesario el mayor cuidado en las instalaciones y la exigencia de la mejor calidad en los aislamientos de cables de interconexión

Ánodos utilizados en la corriente impresa

Chatarra de hierro: Por su economía es a veces utilizado como electrodo dispersor de corriente. Este tipo de ánodo puede ser recomendado para su utilización en terrenos de resistividad elevada y es aconsejable que se rodee de un relleno artificial constituido por carbón de coque. El consumo medio de estos lechos de dispersión de corriente es de 9 Kg/Am*Año

Ferrosilicio: Este ánodo es recomendable en terrenos de media y baja resistividad. Se coloca en el suelo incado o tumbado rodeado de un relleno de carbón de coque. A intensidades de corriente baja de 1 Amp, su vida es prácticamente ilimitada, siendo su capacidad máxima de salida de corriente de unos 12 a 15 Amp por ánodo. Su consumo oscila a intensidades de corriente altas, entre 0.5 a 0.9 Kg/Am*Año. Su dimensión más normal es la correspondiente a 1500 mm de longitud y 75 mm de diámetro.

Grafito: Puede utilizarse principalmente en terrenos de resistividad media y se utiliza con relleno de grafito o carbón de coque. Es frágil, por lo que su transporte y embalaje debe ser de cuidado. Sus dimensiones son variables, su longitud oscila entre 1000-2000 mm, y su diámetro entre 60-100 mm, son más ligeros de peso que los ferrosilicios. La salida máxima de corriente es de 3 a 4 amperios por ánodo, y su desgaste oscila entre 0.5 y 1 Kg/Am*Año

Titanio-Platinado:

2.11.2 Protección Anódica.

Algunos metales, por ejemplo el hierro y los aceros inoxidable, también pueden protegerse con eficacia convirtiéndolos en ánodos y variando su potencial hasta la zona pasiva de la curva de polarización anódica. El potencial pasivo se mantiene en forma automática, por lo general electrónicamente por medio de un aparato llamado potenciostato. La protección anódica ha

encontrado aplicación en particular para manipular ácido sulfúrico, pero también es aplicable a otros ácidos, por ejemplo, ácido fosfórico y a álcalis y a algunas soluciones salinas. Puesto que los iones halógenos destruyen la pasividad del hierro y de los aceros inoxidable, no es posible la protección anódica de estos metales en HCl y soluciones salinas de cloruros, y si se contamina un electrolito con Cl⁻, el peligro de que se produzcan picaduras será grande, incluso en medios en los que de otro modo estos metales podrían ser pasivos.

Es típico de la protección anódica que las velocidades de corrosión, aunque pequeñas, no se reduzcan a cero, al caso contrario de la protección catódica del acero. Por otra parte, las densidades de corriente requeridas en ácidos corrosivos son por lo general mucho más bajas que para la protección catódica, puesto que para esta última la corriente no puede ser menor que el equivalente normal de la corriente de corrosión en el mismo medio. Para los aceros inoxidable este valor de densidad de corriente corresponde a la alta velocidad de corrosión de las aleaciones en estado activo. Se ha indicado que en la protección anódica se obtiene un elevado poder de penetración (protección a distancias alejadas del cátodo en áreas aisladas eléctricamente), que excede con mucho al obtenido en la protección catódica.⁽¹⁷⁾

2.12 Inhibidores de Corrosión.

Los inhibidores son sustancias químicas que adicionadas en pequeñas cantidades, ayudan a controlar el fenómeno de la corrosión, ya que detienen, desaceleran u obstaculizan las reacciones del metal con el medio. Los inhibidores de corrosión se utilizan, entre otros medios para sistemas acuosos. Estos sistemas incluyen: sistemas de enfriamiento con recirculación abierta y cerrada, sistemas utilizados en la industria petrolera como en líneas de tubería, refinación y plantas geotérmicas. Asimismo, se utiliza en sistemas de calentamiento de agua, fuentes de energía, sistemas utilizados en la generación de energía y procesos de obtención de minerales como flotación.

2.12.1 Clasificación de los Inhibidores.

Existen varias formas de clasificar los inhibidores de corrosión, de las cuales la más aceptada es debida a su mecanismo de acción. Esta clasificación comprende a los inhibidores pasivadores, convertidores de película, inhibidores de adsorción ó de película, neutralizantes, secuestrantes y misceláneos. Los primeros tres grupos son los más numerosos y corresponden a compuestos que pueden formar barreras entre el metal y el medio agresivo, mientras que los secuestradores y

neutralizadores actúan sobre el medio, eliminando agentes agresivos, tales como el ión hidrógeno o el oxígeno disuelto entre otros.⁽²⁸⁾

Para la protección interior y exterior de equipos y tuberías, la familia de inhibidores más utilizada es la de los inhibidores que actúan por adsorción o de película. Este tipo de compuestos se adsorben sobre la superficie del metal formando películas delgadas que resultan de la atracción física o química entre el compuesto y la superficie del metal.

Su nivel de protección depende tanto de su concentración, que conduzca a una cobertura de la superficie, como de la fuerza de atracción entre el metal y el compuesto. Las barreras de inhibidor formadas son hidrofóbicas, las cuales rechazan la fase acuosa que contiene las especies corrosivas. De acuerdo a otras formas de clasificación, estos inhibidores pueden clasificarse en anódicos, catódicos o mixtos, de acuerdo a la reacción que inhiben preferentemente, o bien, de acuerdo a su composición química, estos compuestos son de tipo orgánico.

Por otro lado, dentro de los inhibidores misceláneos se encuentran los biocidas, los cuales son compuestos químicos que se utilizan para disminuir y controlar la población de bacterias. Pueden ser considerados como inhibidores de la corrosión, ya que al disminuir la población bacteriana, la corrosión ocasionada por la presencia de esta clase de microorganismos, también disminuye. Hoy en día es muy importante el desarrollo de inhibidores de corrosión no tóxicos y compatibles con el medio ambiente, la cual es un área de gran importancia en el campo de la ciencia y tecnología de la corrosión.⁽²⁰⁾

Inhibidores Inorgánicos

Los inhibidores inorgánicos son mejores conocidos como carbonato, hidróxido, fosfato y silicatos sódicos, que constituyen soluciones alcalinas que previenen la corrosión de los metales en el agua en presencia de oxígeno. También son conocidos como inhibidores alcalinos, en donde la presencia del grupo funcional OH^- proporciona el efecto inhibidor. Este otro grupo de inhibidores inorgánicos que se utilizan en un medio ácido. En donde el efecto es máximo en presencia de iones calcio, Ca^{2+} y trazas de iones Hierro, Fe^{2+} . El inhibidor más conocido de este tipo, es el denominado Calgón. Estos inhibidores se pueden clasificar a su vez, en oxidantes y no oxidantes. Los inhibidores inorgánicos interactúan con la superficie metálica formando una capa delgada de productos de reacción.

Inhibidores Orgánicos.

Los inhibidores orgánicos casi siempre actúan por adsorción en la superficie metálica. Esto es debido a que los compuestos orgánicos están formados por cadenas de moléculas, con grupos funcionales específicos para lograr la adsorción sobre la superficie metálica. La estructura química de la molécula del inhibidor determina que componente y como afecta al sistema. De esta manera, los inhibidores más utilizados en la industria son de tipo orgánico.

Los factores principales que determinan la eficiencia de un inhibidor orgánico son:

- a) El tamaño de la cadena orgánica.
- b) La aromaticidad y/o enlace conjugado.
- c) Los grupos radicales que forman al compuesto.
- d) La orientación espacial de éstos grupos en el compuesto orgánico.

Según el funcionamiento de éstos inhibidores, pueden denominarse como:

- a) Aceptores de protones. Considerados adsorbentes de sitios catódicos. Los materiales en este grupo aceptan al ión hidrógeno como protón y éste migra hacia el cátodo.
- b) Aceptores de electrones. Considerados como adsorbentes de sitios anódicos. Estos funcionan como inhibidores debido a que tienen la habilidad de aceptar electrones y son más efectivos para reacciones de corrosión de control anódico.
- c) Moléculas mixtas. Pueden adsorberse sobre cualquiera de las dos superficies. Estas moléculas contienen más de un grupo orientador, por lo que pueden actuar de las dos formas.⁽²⁰⁾

Inhibidores de Corrosión No Tóxicos y Biodegradables.

Si bien se han estudiado innumerables compuestos que pueden actuar como inhibidores de corrosión en medios acuosos, la gran mayoría no cumplen con los requisitos que plantean las nuevas normativas de toxicidad y de protección del medio ambiente. Los compuestos de cromo (VI), de comprobada actividad carcinogénica, juegan un papel fundamental en las formulaciones de inhibidores para medios neutros. Pero además se usan como inhibidores del tipo barrera de conversión, sobre todo en superficies que deban recibir un tratamiento posterior (pintado, barnizado, etc.), al que sirven de anclaje. El desarrollo de inhibidores de corrosión no tóxicos y compatibles con el medio ambiente es un área de gran importancia en el campo de la ciencia y tecnología de la corrosión como alternativa al uso de cromatos, altamente contaminante. Una de las estrategias posibles consiste en la sustitución de dichas sustancias por compuestos que formen

una monocapa autoensamblada (SAM) sobre el metal a proteger, preparada a partir de compuestos no tóxicos y que puedan funcionalizarse convenientemente según el uso final. En este sentido, los desarrollos de SAM apuntan al empleo de ácidos grasos como inhibidores de corrosión en medios ácidos y neutros.

Los ácidos carboxílicos alifáticos cumplen con los principales requisitos: buenas características de inhibición, bajo costo, baja toxicidad y biodegradabilidad. Mezclas de este tipo de compuestos ya se usan en los sistemas de refrigeración en la industria automotriz. Se supone que la necesidad de usar mezclas de mono y dicarboxilatos de distinta longitud de cadena está asociada a la diferente estructura de las películas que estos compuestos forman sobre distintos metales. Sin embargo no existe evidencia experimental al respecto y los sistemas inhibidores se formulan empíricamente.

Aunque ha quedado demostrado que el empleo de estos ácidos grasos ayuda a que la velocidad de corrosión del aluminio disminuya a medida que aumenta la concentración del ácido graso utilizado como inhibidor. La tendencia al picado del aluminio disminuye a medida que aumenta la concentración del inhibidor de corrosión.

La distribución de varias bandas en el infrarrojo indican la coexistencia de diferentes especies sobre la superficie, que pueden asociarse a reacciones de competencia entre adsorción y formación de complejos de los carboxilatos en la superficie metálica; el tipo de complejo formado depende de las características de cada ácido carboxílico y de las condiciones experimentales.⁽²⁸⁾

Inhibidores de Corrosión Vaporizados.

Los inhibidores de corrosión volátiles (o de fase vapor) son sustancias químicas vaporizantes que combaten la corrosión mediante la formación de barreras iónicas sobre las superficies metálicas. Estas barreras obstaculizan que la humedad y los agentes corrosivos disueltos en ella, reaccionen con los átomos metálicos e inicien la corrosión. Figura 2.13

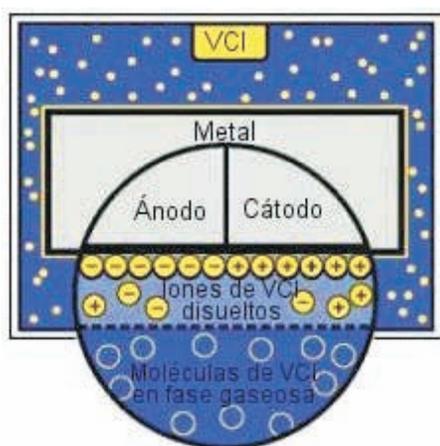


Figura 2.13 Acción de los inhibidores de corrosión.

Este dibujo representa a una pieza metálica (rectángulo gris) dentro de un recipiente cerrado. En la parte superior, el rectángulo amarillo con las letras VCI, representa a un emisor de vapores protectores. Los puntos amarillos representan al vapor inhibidor y el color azul a la humedad.

Dentro del círculo, que representa la magnificación de una lupa, podemos observar como los puntos amarillos (con cargas + y -) han formado una barrera de átomos cargados con electricidad (iones) entre la superficie de la pieza metálica y el agua líquida que se ha condensado sobre ella.⁽²⁷⁾

Así

Evaporación
 Acondicionamiento de la atmósfera.
 Emigración des.
 Disolución
 adheridas sobre el metal.
 Desplazamiento de los iones protectores dentro del agua (electrolito) hacia la superficie metálica.
 Formación de una película delgada y monomolecular sobre la superficie metálica.
 Gracias a la saturación protectora se resana y reemplaza mediante nuevas condensaciones de vapor.

2.12.2 Compatibilidad entre Inhibidores Inyectados y Con los Materiales de la Instalación.

La inyección de inhibidores en un sistema ya sea de ductos o equipo, debe considerar la naturaleza de los fluidos conducidos, direcciones, corrosividad, características de los inhibidores inyectados en cada punto, puntos de intersección de los fluidos, de manera que en los sitios de integración de los flujos con diferentes inhibidores, no se provoquen reacciones antagónicas o que puedan ocasionar el envenenamiento de alguno de los inhibidores utilizados. La inyección de inhibidor en el fluido, ya sea en laboratorio o en campo, no debe representar ningún problema operativo, toxicidad.

Asimismo, se deben considerar las propiedades de los materiales y accesorios que forman parte integral de las instalaciones, ya que los inhibidores de la corrosión no deben alterar las propiedades del fluido transportado, dañar los empaques, sellos y accesorios de las bombas, válvulas, o sistemas de inyección de producto. Previo a la adquisición de los inhibidores de corrosión, y para evitar problemas posteriores, se deben de considerar todos los factores y variables mencionadas, a fin de que los productos de inhibición de la corrosión sean eficientes durante su aplicación, asimismo, estos requerimientos, se deben relacionar en las bases de licitación para cumplimiento por parte de las Compañías proveedoras, de los requerimientos de usuario.

2.12.3 Selección de Inhibidores de Corrosión.

Algunas de las consideraciones preliminares que deben tomarse en cuenta para la selección de un inhibidor de la corrosión son:

- Conocer la composición del fluido, ya que está relacionada con la existencia de compuestos corrosivos como el ácido sulfhídrico, bióxido de carbono, determinación de parafinas o asfaltenos, cloruros o bacterias, sustancias que dificultarán el mecanismo de formación de la película del inhibidor entre otros aspectos.
- La relación de flujo/volumen, es determinante para calcular la dosificación del inhibidor necesario para proteger adecuadamente de la corrosión interior en un ducto.
- Cuando se eleva la relación agua/aceite, el tiempo de contacto de un punto dado del sistema con el agua se incrementa, al igual que la velocidad de corrosión, por lo que, si el contenido de agua o la fase acuosa predomina, el criterio de selección debe ser orientado a un producto soluble en agua.
- La temperatura es un factor de importancia en la selección de un inhibidor, ya que a mayor temperatura un inhibidor puede tornarse inefectivo, puede cambiar su solubilidad o degradarse, en temperaturas superiores a 150°C son muy pocos los inhibidores que pueden permanecer efectivos, se deben realizar pruebas para determinar si el inhibidor cambia sus propiedades cuando se vea sometido a la temperatura máxima de operación del ducto.
- Se deben realizar evaluaciones de compatibilidad del inhibidor con el fluido mismo, así como con otros productos que se adicionen al ducto, además de las pruebas de tendencia a la emulsión, formación de espuma y solubilidad del inhibidor en salmuera, con el fluido a donde se pretende mezclar.
- Considerar las características particulares del fluido y del yacimiento de procedencia, volumen del producto manejado, especificaciones del ducto, servicio para el que fue diseñado, antecedentes de fugas por corrosión interior, así como el costo-beneficio.

Cuando se escoge un inhibidor de corrosión se deben considerar varias cosas.

- Los materiales que se van a proteger.
- El tiempo efectivo de protección (1 semana, 1 mes, 1 año, etc.)
- El método de aplicación (inmersión, aspersion, cepillado, etc.)
- Tipo de protección requerida (en proceso, almacenamiento o embarque).
- Manejo de la pieza y eliminación de la huella digital.

- Tipo y espesor del recubrimiento deseado.
- Condiciones de almacenaje, empaque y/o embarque (condiciones de temperatura, humedad y condiciones ambientales).
- Métodos de remoción (sí son requeridos).
- Requerimientos ambientales, de salud y de seguridad.⁽²⁷⁾

2.13 Recubrimientos.

Los recubrimientos resistentes a la corrosión generalmente pueden dividirse en las siguientes categorías:

- a) Recubrimientos metálicos.
- b) Recubrimientos inorgánicos.
- c) Recubrimientos orgánicos.

De donde puede verse que el ingenio del hombre ha encontrado muchas formas distintas de barreras, que difieren en costos, facilidad de aplicación, efectividad y perduración. Si bien los diferentes tipos de recubrimientos pueden depender de varios mecanismos protectores, todos tienen en común un objetivo principal, excluir el agua y el aire de la superficie metálica.⁽¹⁸⁾

2.13.1 Recubrimientos Metálicos

La mayor parte de los recubrimientos metálicos se aplican bien sea por una breve inmersión en un baño del metal en fusión, llamado *inmersión en caliente*, o *galvanostegia* en un electrólito acuoso. En menor extensión también se aplican recubrimientos por otros procedimientos. La *metalización por rociado* emplea una pistola que al mismo tiempo funde y proyecta pequeñas gotas de metal, por lo general por medio de un chorro de aire, sobre la superficie a cubrir. Los recubrimientos obtenidos son porosos, pero se puede conseguir que sean adherentes y casi de cualquier espesor que se desee. Una de las ventajas de estos recubrimientos, es que se pueden aplicar sobre estructuras prefabricadas. En ocasiones con el objeto de aumentar la protección contra la corrosión, se rellenan los poros con resina termoplástica.⁽¹⁷⁾

Clasificación de los Recubrimientos.

Todos los recubrimientos metálicos preparados comercialmente son en mayor o menor grado porosos. Además los recubrimientos tienden a dañarse durante el transporte o en su utilización. Por lo tanto, la acción galvánica en la base de un poro o de un arañazo se convierte en un factor

importante para determinar las características de un recubrimiento. Desde el punto de vista de corrosión, los recubrimientos metálicos pueden dividirse en dos clases: 1) nobles y 2) de sacrificio.

Figura 2.14

Los **Recubrimientos nobles**, por ejemplo Ni, Ag, Cu, Pb, o Cr sobre el acero, son nobles en las series galvánicas con respecto al metal base. En los poros expuestos, la dirección de la corriente galvánica acelera el ataque del metal base e inevitablemente mina el recubrimiento. En consecuencia es importante que los recubrimientos nobles se preparen siempre con la mínima cantidad de poros y que tales poros, cuando existan, sean tan pequeños como resulte posible, de forma que retracen el acceso del agua al metal base. Esto por lo general, requiere aumentar el espesor del recubrimiento. A veces se rellenan los poros con una laca orgánica, o se difunde el recubrimiento a temperaturas elevadas.

Los **Recubrimientos de sacrificio**, son por ejemplo Zn, Cd, y en ciertos medios también el Al y Sn sobre acero. La corriente galvánica a través del electrolito se dirige desde el recubrimiento al metal base, como resultado de lo cual el metal base queda protegido catódicamente. En tanto que fluya la corriente adecuada y se mantenga el recubrimiento en contacto eléctrico, no se originará la corrosión del metal base. Por lo tanto, al contrario del caso de recubrimientos nobles, el grado de porosidad de los recubrimientos de sacrificio no tiene gran importancia.⁽¹⁷⁾

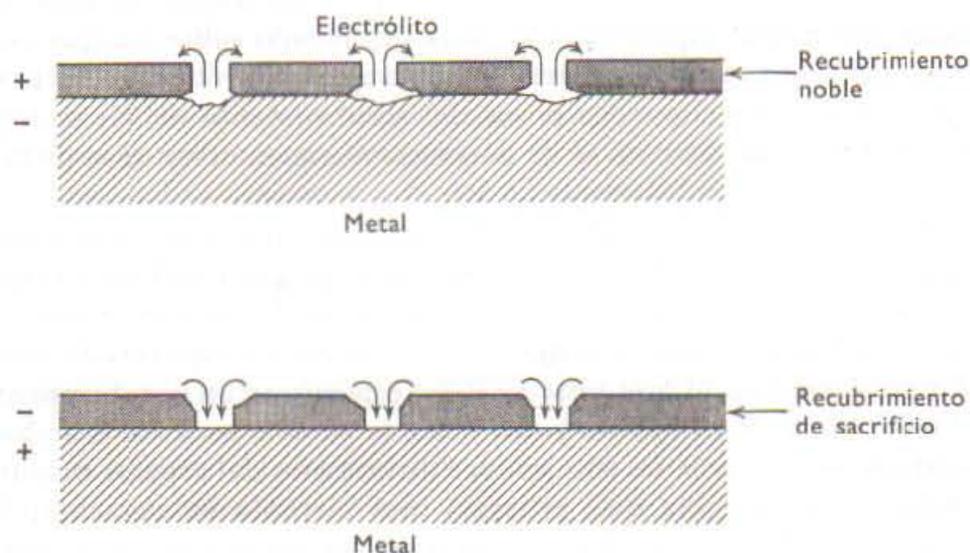


Figura.2.14 Esquema del flujo de corriente en los defectos de un recubrimiento noble y otro de sacrificio.

2.13.2 Recubrimientos Inorgánicos.

En este grupo de recubrimientos se localizan: los esmaltes vítreos, recubrimientos de cemento Pórtland, recubrimientos obtenidos por transformación química.

Esmaltes vítreos. Los esmaltes vítreos, revestimientos de vidrio y esmaltes de porcelana, son todos en esencia recubrimientos de un coeficiente de expansión adecuado, fundidos sobre los metales. Estos recubrimientos se aplican principalmente sobre acero, pero también es posible aplicar algunos sobre cobre, bronce y aluminio. Los vidrios, que en esencia se componen de borosilicatos alcalinos, pueden formularse para resistir ácidos fuertes y álcalis suaves o ambos. Su elevada calidad protectora se debe a su virtual impenetrabilidad al agua y al oxígeno aun durante tiempos de exposición relativamente largos, y por su estabilidad y duración a temperaturas ambiente y superiores. El principal inconveniente de los recubrimientos de vidrio la constituye su susceptibilidad al deterioro mecánico y agrietamiento por choque térmico.

Recubrimientos de cemento Pórtland. Estos tienen la ventaja de su bajo costo, coeficiente de expansión parecido al del acero, y son de fácil aplicación y reparación. Estos se utilizan para proteger las tuberías de hierro colado o de acero para agua por el lado del agua o del suelo o ambos, con excelentes resultados. La desventaja de estos recubrimientos estriba en su sensibilidad a los daños originados por choque mecánicos o térmicos. Sin embargo, los desperfectos de depósitos abiertos se reparan con facilidad revocando las zonas grietadas con cemento recién preparado.⁽¹⁷⁾

Recubrimientos obtenidos por transformación química. Estos son recubrimientos protectores formados in situ (preparados en el lugar donde se van a aplicar) por reacción química de la superficie del metal. En esta categoría encontramos los siguientes recubrimientos:

Recubrimientos de fosfato. Se obtienen extendiendo sobre la superficie limpia del acero, por medio de brocha o rociado, una solución diluida fría o caliente de ortofosfato ácido de cinc o de magnesio. La subsiguiente reacción produce una red de cristales porosos de fosfato metálico unidos a la superficie del acero. Algunas veces se añaden a la solución fosfatantes aceleradores, por ejemplo, Cu^{2+} , ClO_3^- , o NO_3^- , para aumentar la velocidad de la reacción. Los recubrimientos de fosfato no dan por sí mismos una protección apreciable contra la corrosión. Son útiles principalmente como base para las pinturas.

Recubrimientos de óxido. Se pueden preparar por oxidación controlada en aire a alta temperatura o, por ejemplo, por inmersión en soluciones de álcalis concentrados y calientes que contengan persulfatos, nitratos o cloratos.

Recubrimientos de cromato sobre cinc. Se forman por inmersión del metal limpio durante unos pocos segundos en una solución a temperatura ambiente de dicromato de potasio acidificada con ácido sulfúrico que después se lava y se seca. Se forma una superficie de cromato de zinc que da

un ligero color amarillo y que protege al metal de manchas y oxidación causadas por la humedad condensada. Esto también aumenta la vida del zinc, en un grado modesto, expuesto a la acción de la atmósfera.

2.13.2 Recubrimientos Orgánicos

Las pinturas. Son una mezcla de partículas insolubles que forman un pigmento, suspendidas en el vehículo orgánico. Los pigmentos son por lo general óxidos metálicos, por ejemplo TiO_2 , Pb_3O_4 , Fe_2O_3 , u otros compuestos tales como CrO_4Zn , CO_3Pb , SO_4Ba , arcillas, etc. El vehículo puede ser un aceite natural como por ejemplo el aceite de linaza o el de tung. Se emplean con frecuencia resinas sintéticas como vehículos o componentes de los vehículos, en particular en casos donde se requiera contacto continuo con el agua o resistencia a los ácidos, a los álcalis o a temperaturas elevadas. Las pinturas no son útiles para proteger estructuras enterradas, entre otras razones, porque es difícil evitar el daño mecánico que por el contacto del suelo sufren los recubrimientos delgados. La mayor parte de las pinturas se comporta mejor para proteger a los metales contra la corrosión atmosférica y está es su función principal.⁽¹⁷⁾

2.14 Acciones para la Rápida Detección de la Corrosión.

El desarrollo de un sistema que proporcione información de una manera continua y permita evaluar la corrosión y prever acciones a tomar sin paradas y sin llegar al equipo, en particular es lo que se conoce como control y seguimiento de la corrosión. El monitoreo de la corrosión se puede definir como la medida sistemática de la corrosión o degradación de un equipo, a fin de estudiar el proceso de corrosión y obtener información para controlar la corrosión y sus consecuencias. La primera etapa del monitoreo de la corrosión consiste en reunir información para que el experto en la materia sepa cómo responden los equipos y materiales ante el proceso y establecer un método de control apropiado.

En general se deben utilizar aparatos y cupones para poder determinar en forma más o menos precisa las velocidades de corrosión y poder actuar oportunamente para corregir anomalías. Los métodos de control de la corrosión e incrustación incluyen el uso de reactivos químicos, biocidas, inhibidores, dispersantes, medición de pH y temperatura, entre otros. Los problemas que se pueden presentar en condensadores, enfriadores y en general en el sistema de agua, son de dos tipos: que causen corrosión o que formen incrustación.⁽²⁹⁾

CAPITULO 3

DESCRIPCION DE FALLAS, MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSION EN TANQUES, RECIPIENTES, EQUIPOS Y LINEAS DE TUBERÍA.

3.1 Fallas

Una de las principales características de la industria moderna es la mecanización y automatización de los procesos operativos, y esta automatización se ha implementado al campo de acción del mantenimiento. Los equipos de hoy en día presentan varios sistemas en un mismo equipo como son: sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos, y de control entre otros. Lo que representa una dificultad mayor para el mantenimiento de éstos, se requiere cada vez de personal más especializado y mejor administrado.

Por otro lado, debido a que los equipos ahora trabajan bajo condiciones más complejas, más precisas y operando al máximo, pueden presentarse fallas de varias naturalezas, las cuales originan paro del equipo, ocasionando grandes repercusiones cuando se trabaja con altas producciones, siendo una causa de falla muy común la corrosión.

Se ha visto y estudiado que en ciertos casos resulta más barato reparar antes de que se presente la falla del equipo, de ahí la idea de sistematizar y desarrollar el Mantenimiento Preventivo y Predictivo como un esfuerzo total para encontrar la falla antes de que nos cause un paro o un costo mayor de reparación, se deben tomar medidas para prevenir la aparición de la falla.

Para entender lo que es una falla debemos definirla como: la pérdida de una función determinada del sistema o de una parte de éste. Figura 3.1⁽⁵⁾

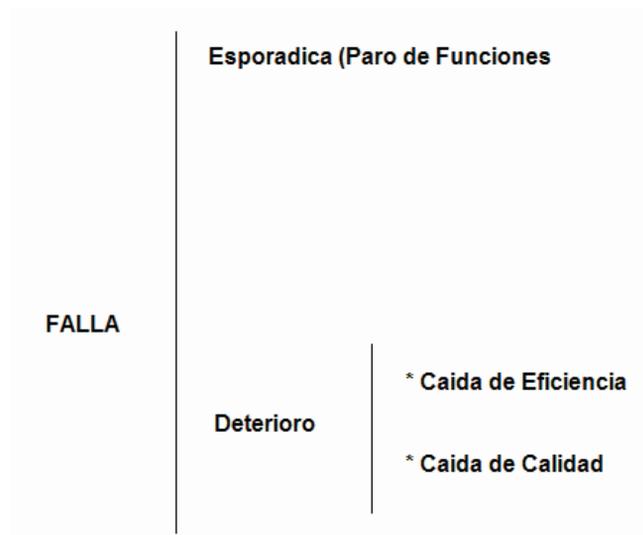


Figura 3.1 Tipos de fallas

Las fallas pueden presentarse además de operar el equipo de manera inadecuada, por descuidos del deterioro tales como: la abrasión, corrosión, métodos de ensamble, precisión y acabado. Es sumamente eficaz identificar y eliminar primero los defectos mayores y posteriormente los más pequeños hasta llegar a los insignificantes. Resolver los defectos grandes resulta eficaz en el periodo inicial de fallos, pero no elimina las fallas crónicas. Por esta razón, para eliminar las fallas crónicas la clave es eliminar todos los pequeños defectos.

Los pequeños defectos del equipo se consideran tradicionalmente inofensivos, porque su efecto individual sobre averías y defectos de calidad es mínimo. El efecto en conjunto de los pequeños defectos es a menudo superior a la suma de los defectos individuales. Es conveniente clasificar los elementos a inspeccionar en función del tipo más frecuente de fallas que se presentan en los bienes físicos. Tabla 3.1. El modo común de falla es: rotura, desgaste, corrosión, corto circuito, suciedad, degradación del material. ⁽⁵⁾

Algunas de las causas más comunes que generan las fallas son: sobrecargas, mala operación del equipo, degradación el material, mugre, corrosión, temperatura, vibración, humedad, desgaste, entre otras.

ACUMULACION	FUGAS	QUÍMICA
Filtros Resumideros Separadores Trampas	Eléctrica Fluidos en general Hidráulica Neumática	Concentración Corrosión Degradación material
VARIACION	MECÁNICA	REGULACION
Grados De concentración Niveles de fluidos en depósito	Desgaste Vibración Fatiga Rotura	Fuerza Par Corriente Resistencia Tensión Presión Temperatura Tensión Tolerancias

Tabla 3.1 Clasificación De Las Fallas.

Tradicionalmente los mecanismos para detección de fallas están basados en el concepto de redundancia y más específicamente en el concepto de redundancia física, es decir, en el uso de elementos rápidos en el sistema. Estos elementos nos permiten, por medio de comparaciones del funcionamiento, tomar decisiones sobre la presencia de fallas y posibles acciones correctivas. Los métodos basados en redundancia física son muy confiables y permiten una rápida corrección de

posibles fallas. Sin embargo, debe tenerse claro que la utilización de elementos repetidos en un sistema no puede llevarse a la práctica siempre. Bajo ciertas condiciones, como por ejemplo el costo, el tamaño o el peso del dispositivo, el uso de este tipo de redundancia esta limitado. Actualmente se realiza en conjunto la redundancia física con la redundancia analítica, para la elaboración de diagnóstico de fallas. ⁽⁵⁾

La causa o las causas de la falla son desconocidas porque:

- Una sola causa original puede desencadenar varios problemas
- Puede haber múltiples causas.
- La combinación de causas puede variar en cada incidencia.

¿Por qué se descuidan las fallas crónicas?

- La causa se desconoce.
- La causa se desconoce, pero se toman medidas inadecuadas.
- La medida correcta es incompleta.

Las soluciones eficaces son el resultado de una perspectiva técnica detallada, en equilibrio con una visión global del funcionamiento del lugar de trabajo (por ejemplo, equipo y métodos de producción). Por ejemplo, si se presenta una rotura de una manguera, debe investigarse porque fallo y no sólo parchar o eliminar la rotura, ya que está seguramente nos volverá a fallar en otro punto, se debe tener en cuenta que esta se degrada y ¿por qué?, ¿No es la adecuada?. Tabla 3.2⁽⁵⁾

Enseguida se presenta la curva característica de la presentación de fallas conocida como tina de baño. Figura 3.2

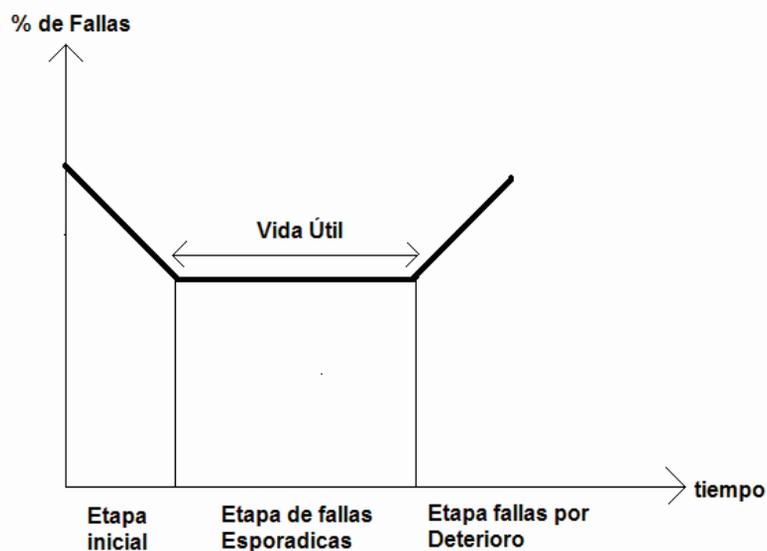


Figura 3.2 Curva Característica De Vida

CINCO ACTIVIDADES PARA CERO FALLAS	
<i>Mantener condiciones básicas equipo.</i>	Limpieza y eliminación de suciedad y reparar
<i>Mantener Estado Operativos</i>	Fijar la capacidad de diseño operativos, Fijar y mejorar condiciones operativas, Revisar instalaciones, Evitar condiciones ambientales adversas.
<i>Restauración del Deterioro Periódico</i>	DETECTAR Y PREDECIR EL DETERIORO Inspección inspección piezas individualmente, Fijar valores límite Preparar estado Estudiar partes
	ESTABLECER MEDIDAS Establecer Medidas Mejorar los equipos para facilitar la reparación piezas de repuesto.
<i>Mejorar Debilidades del Diseño</i>	Reforzar piezas para alargar la vida (materiales, formas, mecanismos, etc). Tratar puntos débiles
<i>Prevención Error Humano</i>	PREVENIR LA MALA OPERACIÓN Analizar las causas de mala operación, Capacitar al operador, Mejorar diseño paneles de control, Operaciones a prueba de error, Control visual de las condiciones del equipo, Estandarizar métodos
	PREVENIR ERRORES DE REPARACIÓN Analizar causas de errores de reparación estandarizar procedimientos, Apoyo de instrumentos para la detección de deterioro, Herramientas y refacciones adecuadas para el equipo.

Tabla 3.2 Cinco actividades para cero fallas

3.2 Perdidas de Productividad Debido a Falla en los Equipos.

El principal objetivo del programa de mantenimiento es aumentar la eficiencia del equipo, de forma que cualquier pieza del mismo pueda ser manejada óptimamente y mantenida en este nivel, esto se logra a través de dos tipos de actividades:

- Cuantitativa: Aumenta la disponibilidad total del equipo y mejora su productividad dentro del periodo dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: Reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.

El personal y la maquinaria deben fusionar ambos de manera estable bajo condiciones de cero defectos y cero averías. Aunque sea extremadamente difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requisito importante para el éxito de las labores del mantenimiento. Tabla 3.3

A continuación se describen algunas de las dificultades con que se tropieza al intentar maximizar la eficiencia del equipo y se conocen como las seis grandes pérdidas, las cuales son:

- Pérdidas por averías.
- Pérdidas de reparación y ajustes.
- Inactividad y pérdidas de paradas menores.
- Pérdidas de velocidad reducida.
- Defectos de calidad y repetición de trabajos.
- Pérdidas de puesta en marcha. ⁽¹¹⁾

PÉRDIDAS POR AVERÍAS: Existen varios tipos de averías, por ejemplo los que producen fallos repentinos, drásticos o inesperados del equipo, estas fallas se conocen como averías esporádicas y son normalmente obvias y fáciles de corregir. Debido que a este tipo de averías les corresponde un alto porcentaje de las pérdidas totales, el personal invierte mucho tiempo y esfuerzo en buscar alguna solución para eliminarlas. Para maximizar la eficiencia del equipo, todas las averías deben reducirse a cero. Aunque resulte difícil imaginarlo, esto es posible sin tener que realizar un gran esfuerzo o inversión, para lograr esto lo primero que debe realizarse es cambiar la filosofía convencional del mantenimiento: “la creencia de que las averías son inevitables”. De igual forma es necesario recalcar que las averías pueden causar dos tipos de pérdidas, que pueden ser de tiempo o de cantidad.

PÉRDIDAS DE REPARACIÓN Y AJUSTE: Este tipo de pérdidas son comunes cuando finaliza la producción en serie de un elemento y el equipo se ajusta y se repara para atender los requerimientos de un nuevo producto, por lo tanto, se producen pérdidas durante la reparación y el ajuste al aparecer tiempos muertos y productos defectuosos como consecuencia del cambio de las especificaciones que se deben seguir para fabricar el nuevo producto. Muchas compañías están ahora trabajando para lograr cambios de herramientas, útiles y accesorios, en menos de diez minutos. Trabajando desde la perspectiva de la ingeniería industrial, para reducir considerablemente el tiempo de reparación, y para esto es necesario hacer una distinción clara entre los dos tipos de reparación que existen las cuales son: 1) la interna, en la cual las

operaciones deben llevarse a cabo mientras la máquina esta parada y; 2) la externa, en la que las operaciones pueden realizarse mientras la máquina está todavía funcionando. Una vez aclarado esto podemos decir que la preparación que necesitamos disminuir es la preparación interna, pues es aquí cuando la máquina registra el mayor numero de pérdidas en cuanto a tiempo se refiere.

INACTIVIDAD Y PÉRDIDAS DE PARADAS MENORES: Una parada menor surge cuando la producción se interrumpe temporalmente por un mal funcionamiento, o cuando la máquina se encuentra inactiva. Estos tipos de paradas temporales deben diferenciarse claramente de las averías, puesto que la producción normal es reestablecida simplemente moviendo las piezas que obstaculizaban la rampa y reajustando el equipo. Estos problemas sin embargo, son típicos cuando en el proceso están implicados cintas transportadoras, alimentadores automáticos o máquinas ensambladoras. Aunque las paradas menores y la inactividad se remedian sin dificultad, normalmente se pasan por alto, debido a que frecuentemente son difíciles de cuantificar. La importancia de la reducción a cero de las pequeñas paradas es una condición sumamente importante para la producción automática. Para eliminar todas las paradas menores, es preciso observar de cerca todas las condiciones operativas y eliminar todos los pequeños defectos.⁽¹¹⁾

PÉRDIDAS DE VELOCIDAD REDUCIDA: Cuando se adquiere un nuevo equipo para una planta productora, se especifica una velocidad de producción para éste, dicha velocidad se conoce como velocidad de diseño, pero está siempre es ideal, por lo tanto siempre se tiene otra velocidad, la cual recibe el nombre de velocidad real. Es típico que cuando se opera un equipo se pase por alto la pérdida de velocidad, aunque esto constituya un gran obstáculo para su eficiencia, la meta para eliminar esta pérdida es desaparecer el hueco entre la velocidad de diseño y la real. La mayoría de las veces un equipo no funciona a la velocidad de diseño por problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes o temor de abusar del equipo o sobrevalorarlo. En ocasiones, simplemente se desconoce la magnitud de la velocidad óptima.

DEFECTOS DE CALIDAD Y REPETICIÓN DE LOS TRABAJOS: El mal funcionamiento del equipo de producción genera defectos en la calidad de los procesos y como consecuencia la repetición de trabajos. En general, los defectos esporádicos se resuelven fácilmente y rápidamente al normalizarse las condiciones de trabajo del equipo, no ocurriendo lo mismo con los defectos crónicos, que son de difícil identificación. Para obtener productos estables se requiere de ciertas normas, pero en ocasiones aunque se cumpla con estas especificaciones el problema persiste y las condiciones motivadoras de los defectos pueden ser ignoradas o pasar por alto. Los defectos que ocasionen la repetición de los trabajos deben considerarse pérdidas crónicas.⁽¹¹⁾

PÉRDIDAS DE PUESTA EN MARCHA: Este tipo de pérdidas ocurren durante las fases iniciales de producción desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización total. El volumen de pérdidas varía con el grado de estabilidad de las condiciones del proceso; el nivel de mantenimiento del equipo, plantillas y matrices; habilidad técnica del operador, entre otras. En la práctica, el volumen es sorprendentemente alto. Este tipo de pérdidas están latentes, y la posibilidad de eliminarlas es a menudo obstaculizada por falta de sentido crítico que las acepta como inevitables.

<i>Tipo De Pérdidas</i>	<i>Meta</i>	<i>Explicación</i>
1. Pérdida Avería	0	Reducirlas A Cero En Todos Los Equipos
2. Pérdida Preparación	Minimizar	Reducir Los Cambios De Máquina Minutos
3. Pérdida Menores E Inactividad.	0	Llevar La Velocidad De Operación Prevista En Diseño Eleva La Velocidad De Diseño
4. Pérdida Velocidad Reducida	0	Reducir A Cero Para Todos Los Equipos.
5. Defectos De Calidad Y Repetición De Los Trabajos.	0	Ocurrencias Aceptables Solo Extremadamente Ligeras.
6. Pérdida En Marcha.	Minimizar	Reducir Al Máximo Equipo.

Tabla 3.3 Metas De Mejora Para Las Seis Grandes Pérdidas.

3.2.1 Pérdidas Crónicas Y Defectos Ocultos.

Las pérdidas crónicas son causadas por defectos ocultos en maquinaria, equipo y métodos. Si deben mejorarse las condiciones fundamentales del entorno de fabricación, es necesario eliminar completamente las pérdidas crónicas y los defectos ocultos. Las pérdidas crónicas son sutiles y mucho más difíciles de detectar, sin embargo, sus causas pueden ser detectables y eliminadas cambiando el enfoque de mantenimiento de la fabrica. El término crónico se refiere normalmente a un fenómeno que ocurre repentinamente dentro de cierto intervalo. Las repentinas rupturas en el intervalo se denominan esporádicas. Pueden adoptar la forma de un incremento de la incidencia de un fenómeno particular o bien ser un fenómeno completamente diferente. Figura 3.3 ⁽¹¹⁾

Las pérdidas crónicas pueden disminuir solamente cambiando nuestra forma de pensar, abandonando las tácticas de reparación convencionales por los métodos nuevos y creativos que busquen de raíz las causas ocultas y que las eliminen eficazmente.

Se determina como condición esporádica cuando se trata de un cambio adverso y repentino en el estado ideal del equipo y dicha condición se puede remediar a través del restablecimiento de dicho estado ideal; sin embargo, una condición crónica es una situación adversa de larga duración que se soluciona cambiando el estado ideal del equipo como sucede cuando se tiene que revisar un conjunto de tolerancias.⁽¹¹⁾

Existen varias diferencias entre pérdidas crónicas y pérdidas esporádicas, pues mientras que los problemas esporádicos son visibles y tienen causas claras, los problemas crónicos son normalmente latentes, causan pérdidas insignificantes, ocurren con frecuencia, se restauran fácilmente por los operadores y casi nunca llegan al conocimiento de los supervisores aunque son difíciles de cuantificar y sólo se pueden detectar realizando comparaciones con las condiciones óptimas; es por estas razones que normalmente se toman medidas para resolver los problemas esporádicos mientras que los problemas crónicos se dejan casi intactos.

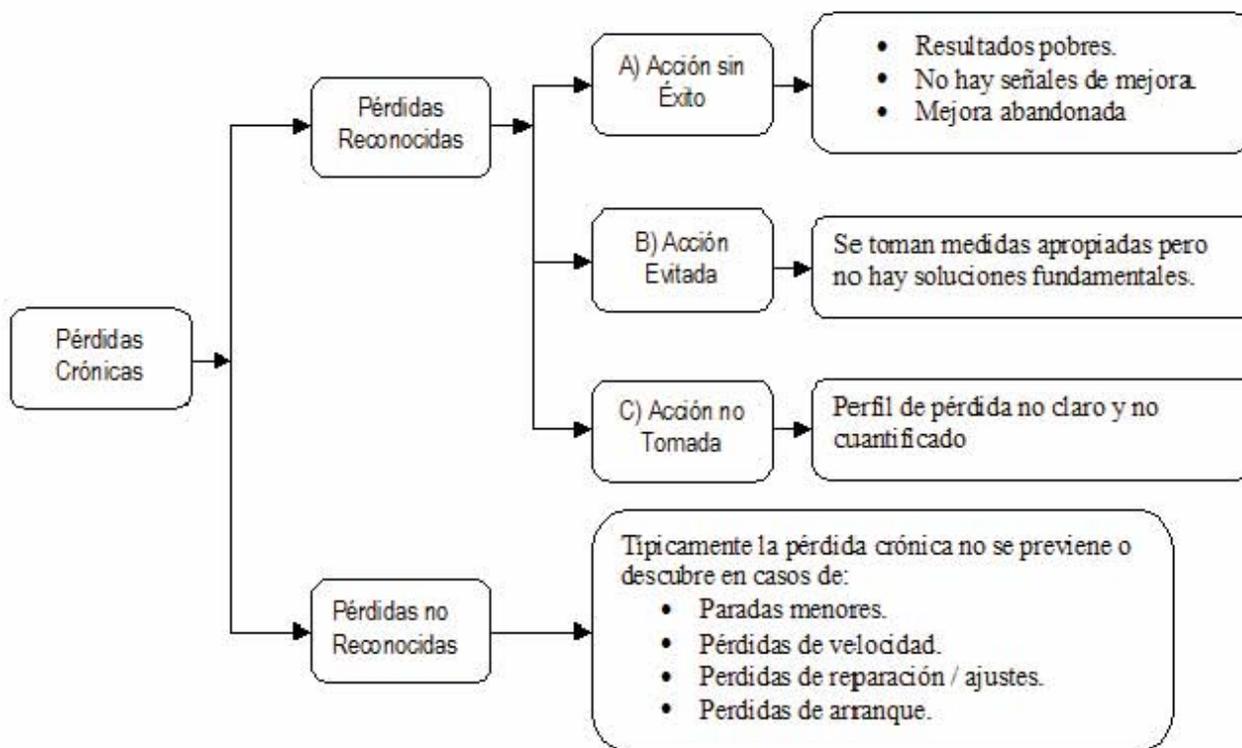


Figura 3.3 Esquema de pérdidas crónicas

Tal vez las pérdidas crónicas no ocasionarían grandes problemas si se les prestara suficiente atención, lo cual rara vez ocurre y las causas más comunes del descuido son las siguientes: Figura 3.4⁽¹¹⁾

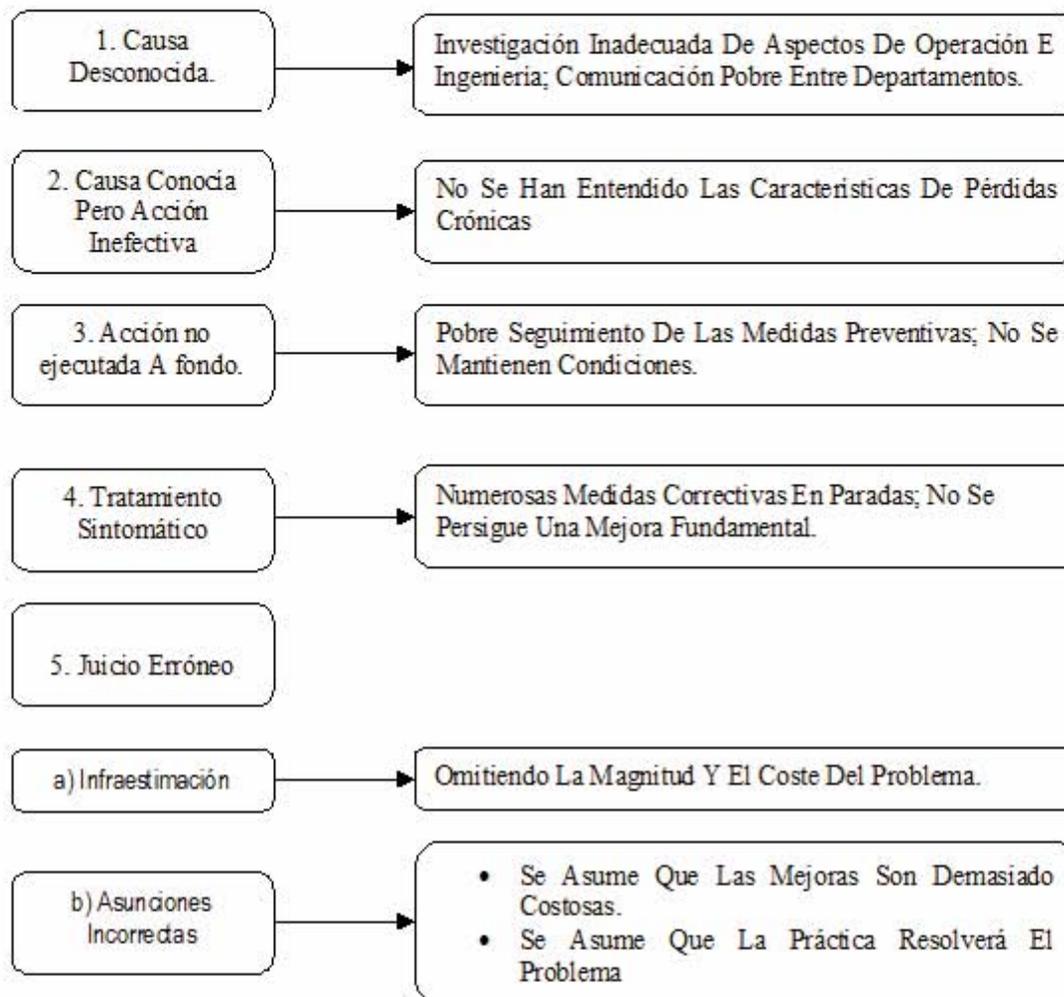


Figura 3.4 Causas por las cuales se descuidan las pérdidas crónicas

3.2.2 Reducción De Pérdidas Crónicas Y Defectos Ocultos.

El primer paso que debe seguirse para reducirse e incluso eliminar las pérdidas crónicas es aumentar la fiabilidad del equipo y reestablecer las condiciones originales del mismo, después identificando y estableciendo las condiciones operativas óptimas, así como eliminando los pequeños defectos que a menudo se pasan por alto.

A la probabilidad de que el equipo, la maquinaria o los sistemas realicen satisfactoriamente las funciones requeridas se le conoce como *Fiabilidad del Equipo* todo esto bajo las condiciones especificadas dentro de un cierto período de tiempo. Existen varios tipos de fiabilidad: la intrínseca, la operativa y la total; La primera se basa en el diseño y se determina durante esta fase así como en la fabricación e instalación; la operativa la determina el usuario y esta relacionada con el modo y condiciones con que se opera el equipo, y por último la fiabilidad total es el producto de

estas dos cualidades. La duración y el alcance de los cambios dependen de las características particulares del equipo y de todos sus componentes. Sin embargo, cuando los cambios pequeños se descuidan repentinamente, también con el tiempo generan problemas grandes. Aunque no siempre desemboquen en fallas, son causas de pérdidas crónicas.⁽¹¹⁾

3.2.3 Eliminación De Las Seis Grandes Pérdidas

Anteriormente hemos mencionado las seis grandes pérdidas que se originan en los equipos (revisar capítulo 1 sección 1.6) las cuales son: averías, tiempos de preparación y ajuste, tiempos muertos y pequeñas paradas, disminución de velocidad, defectos de proceso y pérdidas de rendimiento; por lo que se deben revisar las actividades de mejora que tienen como finalidad la eliminación de estas pérdidas.

ACCIÓN 1: Acciones contra averías.

Debemos reconocer que las averías son las causantes de la mayor parte de las pérdidas en la fabricación. Avería significa daño causado deliberadamente por acciones humanas, es decir, las averías de los equipos son a menudo causadas por supuestos y acciones humanas, todo esto sucede porque en ocasiones muchos asumen que no es responsabilidad del operador realizar la inspección, que todo el equipo se debe averiar ya sea antes o después y también, que se deben localizar las averías. Figura 3.5

La eliminación es posible solamente si las personas cambian su forma de pensar sobre los equipos y la utilización de los mismos. Como primer paso debemos empezar a cultivar nuevas actitudes, las personas relacionadas con el equipo deben reemplazar la idea de que “todo el equipo eventualmente se avería” por la convicción de que “todo equipo nunca debería averiarse”. Solo así será posible que todos los demás, incluyendo los operadores, acepten la idea de que el equipo puede utilizarse de una forma que realmente evite averías. Se debe tener en cuenta el hecho de que se tiene que evitar que una avería se vuelva crónica, las averías se vuelven crónicas por dos razones: problemas organizativos y problemas técnicos relacionados con el equipo. Podemos afirmar que las acciones que se deben seguir para descubrir defectos ocultos son:⁽¹¹⁾

- 1) Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación y apriete de tornillos).
- 2) Apegarse a las condiciones operativas.
- 3) Restaurar el deterioro.
- 4) Corregir las debilidades del diseño.
- 5) Mejorar las destrezas operativas y de mantenimiento.

Las cinco actividades que hemos mencionado deben seguirse adecuadamente, pues el descuido de alguna de ellas puede desencadenar una avería inmediata; la negligencia en más de un área causa a menudo mal funcionamiento del equipo de una forma indirecta y oculta.



Figura 3.5 Combinación de causas de averías

ACCION 2. Mejora de preparaciones y ajustes.

El tiempo muerto de la preparación de las máquinas y el ajuste comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Esto incluye el tiempo requerido para preparar matrices y plantillas para el próximo producto, volver a montar el equipo, ajustarlo, comprobar el resultado y realizar ajustes posteriores, hasta que de forma fiable se logre producir una calidad aceptable. La preparación y el ajuste deben realizarse con rapidez y exactitud. Esto exige planificación y estudio sistemático de las maneras de reducir el tiempo de preparación y ajuste sin que la precisión disminuya.

Se reduce el tiempo muerto del equipo eliminando el tiempo de preparación interna. Todas las tareas que se pueden realizar mientras este funcionando el equipo. Este es el primer paso de la mejora de la preparación.

ACCION 3: Reducción de tiempos muertos y paradas menores.

Los tiempos muertos y paradas menores se ocasionan cuando un equipo por ejemplo, opera en forma continua sin elaborar dicho producto o, se detiene la producción como resultado de un problema temporal. Puesto que las averías causan una pérdida o reducción en las funciones

normales del equipo, el restablecimiento de las condiciones normales requiere trabajos de reparación, sustitución de piezas, y ajustes. Todo esto exige mucho tiempo, ya que los tiempos muertos y las paradas menores interrumpen las funciones; pueden categorizarse también como averías.

Las pérdidas de productividad causadas por los tiempo muertos y las paradas menores son difíciles de cuantificar sobre todo en periodos largos. Factores como la ubicación, la frecuencia y el tiempo de corrección requerido, son difíciles de medir de forma continua aunque se podrían rastrear en periodos más largos si cada operador fuese responsable de una sola pieza del equipo. Sin embargo, los operadores que están a cargo de un gran número de máquinas, solo pueden determinar el tiempo operativo neto y estimar las pérdidas correspondientes a algunos problemas en específico, basándose en las cifras de producción. Desgraciadamente esto no informa sobre el número de incidencias.⁽¹¹⁾

ACCION 4: Reducción de pérdidas de velocidad.

Se conoce como pérdida de velocidad a la producción que se ha perdido por causa de la diferencia entre la velocidad de diseño (o estándar) de una máquina y su velocidad operativa real. Esta pérdida puede prevenirse manteniendo la máquina operando a la velocidad fijada en los estándares operativos. Puesto que en la práctica esto es a menudo imposible, la reducción de las pérdidas de velocidad aumentarán considerablemente la eficiencia total de la planta.

Los siguientes pasos están implicados en la reducción de las pérdidas de velocidad:

- Lograr la velocidad estándar para cada producto.
- Aumentar la velocidad estándar para cada producto.
- Lograr la velocidad de diseño.
- Sobrepasar la velocidad de diseño.

Generalmente las actividades de mejora para aumentar la velocidad deberán organizarse con la misma mentalidad, utilizando la misma metodología que se recomienda para la reducción de averías, tiempos muertos, paradas menores y defectos.

ACCION 5: Reducción de defectos crónicos de calidad.

En ocasiones a pesar de las diferentes medidas de mejoras y control, un sistema de producción genera con regularidad productos totales o parcialmente defectuosos, se utiliza el término de “defectos crónicos de calidad” para estas piezas.

En la práctica un solo defecto tiene a menudo muchas causas interdependientes, y todas cambiarán probablemente. El fenómeno puede ocurrir inmediatamente como resultado de estos cambios.⁽¹¹⁾

Los ingenieros deben aprender a descubrir las variables relacionadas con las operaciones el equipo, observando y estudiando:

- Las operaciones reales llevadas a cabo en el taller.
- Los ensayos de preparación y ajuste.
- El propio equipo.

En esencia para reducir problemas crónicos debemos en primer lugar estabilizar todos los factores variables, identificar las diferencias significativas entre condiciones normales y anormales, y estudiar maneras de prevenir los defectos que se generen por primera vez. Los estudios comparativos son muy útiles para reducir los defectos de calidad en cualquier programa, las condiciones normales (los no defectos) deben compararse sistemáticamente con las condiciones anormales (los defectos) para poder identificar las diferencias significativas. Los problemas que serían difíciles de resolver con soluciones simples permanecen frecuentemente sin resolver cuando se omite este paso, incluso cuando se reconocen los defectos y fenómenos.⁽¹¹⁾

3.3 Preparación para el Mantenimiento.

Todo sistema físico sin excepción esta sujeto a cambios en sus parámetros, los cuales modifican el comportamiento para los cuales fueron diseñados. Estos cambios pueden ser debidos a efectos de la temperatura, desgastes ocasionados por la fricción, al envejecimiento de los componentes, corrosión, etc. Los cambios en los parámetros del sistema a zonas fuera del limite de tolerancia especificados por el fabricante o a los limites establecidos de acuerdo a criterios de ingeniería, son considerados como fallas. Estas modificaciones afectan en mayor parte el buen funcionamiento del sistema provocando desde una reducción del desempeño hasta la posibilidad de accidentes más graves.

Los sistemas de detección de fallas son parte indispensable de una gran parte de los lazos de control actuales. Esto se puede constatar en la industria de la aviación, la industria automotriz, la industria de la energía eléctrica, en general y, particularmente donde existan calderas, reactores, o procesos con peligro de explosión. Además conviene implementarlo en líneas de producción para reducir el riesgo de paro.⁽¹³⁾

La motivación más grande para el desarrollo de métodos de diagnóstico de fallas es la de evitar accidentes que pongan en riesgo la vida de seres humanos. Otro punto motivador del tema es el evitar perdidas económicas; esto debido a las cada vez mayores exigencias industriales. Muchos de los accidentes que ocurren en los trabajos de mantenimiento se deben a que los equipos no

estaban adecuadamente preparados para realizar en ellos dicho trabajo. Algunos de los casos más frecuentes son por ejemplo, que los equipos no estaban aislados de materiales peligrosos; en otras las líneas de tubería o equipos no se encontraban correctamente identificados y se abrieron otros equipos o líneas erróneamente; otras veces se extrajeron los materiales peligrosos.

3.4 Mantenimiento a Equipo Auxiliar y de Servicios.

Los equipos de servicios auxiliares son importantes en la industria, están conectados a los procesos para hacerlos eficientes y que sirvan de ayuda al transporte de materia prima o producto terminado. El acondicionamiento de aire el cual permite controlar las condiciones ambientales de los procesos, torres de enfriamiento que nos permiten enfriar el agua de proceso, intercambiadores de calor que nos ayudan a controlar las condiciones requeridas de un proceso de agua, salmuera, etc. Las calderas que permiten obtener condiciones de vapor adecuadas para los procesos, los tanques de almacenamiento y recipientes, así como las líneas de tubería, nos permiten controlar o gobernar de manera eficiente los fluidos que requieren los procesos.⁽⁴⁾

3.4.1 Mantenimiento y Prevención contra la Corrosión en Tanques y Recipientes.

Tanques de gran capacidad se usan en sistemas de suministro de agua potable, productos químicos, combustibles como petróleo, gasolina y gas licuado. La destrucción de este tipo de tanques, puede ocasionar graves daños al medio ambiente, pérdida del contenido, corte del suministro de agua para sistemas contra incendios. Figura 3.6



Figura 3.6 Tanque dañado.

Una de las fallas más frecuentes en los daños a tanques es cuando estos son picados o pinchados. Si el recipiente es pinchado en el espacio de vapor, éste se liberará y el líquido hervirá para reponer el vapor perdido. Dependiendo de las propiedades del gas liquidificado y el tamaño del agujero en el espacio de vapor, la ebullición puede ser lenta o puede ser explosiva. Si un agujero pequeño aparece en la zona de vapor, éste se escapará lentamente y la ebullición será gradual. Si el tanque se rompiera completamente de repente, la pérdida será explosiva. Si el tanque es pinchado en el espacio del líquido, éste se filtrará y hervirá rápidamente fuera del tanque. Una vez más, la violencia del proceso dependerá del tamaño del agujero y de las propiedades de la sustancia liberada. Figura 3.7

Otro tipo de falla es el ocasionado por esfuerzos altos en anclajes pobremente diseñados que producen la rotura de la pared del tanque. La fuerza cortante en la base puede causar la falla del tanque por deslizamiento. El levantamiento de la base puede ocasionar: (1) rotura de las conexiones de la tubería que salen del tanque debida a los desplazamientos verticales, (2) rotura de la unión de la placa de base con la pared del tanque, y (3) asentamiento diferencial de la fundación.

Figura 3.8⁽¹³⁾



Figura 3.7 Falla de la parte superior de la pared por “sloshing”



Figura 3.8 Colapso de un tanque de acero

La corrosión es quizá la mayor amenaza para la vida de un recipiente. Los recipientes llenos en forma parcial tienen con frecuencia picaduras importantes en la entrecara líquido – vapor. Por lo común, los recipientes no tienen un margen de corrosión en la parte exterior. La falta de protección contra el medio o el derramamiento de productos químicos corrosivos puede reducir la vida de un recipiente. El aislamiento puede contener sustancias dañinas. Los cloruros en los materiales de aislamiento pueden provocar grietas en los aceros inoxidable. A veces sucede que, los tanques diseñados para que la soldadura del techo con la pared se rompa en caso de sobrepresión, ceden por la soldadura de la pared con el fondo del tanque, debido a corrosión en esta soldadura, por fatiga o por que faltan los pernos de anclaje del tanque al suelo. La corrosión es la causa más frecuente en aquellos tanques que tienen un fondo de agua o cuando se ponen absorbentes para vertidos alrededor de la base del recipiente. La fatiga se produce cuando los tanques son constantemente vaciados y se puede evitar si se deja un metro de nivel del líquido aproximadamente en el tanque cuando se vacíe este.

Inspección

Los recipientes a presión se deben inspeccionar periódicamente. No se puede dar ninguna regla sobre la frecuencia de esas inspecciones, depende de las condiciones operacionales. Si las primeras inspecciones de un recipiente indican un índice bajo de corrosión, se podrán alargar los intervalos entre inspecciones.

Algunos recipientes se examinan con intervalos de cinco años y otros, hasta una vez por año. La medición de la corrosión es un concepto importante de inspección. Uno de los métodos más convenientes para medir el espesor (y la corrosión) es utilizar un medidor ultrasónico. Es preciso observar y señalar la ubicación de la corrosión y si es uniforme o se localiza en grietas profundas. Se deben examinar las grietas, las fugas y todos los tipos de distorsiones. Las grietas son particularmente peligrosas, porque pueden provocar fallas repentinas. Casi siempre se deja el aislamiento en su lugar durante la inspección de los recipientes aislados; sin embargo, si se sospecha que hay una fuerte corrosión externa, será preciso retirar el aislamiento. ⁽⁴⁾

Materiales y Seguridad de Recipientes.

Los tanques y recipientes de almacenamiento se hacen de casi todos los materiales estructurales. Los que más se emplean son el acero y el concreto reforzado. Se utilizan materiales plásticos y plásticos con refuerzo de vidrio para tanques de hasta 230 m³. Sus principales ventajas son la resistencia a la corrosión, su peso ligero y su costo más bajo. También se aplican recubrimientos de plástico y vidrio a tanques de acero. Se emplean aluminio y otros metales no ferrosos cuando se requieren sus propiedades especiales. Cuando son necesarios metales costosos como el tantalio, se pueden aplicar como recubrimientos del tanque o como revestimientos metálicos.

Los tanques pequeños que contienen sustancias no tóxicas y los tanques muy grandes que contengan cualquier sustancia, pueden resultar arriesgados. El diseñador debe tomar en consideración la magnitud del peligro. La posibilidad de que los materiales ferrosos tengan un comportamiento frágil se debe tener en consideración al especificar los materiales. ⁽⁴⁾

3.4.2 Mantenimiento y Prevención contra la Corrosión en Líneas de Tubería.

Las tuberías que atraviesan fallas se cortarán o serán expuestas a tracción o compresión cuando la falla se mueva. Las tuberías pueden experimentar el mismo tipo de movimiento del suelo que producen los otros tipos de deformación permanente del suelo. Por ejemplo, los movimientos abruptos del suelo pueden ocurrir en los márgenes de una zona de flujo lateral similar a la del desplazamiento horizontal de una falla. Figura 3.9

Las tuberías que están dentro de la categoría de vulnerabilidad baja serán las que mejor resistan el movimiento de una falla. La tubería elevada, a menudo apoyada sobre pilotes, está expuesta a la carga sísmica lateral y longitudinal. El sistema de apoyo de tuberías debe estar diseñado para resistir las cargas sísmicas. Las tuberías apoyadas sobre puentes dependen de la estructura del

puente mismo, así como de la conexión de entrada y salida a la estructura del puente. Las tuberías deben estar adosadas a la estructura del puente para soportar las cargas sísmicas amplificadas por la estructura del puente. Además, la tubería debe ser diseñada para resistir el movimiento diferencial a lo largo de la estructura del puente causado por el sismo y por la dilatación y contracción térmicas. Las tuberías que pasan a través de estribos de puentes están sujetas a roturas por corte cuando el relleno detrás del estribo del puente se consolida. Tome las medidas necesarias para desviar las tuberías en caso de que atraviesen estribos.⁽¹³⁾

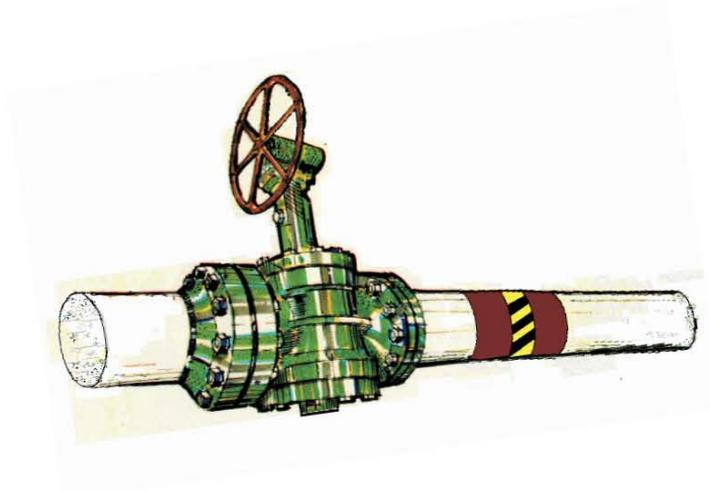


Figura 3.9 línea de tubería.

La corrosión es un fenómeno inevitable a largo plazo si no se toman las precauciones adecuadas. Puede debilitar la integridad estructural de la tubería y convertirla en un vehículo inseguro para el transporte de cualquier tipo de fluido. La corrosión es la principal causa de fallo en las conducciones de fluidos. El fallo de una tubería puede tener múltiples consecuencias como pérdida del fluido, daños en las instalaciones, etc., contaminación e incluso puede llegar a suponer un riesgo para las vidas humanas.

Soluciones Posibles para Problemas de Corrosión.

Selección y empleo de materiales resistentes a la corrosión tales como acero inoxidable, plásticos y aleaciones especiales que alarguen la vida útil de una tubería. El criterio en la selección de los materiales más convenientes como resistencia a la corrosión es tener en cuenta la protección o conservación donde la tubería se encuentra.

El uso de inhibidores de corrosión como sustancias que aplicadas en un medio particular reducen el ataque del ambiente sobre el material, bien sea metal o acero de refuerzo. Los inhibidores de corrosión extienden la vida útil de las tuberías previendo fallos y evitando escapes involuntarios.

Evaluar el ambiente en el cual esta la tubería o el sitio donde se va a colocar. Es muy importante tener en cuenta el ambiente independientemente del método o combinación de métodos que se vayan a emplear.

Modificar el ambiente en las inmediaciones de la tubería, como por ejemplo reducir la humedad o mejorar el drenaje.

Para la protección de tuberías expuestas al aire:

- Limpieza superficial y mantenimiento.
- La aplicación de un recubrimiento de pintura.

Para protección de tuberías enterradas:

- No es suficiente el recubrimiento con pintura; se hace necesario además: la aplicación de revestimientos que aíslen la tubería del medio en que se encuentra. Los revestimientos pueden ser de polietileno o polipropileno, resina epóxica, brea, etc. El polipropileno, polietileno y la resina epóxica son de aplicación industrial por lo que las tuberías deben enviarse a plantas de revestimiento especializadas en aplicar este tipo de protección a los tubos. La brea y la combinación de imprimantes y cinta plástica se pueden aplicar en el sitio.
- Ningún revestimiento garantiza la protección del cien por cien. La presencia de impurezas en el material o en el proceso de aplicación de la capa protectora, así como golpes o ralladuras en el momento del transporte o de la instalación pueden desmejorar el aislamiento. Por ello, para garantizar la prolongación de la vida útil de la tubería revestida se recomienda acompañar el revestimiento de un sistema de protección catódica.

Los recubrimientos anticorrosivos que normalmente se aplican deben cumplir con las siguientes características:

- Alta resistencia eléctrica.
- Impiden el paso de la humedad.
- Su método de aplicación no afecta las propiedades de la tubería.
- Una vez aplicado no debe manifestar defectos.
- Debe tener buena adherencia.
- Ser resistente a microorganismos.
- Resistente al manejo, almacenaje e instalación de la tubería.
- Resistente al desprendimiento catódico.
- Resistente al ataque químico

- Fácil de reparar.
- Deberá de conservar sus propiedades físicas a través del tiempo.
- No tóxico.
- Resistente a efectos térmicos, al impacto y a la fricción.

Para seleccionar el recubrimiento apropiado deberán considerarse los siguientes factores:

- El medio en el que va a estar alojado el ducto.
- Accesibilidad al ducto.
- Temperatura ambiente durante la aplicación, almacenaje, construcción, instalación y prueba hidrostática.
- Localización geográfica y física.
- Compatibilidad con el tipo de recubrimiento de las tuberías existentes.
- Temperatura a la que va a trabajar el ducto.
- Manejo, almacenaje y método o técnica de instalación del ducto.
- Requerimientos de preparación de la superficie del ducto
- Costos.

Para la aplicación del recubrimiento se deben establecer una metodología de operación para la aplicación e inspección del protector anticorrosivo:

Mediante esta metodología se pretende lograr:

- a) Prevenir la corrosión exterior en ductos y sus accesorios inmediatamente después de su construcción o durante ésta, así como una vez que hayan sido terminados los trabajos de mantenimiento como el de sustitución de algún tramo o accesorio durante el periodo de servicio del ducto.
- b) La prevención de corrosión exterior en tuberías se llevará a cabo mediante la aplicación de recubrimientos anticorrosivos complementados en la línea regular submarina con sistemas de protección catódica. Se debe poner especial atención para atenuar los efectos de corrientes parásitas en caso de confirmar su existencia. ⁽¹³⁾

Consideraciones de Diseño para la Protección Catódica en Tuberías Enterradas

La proyección de un sistema de protección catódica requiere de la investigación de características respecto a la estructura a proteger, y al medio.

Respecto a la estructura a proteger.

- 1) Material de la estructura;
- 2) Especificaciones y propiedades del revestimiento protector (si existe);
- 3) Características de construcción y dimensiones geométricas;
- 4) Mapas, planos de localización, diseño y detalles de construcción;
- 5) Localización y características de otras estructuras metálicas, enterradas o sumergidas en las proximidades;
- 6) Información referente a los sistemas de protección catódica, los característicos sistemas de operación, aplicados en las estructuras aledañas;
- 7) Análisis de condiciones de operación de líneas de transmisión eléctrica en alta tensión, que se mantengan en paralelo o se crucen con las estructuras enterradas y puedan causar inducción de la corriente;
- 8) Información sobre todas las fuentes de corriente continua, en las proximidades y pueden originar corrosión;
- 9) Sondeo de las fuentes de corriente alterna de baja y media tensión, que podrían alimentar rectificadores de corriente o condiciones mínimas para la utilización de fuentes alternas de energía.

Respecto al medio.

Luego de disponer de la información anterior, el diseño será factible complementando la información con las mediciones de las características campo como:

- 1) Mediciones de la resistividad eléctrica a fin de evaluar las condiciones de corrosión a que estará sometida la estructura. Definir sobre el tipo de sistema a utilizar; galvánico o corriente impresa y, escoger los mejores lugares para la instalación de ánodos;
- 2) Mediciones del potencial Estructura-Electrólito, para evaluar las condiciones de corrosividad en la estructura, así mismo, detectar los problemas de corrosión electrolítica;
- 3) Determinación de los lugares para la instalación de ánodo bajo los siguientes principios:
 - a) Lugares de baja resistividad.
 - b) Distribución de la corriente sobre la estructura.
 - c) Accesibilidad a los sitios para montaje e inspección

- 1) Pruebas para la determinación de corriente necesaria; mediante la inyección de corriente a la estructura bajo estudio con auxilio de una fuente de corriente continua y una cama de ánodos provisional. La intensidad requerida dividida para área, permitirá obtener la densidad requerida para el cálculo.

3.4.3 Mantenimiento y Prevención contra la Corrosión en Sistemas de Acondicionamiento de Aire.

El acondicionamiento de aire es el proceso por el cual se controla el aire a temperaturas, humedad y limpieza especificadas. La temperatura se mantiene a un nivel establecido de comodidad con la adición o extracción de calor, uno para calefacción en invierno y otro para refrigeración en verano. El medio calefactor puede ser agua o vapor, que circulan por intercambiadores de calor colocados en la corriente de aire que se va a calentar. El medio para enfriamiento es agua fría, salmuera, o un refrigerante de expansión directa. El enfriamiento también se puede efectuar si se pasa el aire por cortinas de agua fría. El aire exterior se calienta con intercambiadores de calor de vapor y luego se humidifica o deshumidifica según se requiera.

Mantenimiento

Muchas de las fallas en los sistemas de aire acondicionado ocurren durante el arranque en la temporada de uso y poco tiempo después, por lo cual se sugieren las siguientes actividades a realizar.

Lista de comprobación para mantenimiento y arranque.

Haga funcionar los calefactores del cárter cuando menos 8 horas antes del arranque y antes de tomar las lecturas de resistencia de aislamiento de devanados de motores sellados.

Si las pruebas de resistencia de aislamiento dan una lectura de menos de un mega ohm, no arranque el compresor.

Los calefactores del cárter se deben dejar conectados el resto de las temporadas a fin de que, cuando el compresor esté parado, los calefactores eviten que el refrigerante se vaya al cárter.

Examine todas las válvulas para ver si hay señales de desgaste, grietas, fatiga. Las válvulas que tengan cualquier señal de esfuerzo se deben de reemplazar.

Pruebe el color y la acidez del aceite lubricante.

Compruebe el nivel del aceite del cárter. ⁽⁴⁾

Mantenimiento durante el paro anual.

Para dar un mantenimiento a los compresores centrífugos durante el paro anual se consulta primero si el registro de operación y mantenimiento indican problemas durante la temporada de trabajo. Los cojinetes son de máxima importancia. Hay que medir la abertura entre los sellos de los cojinetes de empuje y se compara con el original. Si el desgaste excesivo es de más de 0.000127m al año, hay la necesidad de reemplazarlos antes que el desgaste llegue a 0.000254 m. Todos los fabricantes de compresores dan detalles específicos del mantenimiento que incluyen: la verificación de las unidades de purga, procedimientos de evaluación, mantenimiento de sellos y examen de muñones. Se recomienda seguir las instrucciones del manual del fabricante del compresor. Cada fabricante tiene su propia construcción, que se debe tener en consideración para el mantenimiento.

Es importante prestar atención al aceite lubricante de los compresores; hay que sacar el aceite del deposito para los sellos, cámaras de flotador atmosférico y depósitos (cárter) principal. Después de efectuar todo el servicio necesario, hay que cambiar el aceite, si las pruebas indican que es necesario. Si no se saca el aceite, NO desconecte en calentador de aceite. ⁽⁴⁾

Los controles de seguridad se deben inspeccionar durante el paro anual, se deben comprobar su graduación y corregir si es necesario su secuencia de funcionamiento; controladores de presión; válvulas reguladores de agua; reguladores de presión del evaporador; corte por alta presión; corte por baja presión; corte por purga de alta presión; corte por baja temperatura de agua enfriada; interruptor de baja presión de aceite; válvulas selenoides e interruptores de flotadores.

Los sitios donde se deben buscar las fugas de refrigerante en un sistema de aire acondicionado son:

Alrededor del disco de ruptura del enfriador o válvula de alivio.

En la junta de expansión del condensador y del enfriador.

En el sello de registro de succión.

En el bulbo de corte de bajo nivel del refrigerante en el enfriador y válvulas.

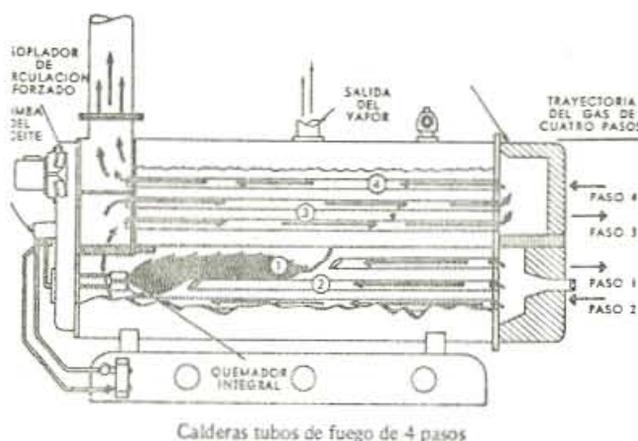
En torno a las conexiones abocinadas y en los manómetros de purga.

Comprobar la hermeticidad del sistema de purga y pruebe el funcionamiento. Hay que recordar que la prueba de fugas es, una de las inspecciones más importantes durante el paro anual. Hay que reparar todas las fugas que se encuentren.

Lo mejor es estar alerta todo el tiempo. Hay que tener en cuenta la congelación de los rociados, tuberías de agua, chimeneas de calefacción, condensados de vapor y cualquier lugar en donde el agua este expuesta al aire muy frío. ⁽⁴⁾

3.4.4 Mantenimiento y Prevención contra la Corrosión en Calderas.

Las calderas de vapor aparecieron a mediados de la década de 1800. El diseño de las calderas modernas incluye el uso de hierro fundido, acero y materiales de cobre. Las calderas de hierro fundido pueden quemar gas, aceite o carbón. Las calderas de acero son diseñadas con tubos dentro de las carcasas. ⁽⁴⁾



Preparación de las calderas para su inspección.

La mayoría de los estados y ciudades requieren que todas las calderas que trabajen a 10, 554.18 kg/m² (man), sean sometidas a inspección. Esta revisión la efectúa el inspector, ya sea estatal o de la ciudad o la compañía de seguros con su inspector autorizado. Cuando se ha fijado la fecha para la inspección, el maquinista u operador tiene la obligación de tener la caldera abierta y lista a la hora indicada. La preparación es importante y es recomendable aplicar el siguiente procedimiento:

Soplado de tubos: Antes de poner fuera de servicio la caldera, sople todo el hollín desde el lado de fuego de la caldera. Se suelen hacer con aire o vapor súper calentado contra los tubos, ya sea con una lanza de mano o sopladores automáticos de hollín. El soplado de los tubos con vapor húmedo es malo para los tubos. La humedad hace que el hollín forme una masa sólida y obstruya los espacios entre los tubos; no solamente obstruye los conductos para gas y reduce la superficie de absorción de calor a lo largo del tubo, sino que además forma ácido sulfúrico, que corroe los tubos.

Drenaje de la caldera: Después de sacar de servicio la caldera y cortar el suministro de combustible, cierre todas las puertas del hogar y el cenicero, registros y otras entradas de aire. Deje que la unidad se enfríe con lentitud. Cuando la presión se haya reducido a cero y transcurrido un tiempo razonable para que las paredes de la caldera y el hogar se enfríen, abra las válvulas de purga para que el agua se descargue al tanque de vaciado.

Precaución: nunca descargue una caldera por la conexión de la purga mientras los manómetros indiquen alguna presión de vapor. Esto se debe a que el agua protege la coraza y los tubos contra el calor almacenado en los ladrillos del hogar u horno.

Lavado de la caldera: Después de abrir el lado del agua, lave los cascos y tubos con un chorro de agua a alta presión. Cerciórese de que todos los tubos queden bien lavados. Si se trata de una caldera del tipo con cabezal, sea seccional o continuo, quite todas las tapas de los agujeros de acceso para lavar los tubos y examinar si tienen incrustaciones.

Precaución: Lave inmediatamente después de descargar el agua de la caldera. Esto evita que el calor restante en la obra de ladrillo o en las paredes del hogar pueda cocer las incrustaciones lodosas, blandas, contra el casco y los tubos.

Búsqueda de petróleo: Examine a lo largo del nivel del agua del domo del vapor para ver si hay señales de petróleo; suele ser difícil detectarlo en especial si sólo hay una pequeña cantidad presente. El petróleo entra con el agua de alimentación, luego se distribuye por toda la caldera con el agua circulante, dado que es más ligero que el agua suba a la superficie en forma gradual y forme una nata sobre el nivel del agua. El peligro real ocurre con las partículas diminutas que se pegan al petróleo antes de que se adhiera a los lados del domo. Este petróleo pesado se adhiere en forma gradual a las superficies de calentamiento, aquí es cuando se producen ampollas en los tubos o estos fallan por completo.

Eliminación de incrustaciones: Examine si en el interior del domo o casco y los tubos tienen incrustaciones. Si su espesor es mayor que el de un cascarón de huevo, se deben eliminar. Si se tiene el tratamiento correcto para el agua de alimentación, las incrustaciones delgadas se deben desprender con facilidad al pasar una rasqueta de mano con suavidad sobre el metal. Los tubos se deben lavar con escobillón, aunque estén libres de incrustaciones. Si se ha descuidado la caldera y tiene muchas incrustaciones, habrá que desprenderlas con un martillo para picar.

Limpieza del lado de fuego: penetre a la cámara de combustión por las puertas de accesos y limpie el hollín de los tubos, el tambor colector de sedimentos, los tubos de purga y el piso de la cámara de combustión. Entre al hogar y limpie con cepillo de alambre el banco interior de los tubos, examiné si la bóveda del hogar y las paredes laterales necesitan reparación o si tienen filtraciones. Abra todas las puertas de acceso en las paredes

laterales y quite el hollín de los tubos y del domo del vapor, examine las pantallas desviadoras si tienen roturas, compruebe que no se hayan desplazado.

Tapones fusibles: Quite los tapones “T” de la cruceta, en la conexión de la columna de agua y sus tuberías para examinar los tubos ya que a menudo se obstruyen y ocasionan lecturas falsas en el cristal de nivel. Es recomendable pasar un escobillón cada vez que se hace la limpieza interna de las calderas. Si los domos tienen tapones fusibles reemplácelos por unos nuevos una vez al año, independientemente de su condición.

Cierto tipo de calderas de encendido automático para petróleo tienen un interruptor de botón de presión, por derivación, conectado con el circuito de falla de llama del quemador. El peligro radica en que si se acostumbra a dejar el interruptor cerrado, con señal de abierto, la creciente presión de vapor puede reducir la alimentación de petróleo hasta que se apague la llama pero, esta no apaga al quemador. Como la presión de vapor cae, se restaura la circulación de petróleo hasta el hogar caliente sin que se encuentre la flama de piloto encendido. El resultado es una fuerte explosión en el hogar provocando serias lesiones y daños.⁽⁴⁾ Las calderas registradas para potencia deben inspeccionarse a intervalos regulares, indica el Código de la National Board.

Para enfriar la caldera, no vierta agua hasta que la unidad se halla enfriado lentamente, o se dañara la estructura y los tubos. Deje si es posible que se enfríe por sí sola. Quite las tapas de todos los agujeros de acceso. Si se sospecha deterioro de las paredes inaccesibles, habrá que quitar el material aislante, la obra de albañilería o las paredes fijar de la caldera. Cuando se observan humedad o vapores a través del recubrimiento quítelo para inspeccionarlo.

Preparación De La Caldera Para Inspección:

1. Descargue el agua y lave el lado de agua con una manguera.
2. Quite las tapas de los agujeros de hombre y de inspección, lave los tapones y las conexiones de las columnas de agua.
3. Lave el hogar y la cámara de combustión; sople el hollín de todos los tubos y las superficies que se van a inspeccionar.
4. Quite las rejillas o parrillas del hogar.
5. Quite una sección de la obra de albañilería si lo ordena el inspector.
6. Quite el manómetro de vapor para probarlo.
7. Desconecte el tubo o la válvula si hay fugas de vapor o agua hacia la caldera.

La corrosión a lo largo o junto a la costura es la más seria en comparación con la corrosión en una placa maciza lejos de las costuras. La corrosión se presenta con frecuencia cuando la circulación de agua es deficiente. ⁽⁴⁾

Defectos en los tubos.

Los tubos en las calderas de humos tubulares horizontales se deterioran con más rapidez en los extremos que están hacia el fuego. Unos golpecitos en la superficie externa con un martillo indica si hay adelgazamiento grave. Los tubos de las calderas tubulares verticales se suelen adelgazar en los extremos superiores expuestos a los productos de combustión.

Los tubos sujetos a un tiro muy fuerte a menudo, se adelgazan por la erosión causada por el choque de las partículas de combustión y de ceniza. Los sopladores de hollín, si no se utilizan en forma correcta, también adelgazarán los tubos. Los tubos con fuga con frecuencia ocasionan que los tubos que están a su alrededor sufran grave corrosión por el agua que choca contra el hollín y producen acidez.

Inspección de los componentes externos de la caldera.

Válvulas. Son los aditamentos más importantes de una caldera, siempre deben estar en perfectas condiciones de trabajo. No deben existir incrustaciones o cuerpos extraños que impidan el libre funcionamiento. La mejor forma de probar la graduación y libertad de las válvulas es dispararlas con vapor. Revise el tubo de descarga para comprobar que está firme y no se desprenderá cuando se dispare la válvula.

Manómetros. Se deben desmontar para probarlos con el manómetro maestro. El manómetro para vapor no se debe colocar de modo que esté expuesto a las altas temperaturas externas ni al calor interno. Purgue el tubo para vapor que llega al manómetro.

Columna de agua. El tubo de agua debe descargar hacia la columna, las conexiones del tubo para agua deben descargar hacia la caldera a fin de que no se acumule agua en la conexión de vapor y produzca lecturas falsas.

Observe la posición relativa de la columna de agua con las superficies de fuego, para ver que se cumpla con los requisitos del código para la caldera, revise las condiciones de conexión y sujetadores.

Válvulas de retención y válvulas de cierre. En la tubería de entrada de agua. Se debe colocar de modo que la válvula de cierre esté junto al tambor, con la presión debajo del asiento de la válvula de globo.

Válvula principal. Debe estar en condiciones de funcionamiento, revísela en el exterior.

Sopladores de hollín. Necesitan de comprobación de su funcionamiento correcto, puede cortar los tubos.

Cabezales sinuosos. Se deben calafatear para impedir filtraciones de aire a la caldera entre los cabezales que se enfrían y aumentan el exceso de aire.

Válvulas de purga. Deben funcionar libres y estar bien empacadas, todas las tuberías y conexiones externas se deben inspeccionar para tener la seguridad de que no están corroídas o tienen otros daños.

Limpieza de las calderas.

Si se va a parar la caldera para su limpieza hay dos métodos, estos se aplican de acuerdo al tiempo que la caldera va a estar fuera de servicio. La corrosión trabaja rápidamente en las calderas paradas. Hay ataque en el lado del agua si no se toman las precauciones necesarias. La ó las calderas que se van a parar se mantienen secas o húmedas para evitar estos daños.

Método seco.

Es el mejor si no se va a necesitar la caldera en un mes o más. El primer paso después de que se enfría la caldera es sacar toda el agua y secarla por completo abriendo la válvula de purga o descarga. Para limpiar por completo del lado de fuego se soplan los tubos, se quita el hollín y se hace una inspección cuidadosa. El hollín en las calderas paradas retiene la humedad y corroe el metal.

Inspección en el lado del agua. Cuidado. Entre al tambor o casco de vapor, elimine cualquier corrosión con una rasqueta. Rasque hacia el metal desnudo. Compruebe que las válvulas estén herméticas para que no entre vapor o agua a la caldera. Seque la caldera. Esto es importante, es posible lograrlo mediante un pequeño fuego de leña en el hogar de la caldera vacía o con una estufa de aire caliente. Colocar una bandeja de madera con cal viva dentro de la caldera, después de colocar las bandejas se cierra la caldera, cerrar herméticamente los agujeros de hombre, los agujeros de acceso y todas las conexiones. Si las válvulas escurren, póngales tapones. Si la caldera está parada mucho tiempo, ábrala cada tres meses y reemplace la cal húmeda con cal nueva.

Método húmedo.

Use este método si la caldera para reserva va a estar parada una semana. Vacíe, limpie e inspeccione. Llene hasta el nivel normal, levante 1405.8 a 3514.5 kg/m² de vapor para descargar los gases disueltos. Mantenga el agua alcalina en exceso de 400 ppm con tres libras de sosa cáustica por cada 1000 galones de agua en la caldera. Luego agregue aproximadamente 6.8 kilogramos de sulfito de sodio por cada 100 m³ de agua. Pruebe si el agua tiene el contenido mínimo residual de sulfito, de 100 ppm.

Llene la caldera con agua hasta que salga por el respiradero (después de que se a enfriado lo suficiente, pero antes de que se forme un vacío). Cierre todas las conexiones. Pruebe el agua en la caldera parada cada semana. Mantenga la concentración de alcalinidad y sulfito a su valor correcto. Cuanto más fría este el agua en la caldera parada, mejor para la caldera. Antes de conectar la caldera en la línea, púrguela para reducir la alcalinidad. Esto evita el arrastre al sistema. Pruebe el agua y purgue hasta que no haya alcalinidad.⁽⁴⁾

Secado.

Para evitar la corrosión cuando se termine el trabajo, seque de inmediato el hogar.

En la caldera de petróleo, encienda un quemador pequeño.

En las calderas de vapor, utilice fuego de leña o un fuego muy suave de carbón.

Precaución: cerciórese de que la caldera tenga agua.⁽⁴⁾

3.4.5 Mantenimiento y Prevención contra la Corrosión en Intercambiadores de Calor.

Al contrario de las máquinas rotatorias y alternativas, que transforman una clase de energía en otra por medio del movimiento, los intercambiadores de calor lo hacen inmóviles, por lo general a través de la pared de los tubos.

La función de los intercambiadores de calor es transferir energía térmica de una sustancia a otra. Las tres formas básicas son.

Conducción

Radiación.

Convección.

El calor lo produce el movimiento molecular, cuanto mayor sea la rapidez con que se muevan las moléculas, mayor será el calor que generan. Cuando se mueve un líquido o un gas; con una bomba, un ventilador u otro aparato, se tiene el calentamiento o enfriamiento por convección forzada.

Cuando se obliga a un fluido a circular sobre la fuente de calor a mayor velocidad, aumenta la rapidez de transferencia de calor, dentro de ciertos límites. Cuanto mayor sea la circulación forzada del fluido, tanto mayor será la rapidez para llevar el calor al sitio donde sea. Los intercambiadores de calor más conocidos son:

Condensadores de vapor.
Evaporadores.
Desaeradores.
De coraza y tubos.

Inspección.

A continuación mencionaremos algunos aspectos importantes que deben ser observados al dar mantenimiento a intercambiadores.

Problemas en la operación de condensadores de superficie.

1. Pérdida de vacío ocasionada por las uniones o empaquetaduras.
2. Fugas de agua de enfriamiento hacia el espacio de vapor por los extremos de los tubos.
3. Los tubos se pueden obstruir con lodo, oluscos, basura, lécgamo o algas, provocan un bajo suministro de agua para enfriamiento.
4. Los tubos se pueden cubrir con aceite de maquinaria.
5. La corrosión y descincado del metal de los tubos.

La corrosión puede ser uniforme o causar agujeros o picaduras pequeñas. El descincado cambia la naturaleza del metal y lo vuelve quebradizo y débil.

Falta de vacío por insuficiencia de aire del eyector.

1. Boquilla erosionada.
2. Colador que protege la boquilla obstruida.
3. Presión de vapor para la boquilla baja.

Como impedir que se filtre el aire en el condensador.

1. Filtraciones en uniones, bridas o piezas fundidas o porosas, se pueden detener con pintura asfáltica o con goma laca. El sebo o la grasa espesa detendrán las filtraciones alrededor de los vástagos de las válvulas. Las filtraciones pequeñas en las piezas fundidas porosas, tuercas de bridas o vástagos de válvulas; no siempre se pueden encontrar con llamas, hay que aplicar unas cuantas libras de presión y poner jabonadura en las paredes sospechosas del condensador.

Cuando se detiene una turbina se debe mantener la circulación del agua de enfriamiento en unos 15 minutos o más, para que el condensador se enfríe de modo gradual y uniforme. Comprobar que el agua de enfriamiento circule por el condensador antes de que arranque; evite que el vapor entre caliente al condensador, porque esto puede provocar fugas.

Para detener la fuga en un tubo que contamina el agua de alimentación, se apaga la caldera, se quitan las tapas de las cajas de agua y se llena con agua el espacio para vapor. Se observa los extremos de los tubos para localizar la fuga, una vez localizada la fuga se recomienda poner un tapón en el tubo de la fuga y utilizar el condensador hasta que se haya obstruido alrededor del 10% de los tubos.

Agua salobre para enfriamiento.

El condensado se puede fugar del lado de agua de enfriamiento al lado de vapor de condensado y contaminar el agua de alimentación, lo cual producirá incrustaciones en la caldera. También el agua salobre para enfriamiento se puede escapar hacia el espacio de vapor por los tubos agrietados o porosos o por las uniones en los extremos de los tubos, etc. Si se toman lecturas de salinidad del condensado, se pueden localizar fugas antes de que se produzcan daños.

Las incrustaciones de los serpentines o de los tubos del evaporador en el exterior, provocan que el calor se transfiera más lento, por tal motivo hay que eliminarlas. Una forma para hacerlo es vaciar la coraza a intervalos fijos y rociar el grupo de tubos con agua fría, mientras toda vía está caliente. Esto produce un choque térmico que, a menudo, agrieta las incrustaciones y permite arrastrarlas con el agua fuera de los tubos. Los tubos combados de algunos tipos ayudan a romper las incrustaciones. También se utilizan productos químicos para evitar las incrustaciones.⁽⁴⁾

3.4.6 Mantenimiento y Prevención contra la Corrosión en Torres de Enfriamiento.

En la operación de plantas de refrigeración o turbinas de condensación, un problema importante es extraer y disipar el calor del refrigerante comprimido o del vapor de escape. Este calor por lo general, se elimina del gas por la transferencia al agua en un intercambiador de calor. Si la fuente de agua de enfriamiento es un pozo o una red urbana, la descarga se puede conectar con tubos, otra vez a la tierra o hacia el drenaje o un canal. Pero este desperdicio total de agua caliente es costoso y en muchos lugares está prohibido, razones para volver a usar el agua de enfriamiento. Lo más importante es que pocas plantas están ubicadas cerca de un suministro ilimitado de agua, el uso de agua de la ciudad para enfriamiento cuesta mucho sino se recircula. La mayoría del agua contiene

sales en disolución y el uso de suministro continuo de esa agua cruda produce muy pronto incrustaciones en el intercambiador de calor.

En una torre de enfriamiento, el agua se enfría por exposición al aire después de cada pasada o ciclo, lo cual permite volver a usar muchas veces la misma agua. Una torre de enfriamiento es una estructura con venteos que tiene una cubierta o casco (madera, concreto, ladrillo o metal) que aloja una red de obstrucciones o rellenos. El agua que se va a enfriar se bombea hacia un sistema de distribución en la parte superior de la torre, desde donde cae en láminas delgadas o se esparce hacia el relleno. El relleno está dispuesto de modo que el agua se extienda para exponer nuevas superficies al aire que circula por la torre. El agua enfriada se recoge en un depósito.

El aire que pasa por la torre se satura en forma parcial o completa por la evaporación de una parte del agua. Esta evaporación es la que en su mayoría, enfría el agua, cuando hay abundante superficie de enfriamiento y aire, el agua se puede enfriar a la temperatura de bulbo húmedo del aire, como límite. Según las condiciones el agua se suele enfriar de 2 a 5°C de la temperatura de bulbo húmedo. A menudo se prefiere la torre de enfriamiento a un estanque de aspersion. La razón es que da mayor rango de enfriamiento debido a un tiempo de contacto más largo del aire con el agua atomizada. Además es conveniente para inspección y reparación. ⁽⁴⁾

Clasificación de las torres de enfriamiento.

- 1 Torres atmosféricas.
- 2 Torres de tiro con chimenea.
- 3 Torres de tiro mecánico.
- 4 Torres de tiro mecánico y natural combinados.

Mantenimiento en torres de enfriamiento.

Tratamiento de agua.

El agua de adición requerida por una torre de enfriamiento depende de las pérdidas por evaporación; pérdidas por brisado y pérdidas por purgas. Las pérdidas promedio por evaporación son 0.80% del agua que circula por cada 12.2°C. la pérdida por brisado es el agua arrastrada, en gotitas o rocío, por el aire. La cantidad de agua de purga desperdiciada depende de la dureza del agua de circulación, del suavizador de agua destilada y de las pérdidas por brisado. La purga se controla para mantener la concentración de los sólidos solubles y formadores de incrustaciones a menos del punto en que se forman incrustaciones o las ocasionaría la corrosión.

Las formaciones de algas obstruyen las boquillas y evitan la distribución correcta del agua sobre el relleno de la torre. Estas algas o lamas se acumulan en el equipo servido por la torre de enfriamiento y reduce el porcentaje de transferencia de calor. Se deben mantener las algas al mínimo o eliminarlas; para ello. Agregar un poco de cloro, sulfato de cobre, permanganato de potasio u otros productos químicos en el agua de circulación.

La mayoría del agua contiene materiales formadores de incrustaciones, pero los carbonatos de calcio y magnesio son los más problemáticos en las torres de enfriamiento. Las incrustaciones en el equipo reducen la transferencia de calor; para evitar o reducir las incrustaciones, se debe suavizar el agua de adición con cal y sosa comercial, zeolita, ácido sulfúrico o algunos fosfatos.

El tratamiento de agua requiere de la vigilancia de un químico. Una concentración muy alta de sólidos solubles en el agua de enfriamiento aumenta la temperatura efectiva del bulbo húmedo. Esto a su vez aumenta la temperatura del agua que sale de la torre y puede ocasionar depósitos de lodos, corrosión en el sistema. La concentración de sólidos por lo general se controla con purga o un derrame continuo al drenaje.⁽⁴⁾

Mantenimiento en el arranque.

Antes del arranque inicial de una torre de enfriamiento o después de un tiempo largo de paro, límpiela e inspecciónela con cuidado. Elimine todos los desechos en el estanque recolector debajo de la torre. Inspeccione todos los ventiladores y cerciórese de que los tornillos estén bien apretados, que los ventiladores giren libres y que el espacio entre las puntas de las aspas y cilindros esté correcta.

Revise el eje de impulsión del ventilador para comprobar que todos los tornillos estén en su lugar, los acoplamientos flexibles o juntas universales estén en buenas condiciones y que los protectores de eje estén colocados bien sujetos. El motor, el eje de impulsión y el reductor de velocidad deben estar alineados. Compruebe que los reductores de velocidad estén llenos al nivel correcto con el aceite limpio del tipo especificado. Abra los respiraderos en la parte superior del reductor y apriete los tornillos. Inspeccione la lubricación de los motores, apriete los tornillos de la carcasa de anclaje del motor. Inspeccione las boquillas, tuberías y canelones del sistema de distribución. Instale las boquillas faltantes y elimine todas las fugas. Examine la estructura de la torre y apriete los tornillos flojos, no apretar los tornillos en exceso porque los puede romper la madera cuando se hinche. Elimine las fugas del estanque recolector. Las fugas en los estanques pequeños se detienen cuando se empapa la madera. En los de concreto, examine las juntas de expansión en las paredes y en el

fondo. Compruebe que el flotador del agua de adición funcione libre y no tenga fugas por la válvula cuando está cerrada. Vea que el derrame este abierto y trabaje bien. Revise el fondo del estanque para ver si el colador y la tapa están bien instalados.

Inspección y mantenimiento durante la operación

Mantenga el sistema de distribución, boquillas y estanque de la torre libres de mugre, algas e incrustaciones. No haga funcionar los ventiladores con impulsor de velocidad variable a más de la velocidad especificada. Las estanques de concreto deben tener dobles mallas de succión.

Al limpiar, primero quite las mallas y coladores por los que pasa el agua. Compruebe el nivel del aceite del reductor de engranes cada semana y agregue aceite necesario. Engrase los ejes de impulsión que tengan estrías o juntas universales con grasa, una vez a la semana. Los ejes de impulsión con acoplamiento de disco no necesitan lubricación. Compruebe el funcionamiento de la torre diariamente. Como la torre es parte del sistema, su funcionamiento deficiente puede ser síntoma de una falla en otro lugar del sistema. La escala de enfriamiento se reduce con carga ligera de calor o con exceso de agua; se aumenta con carga intensa de calor o agua insuficiente. Cuando un condensador tiene muchas incrustaciones, se retarda la circulación del agua y aumenta la carga de bombeo.⁽⁴⁾

Mantenimiento estructural.

Limpie la basura, mugre, incrustaciones e insectos del sistema de distribución. Repare o reemplace las partes dañadas o faltantes; además limpie y pinte todos los metales que se puedan corroer.

El pino de California no necesita pintura para protección contra la intemperie. Apriete los tornillos flojos y deje espacio para que se hinchen las maderas cuando se mojen.

- 1) Limpie los eliminadores de brisado, porque la mugre reduce el flujo de aire. Alinee los espaciadores de los eliminadores. Instalar los eliminadores, no deje agujeros entre los grupos porque permiten brisado excesivo. Limpie todas las tablillas de madera.⁽⁴⁾

Protección contra la corrosión bacteriana en torres de enfriamiento

La inevitable presencia y posterior actividad de los microorganismos en el agua de alimentación causa bioensuciamiento ya sea en agua de pozo de río, estuario o marina. El resultado del bioensuciamiento, es función de la carga microbiana y de las características operacionales del

sistema (velocidad de flujo, temperatura, diseño estructural), por ello la secuencia de los procesos correspondientes a su establecimiento y en consecuencia de los problemas de corrosión.

Generalmente los tratamientos químicos implementados en la industria, no contemplan las interacciones entre los depósitos biológicos e inorgánicos, ni la compatibilidad entre un tratamiento inhibidor de corrosión y un biocida de aplicación simultánea.

Las medidas para eliminar el bioensuciamiento, coinciden con el control de los depósitos orgánicos, aunque generalmente son estrategias que deben adecuarse al problema. El registro del sistema debe incluir métodos variables que permitan medir el proceso de la Biocorrosión y el bioensuciamiento. El método más frecuente utilizado en el control del bioensuciamiento es por clorinación periódica o continua del agua de alimentación, para matar los microorganismos. En ciertos sistemas la cloración no se emplea por razones de incompatibilidad química y ambiental.

Lo cual ha llevado a implementar tratamiento biocidas y dispersantes de concepción más moderna con especial énfasis en la preservación del ambiente. En investigaciones recientes se ha comprobado que la concentración de cloro no solo alcanza a los estratos más superficiales y se limitan a una concentración efectiva que representa solo el 20% del nivel del cloro en la fase líquida. Estas limitaciones en el uso del cloro en los últimos años, ha concentrado la atención en otros biocidas alternativos de mejor compatibilidad con el ambiente. Entre ellos, el ozono es un biocida prometedor.

La calidad de un biocida se evalúa en función de que no se pierda rápidamente; se maximiza la actividad contra los microorganismos, responsables de la corrosión en un periodo breve, por ello se considera que los mejores biocidas, deben tener propiedades pasivantes (protección), sobre ciertos metales y relaciones comunes en la industria e incluso acción antiincrustante, para evitar la acumulación de nutrientes que atraen a los causantes de biocorrosión. En los últimos años el interés por el ozono como biocida en el sistema de enfriamiento ha aumentado, así como su factibilidad económica ha sido recomendada por NACE.⁽²⁸⁾

3.5 Importancia de la Prevención contra la corrosión en Tanques, Recipientes, Equipos y Líneas de Tubería

Desde productos empacados y almacenados en interiores hasta aquellos localizados en exteriores bajo condiciones adversas, la nueva generación de sistemas hace, por primera vez, más rentable resolver un problema de corrosión que ignorarlo.

Por ejemplo, se puede:

- 1) Nebulizar un intercambiador de calor en pocos minutos y eliminar sus problemas de corrosión en almacenaje y transporte.
- 2) Proteger "en sitio" circuitos eléctricos y electrónicos, por pocos centavos al día.
- 3) Rociar fácilmente bridas y vástagos con un recubrimiento para intemperie de larga duración.
- 4) Incrementar la capacidad protectora de sus aceites lubricantes con un aditivo anticorrosivo eficaz sobre distintos metales.

Reduciendo costos de operación gracias a la acción de los inhibidores.

- Son productos multifuncionales.
- Dan protección más eficaz.
- Sus eficientes sistemas de aplicación hacen económico tratar artículos difíciles de proteger.
- Son fáciles de aplicar.
- En la actualidad son más confiables para la salud, la seguridad y el medio ambiente.
- Eliminan fases de proceso, al no ser necesario remover su protección.
- Aumentan la vida de los equipos.

Los sistemas pueden usarse en cualquier etapa de la vida del producto, desde la producción de su materia prima hasta su puesta en uso. Cuando son aplicados adecuadamente, los inhibidores reducen sustancialmente tiempos y costos a lo largo de toda la vida del producto: en su fabricación, almacenaje, transporte y operación. La aplicación de estos productos evita muchos pasos de proceso, tales como limpieza, desengrasado, desoxidado, decapado, arenado (sand-blast) y nueva protección. Se tiene menos rechazos, mejor calidad, menos reclamaciones por óxido y una más larga vida de los equipos.

Durante la fabricación del producto, los inhibidores pueden ser integrados fácilmente en sus procesos de fabricación y montaje. Mientras eliminan la corrosión de metales ferrosos y no ferrosos, pueden proporcionar lubricación que permita aumentar la velocidad de producción y la vida de las herramientas, ayudando así a fabricar siempre productos de primera calidad. Los inhibidores de corrosión proporcionan soluciones sin par a problemas de corrosión difíciles.

Los inhibidores en polvo pueden usarse para proteger huecos y cavidades de difícil acceso. Los inhibidores en base agua pueden remplazar a los recubrimientos y refrigerantes aceitosos,

suministrando una protección temporal fácil de quitar. Los polvos solubles en agua pueden ser añadidos a las soluciones de las pruebas hidrostáticas o hidráulicas para proteger las piezas durante y después del secado. Los emisores pueden proteger unidades eléctricas o electrónicas durante sus diversas etapas de fabricación, montaje, embarque y operación. Cualquiera que sea la pieza, tanque, válvula, compresor, placa electrónica, caja eléctrica, prensa tipográfica, etc. va a estar protegida por los inhibidores durante toda su vida, de principio a fin.

3.6 Pruebas de Aceptación de Laboratorio.

Antes de utilizar cualquier tipo de inhibidor de corrosión se deben realizar pruebas de laboratorio para seleccionar el inhibidor más apropiado para cada elemento a proteger. Las pruebas de evaluación de laboratorio se diseñan para evaluar y obtener resultados confiables, reproducibles y comparables con las condiciones de campo. Para realizar una comparación y selección entre diferentes inhibidores, se deben realizar las evaluaciones del comportamiento anticorrosivo, calidad y resistencia eléctrica, para estar en posición de determinar la eficiencia, así como tendencia a la emulsión, formación de espuma, persistencia de película y compatibilidad de las muestras, al mismo tiempo y bajo las mismas condiciones.

Los métodos de evaluación de acuerdo al tipo de fluido evaluado, pueden ser gravimétricos, electroquímicos y porcentaje de área corroída. En cualquiera de los métodos descritos, se debe perseguir simular las condiciones más cercanas a la realidad en campo, y considerar al menos, la información siguiente:

- Sistemas de flujo dinámico.
- Composición del fluido.
- Condiciones de operación.
- Limitaciones del tratamiento con inhibidores.

La consideración de pruebas de laboratorio específicas para determinar solubilidad, dispersabilidad y características de partición del inhibidor de corrosión, han arrojado resultados que proporcionan más elementos para realizar una selección efectiva del producto.

Los factores ambientales, seguridad, salud ocupacional y la toxicidad del inhibidor son factores que deben ser considerados en el proceso de evaluación del inhibidor de corrosión.

3.7 Aislamiento Del Equipo A Prevenir

3.7.1 Fallos en el aislamiento.

La explosión e incendio en 1988 en la plataforma petrolífera PIPER ALPHA en el mar del norte, en la que murieron 163 personas, ocurrió debido a un aislamiento deficiente. La válvula de seguridad de una bomba se retiró para ser revisada y se colocó una ciega. El turno siguiente, desconociendo que la válvula de seguridad no estaba, arrancó la bomba. Probablemente, la brida ciega no estaba bien sujeta y se produjo un escape de aceite ligero que explotó en el área de proceso confinada. El informe oficial concluía que: “ *que el personal de operaciones no estaba comprometido a realizar trabajo alguno según el procedimiento escrito, y que el procedimiento fue desatendido deliberada y flagrantemente*”. Las pérdidas humanas en el PIPER ALPHA fueron superiores en comparación con otros accidentes debido a que en las plataformas petrolíferas se concentran muchas personas en muy poco espacio y la evacuación se hace difícil.⁽¹³⁾

Para evitar accidentes mientras se realizan trabajos de mantenimiento en equipos que contienen o almacenan productos peligrosos o trabajan a altas presiones y/o elevadas temperaturas se deben seguir algunas de las siguientes recomendaciones:

- 1) Los dispositivos a reparar deben ser aislados mediante discos ciegos o desconectados físicamente a menos que el trabajo de mantenimiento a realizar sea tan rápido que cueste más colocar los discos ciegos o desconectar las tuberías que el propio trabajo en sí, constituyendo este hecho un factor de riesgo en sí. Si se van a efectuar trabajos en caliente o si hay que entrar en un recipiente, siempre se colocaran discos ciegos o se desconectarán físicamente los elementos del equipo implicados. Figura 3.10
- 2) Las válvulas que aíslan al equipo de mantenimiento, incluyendo las válvulas que deben ser cerradas mientras se colocan los discos ciegos (o mientras se desconectan las tuberías) deben ser bloqueadas con un candado y una cadena o un dispositivo similar. No es suficiente con poner un aviso en la válvula.
- 3) Se deberán instalar válvulas de doble bloqueo y purga cuando se manipulen fluidos mayores a 600 psi (40 bar) o a temperaturas cercanas o por encima de su temperatura de autoignición. Estos elementos no se usarán como aislantes en sí, sino para la instalación adecuada de los discos ciegos.
- 4) Si se produce algún cambio en el trabajo de mantenimiento a realizar, se retirará el permiso de trabajo* (se revisara en el capítulo 4) anterior y se emitirá uno nuevo.

Si el venteo forma parte del sistema de purga, con el objeto de que no se produzca una aspiración de aire deberá ser sellado. Hay que asegurarse que el sello se coloque en el lado de la desconexión y no en el lado del tanque. Es preciso señalar que si fuera necesario el acceso al tanque, la junta más cercana al tanque debería ser abierta.

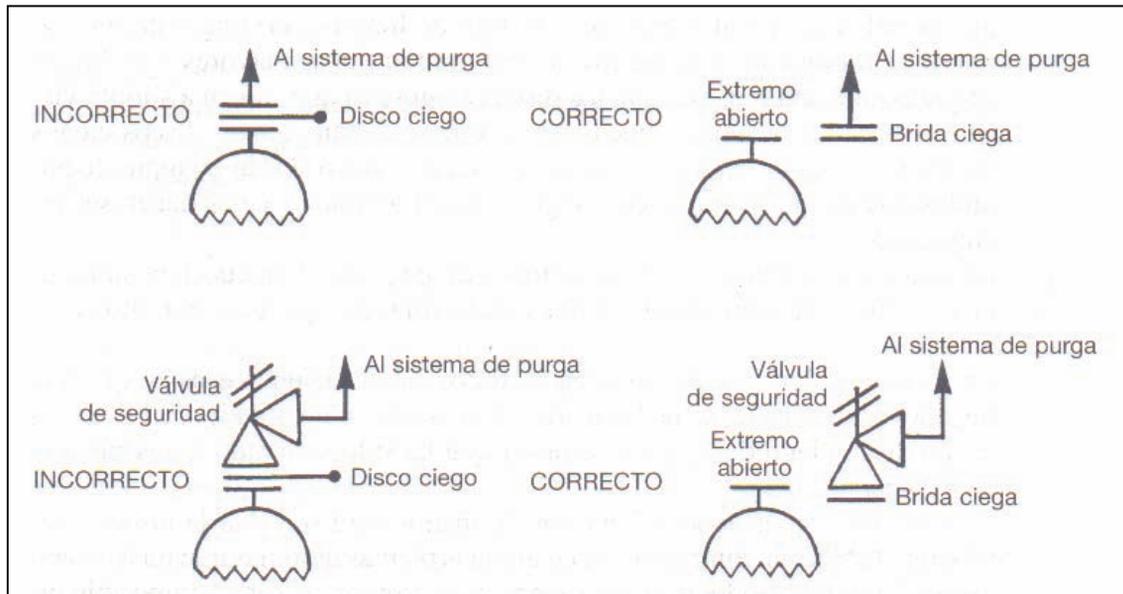


Figura 3.11 Las formas correctas e incorrectas de aislar una línea para venteo.

Si es preciso colocar un disco ciego, debido a que la línea es demasiado rígida para moverse, entonces el venteo debe ser el último en aislarse y el primero en desaislarse. Si se hace una relación en un listado de todos los discos ciegos instalados, será menos probable que nos olvidemos de alguno. Los discos ciegos instalados durante mucho tiempo pueden ser retirados e inspeccionados antes de ser utilizados en trabajos de mantenimiento. Las bridas de gafas de 8 son mejores que los discos ciegos, ya que se ven a simple vista, y deberían usarse para líneas en las que se deban colocar discos ciegos de manera regular. Aunque el coste inicial sea mayor, están siempre disponibles, mientras que los discos ciegos tienden a desaparecer y tienen que ser remplazados.

Si no se está convencido de que todas las válvulas de aislamiento deberían ser bloqueadas antes de que las tareas de mantenimiento tengan lugar, al menos habrá que resguardar las válvulas de las líneas que contienen materiales que pudieran solidificarse y fundirse después.⁽¹³⁾

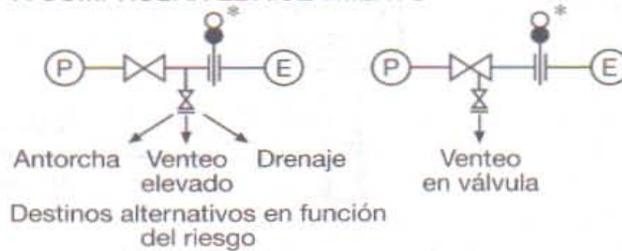
3.8 Identificación

En muchas ocasiones se han abierto tuberías o equipos que no deberían haberse abierto, por ejemplo: una tubería fuera de servicio estaba marcada con una tiza por el punto donde debía ser cortada. Antes de que el mecánico pudiera comenzar su trabajo, una lluvia fuerte borro la señal. El

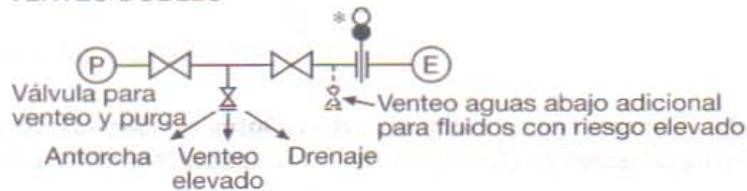
TIPO A. PARA FLUIDOS CON RIESGO BAJO



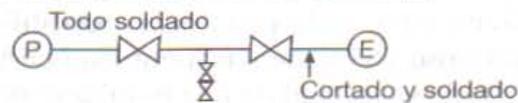
TIPO B. PARA FLUIDOS PELIGROSOS CON VENTEO DESTINADO A COMPROBAR EL AISLAMIENTO



TIPO C. PARA PRESIONES ELEVADAS (> 600 psi) Y/O TEMPERATURAS ALTAS O PARA FLUIDOS CON PROBLEMAS DE AISLAMIENTO: BLOQUEO Y VENTEO DOBLES



TIPO D. PARA VAPOR DE AGUA A MÁS DE 600 psi



E = Equipo en mantenimiento
P = Línea presurizada
* = O bien anillo o disco según se requiera

Figura 3.10 Algunos Métodos De Aislamiento

Los aislamientos no deben eliminarse hasta que los trabajos de mantenimiento hayan finalizado completamente. Es una buena práctica emitir tres permisos de trabajo: uno para insertar un disco ciego (o desconectar las tuberías), otro para el trabajo de mantenimiento en sí y otro para quitar los discos ciegos (o restaurar las conexiones).

Los equipos deben ser aislados con discos ciegos o tuberías desconectadas antes de iniciar las tareas de mantenimiento. Las plantas deben de ser vaciadas una vez declaradas fuera de servicio o cuando se abandonan para su desmantelamiento. ⁽¹³⁾

Si hay que aislar un recipiente en el venteo o en su línea de purga, no debe colocarse un disco ciego en el venteo, sino que, siempre que sea posible, es preferible desconectarlo y dejar el recipiente abierto a la atmósfera. Ver figura 3.11

mecánico “recordaba” donde había sido hecha la señal. Fue descubierto cortando con una sierra eléctrica una línea que contenía un producto químico peligroso.

Muchos accidentes se pueden evitar colocando una etiqueta numerada en la brida, en la válvula, o en el lugar donde se va a realizar determinado trabajo, y mencionado su correspondiente orden o permiso de trabajo.⁽¹³⁾

3.9 Eliminación de Riesgos.

Muchos accidentes han ocurrido porque los equipos, aunque estaban correctamente aislados, no estaban completamente limpios de productos peligrosos o no se habían despresurizado completamente y los operarios llevaban a cabo reparaciones sin tener esto en cuenta.

Es normal efectuar pruebas de explosividad para detectar la presencia de gases o vapores inflamables antes de realizar trabajos de mantenimiento, especialmente soldaduras y otros trabajos en caliente. Las piezas grandes de equipos o aquellas con formas complejas deberían ser probadas en varios lugares, usando detectores en las partes superiores y en los extremos de sus secciones largas si es necesario.

Todo equipo enviado a un taller de reparación exterior deberá estar, siempre que sea posible, totalmente limpio antes de salir de la planta. Los contratistas no están familiarizados con los productos químicos y no saben como manejarlos. Sin embargo, puede que en ocasiones sea imposible estar seguro de que un equipo está totalmente limpio, especialmente si ha contenido un aceite residual o un material que se polimerice. De ser este caso, o de haber dudas sobre el estado de limpieza, deberá advertirse del riesgo y de las precauciones que tienen que tomar el personal del taller o de la compañía que se contrate. Esto se puede hacer adjuntando un informe con el equipo. Este informe no es un permiso de trabajo, no autoriza ningún trabajo, sino que describe el estado del equipo y le da a la otra empresa la información suficiente que les permita realizar la reparación o modificación con garantías de seguridad.

3.10 Incumplimiento de los Procedimientos

Antes de proceder a la realización de trabajos de mantenimiento en un equipo es normal la emisión de permiso de trabajo que indique:

- Que hay que hacer.
- Como está aislado e identificado el equipo.
- Que riesgos existen, y si hay todavía alguno.
- Que precauciones deben tomarse.⁽¹³⁾

Para evitar incidentes primero debe quedar claro que los permisos sólo pueden ser anulados por las personas que los han aceptado y segundo, debe haber dos ejemplares de cada permiso, uno en el poder del equipo de mantenimiento y otro en manos del personal de proceso.

Muchos incidentes se han producido a causa de una interpretación equivocada ya sea de palabras o frases. Por esta razón, el trabajo de mantenimiento siempre deberá ser inspeccionado por el personal del proceso para cerciorarse de que lo que se está realizando es lo que se quería que se hiciera.

Al entregar o recoger un permiso, el personal de mantenimiento y de proceso deben comentarlo entre sí. No es un buen sistema dejarlo sobre una mesa para que alguien lo firme cuando llegue.

Cuando se emite un permiso de trabajo para realizar una excavación, es norma habitual solicitar un certificado para constar que no hay cables eléctricos enterrados.⁽¹³⁾

3.11 Modificaciones

Muchos accidentes ocurren cuando se realizan modificaciones en las plantas o en los procesos. Estas modificaciones pueden tener efectos secundarios inesperados que provoquen accidentes.

Las modificaciones de bajo coste económico es un término que se utiliza para describir modificaciones tan baratas que no requieren la aprobación del departamento financiero, o que de requerirla se consigue fácilmente. El problema es que estas modificaciones no reciben el mismo tratamiento que una modificación más cara y por ende representan un mayor riesgo.

Las modificaciones deben ser siempre señaladas en el diagrama de flujo antes de ser aceptadas y las personas que las aprueban deberán comprobar siempre, una vez finalizadas las modificaciones, que han sido realizadas de acuerdo a las instrucciones dadas.

Antes de realizar cualquier modificación a una instalación, a un proceso o a un procedimiento de seguridad, por insignificante que este sea, temporal o permanente, deberá ser autorizada por escrito por un ingeniero de proceso y por un ingeniero de mantenimiento, esto es, por profesionales calificados. Antes de autorizar estas modificaciones, deberán asegurarse de que no habrá ningún tipo de consecuencia inesperada y que todo se realiza de manera segura y según la normativa correspondiente. Cuando se termine de realizar la modificación, ellos deberán de inspeccionar el trabajo para asegurarse que sus instrucciones han sido seguidas y que todo el trabajo se realizó correctamente.⁽¹³⁾

CAPITULO 4.

CARACTERÍSTICAS DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la protección contra la corrosión, prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones la maquinaria, herramienta y equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral. El mantenimiento de equipos, infraestructuras, herramientas, maquinaria, etc. representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario, a quien está inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo. El mantenimiento no sólo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes.⁽⁷⁾

Es por eso que es recomendable que en cualquier empresa o planta química, en donde se encuentre personal que maneja diversos productos químicos que puedan dañar su persona y el equipo de operación, dispongan de un manual en el que se indiquen condiciones operacionales seguras y sobre todo que esté manual se encuentre al alcance de cualquier trabajador, ya que no debe ser de uso exclusivo del personal de mantenimiento.

4.1 Definición del Manual de Mantenimiento

Un manual es un medio efectivo para la comunicación de procedimientos y es el mejor camino para llevar a buen término una tarea determinada. En el mantenimiento existen procedimientos rutinarios que se establecieron por sus predecesores, éstos pueden existir de forma verbal o del modo más adecuado en forma escrita. En éste se establece la normatividad y los mecanismos técnicos que normarán el criterio para el desarrollo de las actividades y tareas del mantenimiento, determinado cómo y cuándo se deben hacer.

Los manuales incluyen instructivos que establecen los procedimientos por escrito para la operación y reparación de los equipos.

Los Manuales pueden ser de:

- Instrucciones.
- Procedimientos.
- Orden interior.
- Organización.
- Técnicos.

Existen algunas desventajas por carecer de manuales para realizar distintas actividades dentro de una planta.

- Las diferentes actividades de mantenimiento, no pueden realizarse eficazmente si se deja que los operarios las lleven a cabo de cualquier forma.
- Mayor tiempo en denominar las técnicas de mantenimiento y en tener la destreza necesaria. Por otro lado, cuando solamente los trabajadores experimentados saben aplicarlas, no se aprovecha en forma eficiente la mano de obra, además provoca dependencia de unas cuantas personas. ⁽⁵⁾

El trabajo de mantenimiento es generalmente menos eficiente que el trabajo de producción, porque esencialmente no es repetitivo y requiere una larga preparación y presenta grandes márgenes de error. Depende en gran medida de la destreza individual y se realiza bajo condiciones difíciles.

Se hace importante disponer de estándares y manuales comprensibles que incorporen las técnicas y tecnologías derivadas de las experiencias pasadas de la planta. Tales documentos permiten que un gran número de trabajadores incluyendo los recientemente incorporados, realicen trabajos que antes solamente los trabajadores experimentados podían llevar a cabo. Esta capacitación para adiestrar e implicar al trabajador de mantenimiento, es la clave del desarrollo de un programa de mantenimiento de alta calidad y eficiencia.

En la revisión de los procedimientos de mantenimiento existentes podemos encontrar alguna de las situaciones siguientes.

- 1.- Se utilizan métodos, equipos y materiales obsoletos.
- 2.- Existen áreas de responsabilidad no claramente definidas
- 3.- Falta de conexión en los procedimientos.
- 4.- Esfuerzo mal encausado en áreas que no lo necesitan.
- 5.- Papeleo excesivo.
- 6.- Dependencia excesiva de una persona por parte de mantenimiento.

Dichos manuales deben estar actualizados y actualizarse constantemente, ser simples o si no tender a simplificarlos, deben estar disponibles para todo el personal, además de incorporar las experiencias de los mismos.⁽¹⁴⁾

4.1.1 Manuales de Organización.

Estos manuales son los documentos que muestran la organización de la empresa y/o específicamente la de mantenimiento. Indica la función de cada puesto y su jerarquía, se incluye un organigrama, reglamento externo.

4.1.2 Manual de partes.

Este manual ayuda fundamentalmente para el desarrollo de las tareas de Mantenimiento, presenta las partes que integran al bien físico. Además de tener explícitas las partes para su adquisición. Generalmente éste es hecho por el fabricante del equipo pero si no, haga uno propio de los equipos más importantes y sobre partes críticas. Puede estar dividido por un conjunto de partes que cumplan una función específica en la planta o tener una especialidad común, lo que implica integrar los manuales por sistemas

Algunas ventajas de este manual son las siguientes:

- Fácil identificación de las partes.
- Simplifica la solicitud y adquisición de las partes.
- Ayuda significativa en reparación y montaje.
- Base para la estandarización.

4.2 Manual de Mantenimiento.

El manual de mantenimiento es el documento fundamental, en el cual se establecen las bases generales para el desarrollo del mantenimiento de las plantas y/o empresas, éste puede estar integrado por otros manuales; algunos puntos que integran este son:

- Identificación de los bienes físicos.
- Características del bien:
 - Parámetros básicos.
- Integración.
 - Sistemas.
 - Componentes.
 - Partes.

- Programa de actividades.
 - Tareas.
 - Materiales.
 - Partes de repuesto.
 - Herramental.
- Procedimientos para el mantenimiento.
 - Secuencia.
 - Rendimientos.
 - Herramental.
 - Ajustes y tolerancias.
 - Materiales y partes requeridas para el desarrollo de tareas.
 - Planos y diagramas.
- Personal necesario para su ejecución.
 - Cantidad.
 - Categorías.
- Fallas.
 - Análisis.
 - Pruebas.
 - Casos de emergencias.
- Especificaciones de insumos.
- Controles.
 - Bitácora.
 - Historial.
 - Probabilidad de falla.
 - Riesgos.
 - Aviso en caso de falla.
- Normas y reglamentos reguladores.⁽¹⁴⁾

4.3 Objetivos.

En la industria química, la gran mayoría de los procesos están mecanizados en líneas definidas en las cuales puede o no intervenir el factor humano. En general cuanto más trabajo manual ha sido reemplazado por las máquinas, es mayor la importancia del mantenimiento y esto se refleja no solamente en las dimensiones de cada departamento sino también en la categoría del ingeniero que lo dirige. El mantenimiento se realiza con la finalidad de aumentar la efectividad del equipo y se requiere realizar las siguientes actividades.

- 1) Las actividades de mantenimiento se realizan para la prevención de averías en los equipos y arreglar dichas averías en los equipos, y tienen lugar en un ciclo que consiste en una operación normal combinada con mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

- 1) Las actividades de mejora alargan la vida útil del equipo, reducen el tiempo requerido para realizar el mantenimiento. La mejora de la fiabilidad y mantenibilidad, la prevención, y el diseño libre de mantenimiento son todas ellas actividades de mejora para el mismo.

Las actividades de mantenimiento y mejora deben llevarse a cabo simultáneamente en las tres áreas del deterioro: prevención, medición y restablecimiento. Las metas del mantenimiento no se pueden lograr si se descuida alguna de estas áreas; los métodos utilizados y la prioridad pueden, sin embargo, variar de un departamento a otro y de una fábrica a otra. ⁽⁷⁾

El mantenimiento debe ser realizado periódicamente por el departamento de mantenimiento, el mantenimiento predictivo, la mejora de la mantenibilidad y otras actividades que incluyen la constante verificación del deterioro y restablecimiento de los equipos para su correcto funcionamiento. ⁽⁷⁾

En el departamento de mantenimiento a menudo ignoran la necesidad de instruir a los operadores en los procedimientos que se deben tomar en cuenta para el correcto funcionamiento de todos los equipos.

Otras actividades importantes del departamento de mantenimiento incluyen:

- Investigación y desarrollo de tecnologías de mantenimiento.
- Fijación de estándares de mantenimiento.
- Creación de registros de mantenimiento.
- Evaluación de los resultados del trabajo de mantenimiento.
- Cooperación con los departamentos de ingeniería y diseño de equipos.

El establecimiento de las condiciones básicas del equipo es una actividad importante en el mantenimiento, esta acción incluye limpieza, lubricación y sujeción de pernos. Limpieza significa quitar suciedad, polvo, astillas, residuos y todo tipo de materia extraña que se adhiere a los equipos y durante esta actividad también se buscan defectos ocultos en los equipos y se toman medidas para remediarlos. Los defectos perjudiciales de una limpieza inadecuada son muy comunes, sin embargo pueden aparecer directa o indirectamente de las siguientes formas.

- Partículas extrañas entran en las partes deslizantes de las máquinas produciendo resistencia por fricción, desgaste, obstrucciones, y fallos eléctricos. Esto puede provocar averías, pérdidas de precisión, y mal funcionamiento de equipos.
- La calidad del producto es afectada directamente.
- En el ensamblado de relevadores y otras piezas eléctricas de control, la suciedad y el polvo que se adhieren a los contactos causan grandes fallos en la instalación eléctrica.

- En la mecanización de precisión, la suciedad que se adhiere a las plantillas, herramientas, y sus montajes, dificultan las operaciones de centrado y ocasionan excentricidades durante el mecanizado, dando como resultado productos defectuosos.
- En el galvanizado, las piezas de trabajo contaminadas, la suciedad, o las partículas extrañas en el electrolito pueden producir defectos en el recubrimiento. ⁽⁷⁾

La limpieza no consiste solamente en que el equipo aparente estar limpio, la limpieza significa el correcto funcionamiento del equipo mediante la exhaustiva revisión de todos los componentes de este, desde la pieza más pequeña e insignificante, hasta la de mayor importancia, para poder detectar defectos y anomalías ocultas. En otras palabras, la limpieza es inspección, de hecho, si la limpieza no es tomada con esta importancia pierde todo sentido llevarla a cabo. ⁽⁷⁾

4.4 Inspección General y Revisión por Intervalos de Tiempo.

En un programa de mantenimiento se adiestra a los operadores para que realicen inspecciones de rutina. Lo que se espera de éstos operadores es que sean capaces de identificar las evidencias que indiquen un posible daño y con esto evitar el deterioro. El objetivo de realizar el mantenimiento de forma periódica es lograr resultados significativos, pero en ocasiones esto no se consigue por las siguientes razones.

- Se exige inspección, pero no se estimula a los trabajadores para que prevengan el deterioro de los equipos.
- Se exige inspección, pero no se concede el tiempo suficiente para llevarla a cabo.
- Se exige inspección, pero no se realiza el adiestramiento necesario. ⁽¹⁴⁾

Un requerimiento importante para realizar una inspección general es disponer del personal correctamente capacitado, además de operadores conocedores de su equipo. También los intervalos y tiempos de inspección son críticos, puesto que es preciso realizar el trabajo mientras el equipo está en operación.

Otro punto importante son los intervalos de inspección que deben ser determinados en base a la experiencia, que tan crítico es el equipo, entorno, grado de automatización y a que ritmo puede realizarse el mantenimiento mientras el equipo esta operando, diferenciando qué inspecciones deben ser llevadas a cabo diario, cada semana, cada mes, o más. Cabe recalcar que las inspecciones diarias, debido a que sólo pueden durar poco tiempo, sólo está enfocado a evidenciar defectos que afecten la calidad o la seguridad del proceso directamente y en equipos que sean comunes a la mayor parte de la planta como por ejemplo: unidades neumáticas, de vapor,

requieren de mayor tiempo y se deben programar espacios suficientes para que el operador aprenda a realizarlas correctamente. ⁽¹⁴⁾

La inspección general es demasiado importante para que se realice de prisa y arriesgadamente, por lo tanto se deben eliminar en los procedimientos diarios elementos no esenciales. En lugar de ello, reservar un bloque de tiempo para dedicarle atención, incluso si fuera necesario se alarga el intervalo entre inspecciones. Con un bloque de tiempo más amplio, los operadores sabrán con seguridad realizar las revisiones requeridas. Con la práctica de esta actividad, desarrollan gradualmente la capacidad de percibir durante la operación del equipo, el estado en que se encuentran y de detectar señales de problemas mientras se limpian o lubrican. ⁽¹⁴⁾

4.5 Campo de Aplicación.

El campo de aplicación del mantenimiento varía ampliamente de una planta a otra, debiéndose esto al avance tecnológico de cada compañía. En este caso más general es posible una clasificación en cuatro grupos principales:

- Conservación a instalaciones. Éste se realiza en fabricas, equipos, tuberías y edificios, para mantener el rendimiento óptimo de la fabrica, disminuir al máximo el deterioro del capital y mantener condiciones de trabajo seguras.
- Conservación a equipos que proporcionan servicios en la planta. En éstos se encuentran los servicios auxiliares como vapor para el proceso, servicios técnicos, transporte interno. Así como también en procesos especializados de producción como son: soldadura y pinturas.
- Conservación en el área administrativa. En ocasiones éste se considera así desde el punto de vista contable, y se toma en cuenta para la instalación de nuevos proyectos con el fin de contribuir al aumento del capital de la fabrica.
- Conservación a diversas áreas. en éste se hace referencia a los servicios de mantenimiento que se aplican a equipos de seguridad para emergencias de fuego, comedores. ⁽¹⁴⁾

4.5.1 Responsabilidades del Mantenimiento.

El departamento de mantenimiento es responsable del bienestar de los equipos de la planta, por lo cual deberá lograrse el máximo provecho, máxima disponibilidad y menores costos. Es responsable del total de mantenimiento de los equipos, aunque éste se haya realizado en forma externa. Figura 4.1

A continuación se presenta en forma esquemática las responsabilidades del mantenimiento dentro del desarrollo de las obras que pudieran efectuarse en la empresa, conforme a las siguientes fases:

- Actividades previas.
- Actividades del contratista.
- Actividades a realizar por el departamento del mantenimiento. ⁽²⁾

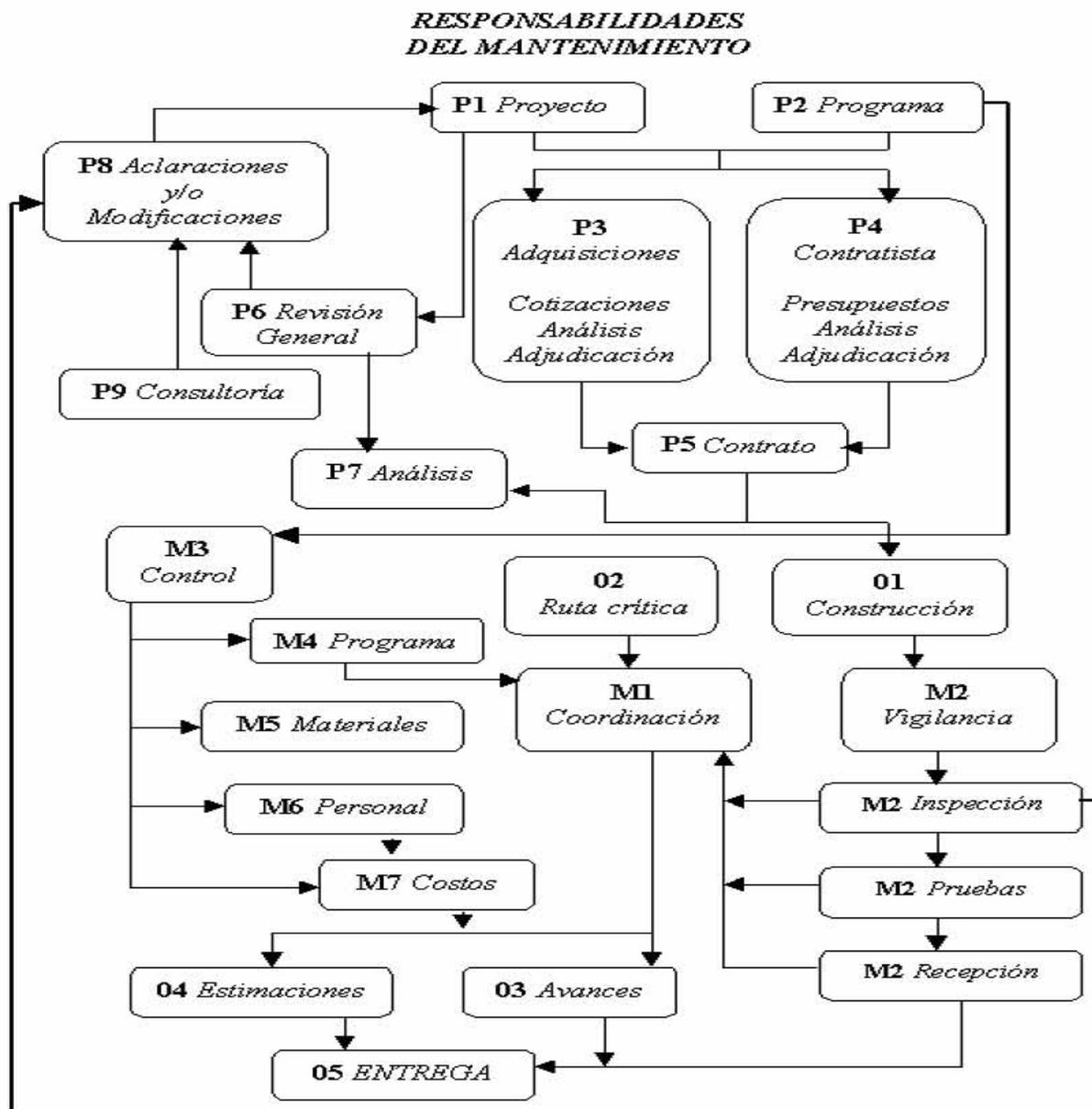


Figura 4.1 Responsabilidades del mantenimiento

donde:

P = actividades previas.

O = actividades de contratista.

M = actividades de mantenimiento. ⁽²⁾

4.6 Adiestramiento.

El adiestramiento de los operadores en tecnologías de operación e inspecciones generales de proceso es de vital importancia. A medida que el operario éste perfectamente familiarizado con el equipo, será capaz no sólo de poder tratar correctamente las anomalías que se presenten con el respaldo del entendimiento de todas las características del proceso.

Los objetivos principales de está tarea son, mejorar el ambiente de trabajo, hacer eficiente el proceso y librarlo en la medida que se pueda de desperdicios, eliminar accidentes y problemas. La habilidad más valiosa en la que un operador se debe adiestrar es en su capacidad de detectar anomalías en el equipo, de las cuales las más importantes para evitar defectos y averías son las anomalías causales que aparecen antes que la avería o el defecto en si y nos permita prevenirlo, aunque por supuesto son muy difíciles de detectar.

Para capacitar al operador es necesario establecer un programa que contenga el adiestramiento en operación en condiciones correctas, en montar útiles de trabajo y en realización de inspecciones detalladas dependiendo del equipo, partes funcionales, sistemas neumáticos e hidráulicos, mecanismos de transmisión, electricidad e instrumentación y de la frecuencia de averías, defectos y problemas. El medio ideal para la capacitación son los manuales y las listas de chequeo. Las listas de chequeo deben contener todos los puntos que deben ser inspeccionados por los operadores por medio de sus sentidos. Los manuales de inspección deben especificar la manera en que deben llevarse a cabo las inspecciones y métodos para detectar y tratar el deterioro. Estos manuales deben ser revisados intensivamente. ^(7,11)

El operador de un equipo realiza cuatro tipos de trabajo simple de mantenimiento para mantener al equipo funcionando regularmente.

- 1) Realiza una revisión puntual del equipo antes de arrancarlo, verifica el nivel de aceite en los sistemas hidráulicos y el valor de la corriente eléctrica y observa las vibraciones inusuales u otras anomalías.
- 2) Periódicamente verifica la temperatura y velocidad, y otros elementos durante la operación y continua alerta ante ruidos o vibraciones inusuales.
- 3) Observa el panel de instrumentación regularmente para verificar el nivel de energía actual y otros indicadores.
- 4) Se asegura que el equipo este bien lubricado reponiendo lubricante cuando sea preciso.

El operador que observa un cambio en la condición del equipo que plantea un problema mecánico o de seguridad, informa al departamento de mantenimiento, que la máquina este operando anormalmente y necesita un examen profundo. El personal de mantenimiento siempre es responsable de asegurar la operación confiable de las máquinas y otros equipos usados por el departamento de producción, sus deberes incluyen:

- Mantenimiento planificado periódico.
- Medidas periódicas de temperatura y vibraciones.
- Estimar los intervalos óptimos para la revisión y reemplazo de piezas.
- Planificar y seleccionar los lubricantes, materiales y repuestos óptimos.
- Corregir debilidades de diseño del equipo.
- Restaurar rápidamente las averías del equipo.
- Proveer educación y adiestramiento del mantenimiento a los operarios del mantenimiento.
- Mejorar sus propias capacidades de mantenimiento y aprender nuevas tecnologías.

En estos tiempos de intensa competencia internacional la supervivencia de cada compañía depende en gran parte del conocimiento y capacidad de su equipo de mantenimiento. Este personal necesita hacer pleno uso de las últimas herramientas de diagnóstico de equipos mientras contemplan la meta de cero averías. La meta de educación en mantenimiento debe ser el desarrollo de profesionales en mantenimiento versátiles igualmente capacitados para manejar tecnologías mecánicas, eléctricas y de instrumentación. ^(7,13)

4.6.1 Principales Temas de Adiestramiento.

El adiestramiento en mantenimiento resumido a continuación se organiza alrededor de estos temas en común y enfatiza la experiencia directa, lo que se pretende realizar, no es el hecho de que todos los empleados conozcan a fondo cada uno de los temas, sino conocer el principio y el funcionamiento de los equipos que existen en una planta. Tabla 4.1.

Sistema	Descripción
1.- Sistema mecánico	1) Uniones atornilladas y pernos. 2) Cojinetes de contacto rodante. 3) Acoplamientos flexibles para transmisiones de fuerzas. 4) Transmisión 5) Cadenas de transmisión 6) Riesgos mecánicos

<p>2.- Sistema elé</p>	<p>1) Motores elé Motores de inducció Motores de corriente directa.</p> <p>2) Aislamientos.</p> <p>3) Dispositivos de control. Controladores. Funciones de control. Funciones de protecció Tipos de controladores. Tipos de elementos.</p> <p>4) Dispositivos de control. Interruptores y desconectores. Interruptores de flujo. Interruptores de presión Contactores. Contactos. C Relevadores. Relevadores de control. Relevadores de sobrecarga. Fusibles. Centro de control de motores.</p> <p>5) Riesgos elé</p>
<p>3.- Sistema neumá</p>	<p>1) Introducció</p> <p>2) Caracterí Costos. Presió Circuitos simples. Disponibilidad. Limpieza. Comodidad. Influencia del ambiente. Peso favorable. Fiabilidad de lubricació</p> <p>3) Elementos. V Filtro monoreductor. Engrasador. Distribuidor. Regulador de caudal. Selector de caudal. Regulador de caudal en una direcció Temporizador. Electroimanes.</p> <p>4) Riesgos neumó</p>
<p>4.- Sistema hidrá</p>	<p>1) Introducció</p> <p>2) Líquidos.</p> <p>3) Aditivos.</p> <p>4) Tipos de bombas.</p> <p>5) Riesgos hidrá</p>

5.- Lubricantes	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tipos de lubricantes. 2) Mantenimiento y lubricación 3) Protección 4) Local y personal. 5) Dispositivos para el manejo de recipientes.
6.- Corrosión	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tipos de corrosión

Tabla 4.1 Adiestramiento para el mantenimiento⁽¹⁵⁾

Junto con la capacitación del personal es necesario recibirla también de tipo técnico. El adiestramiento técnico se puede dividir en dos categorías, el primero se refiere al adiestramiento general básico aplicable a todos los miembros de un oficio determinado y el segundo se refiere al adiestramiento más especializado y particular de una empresa para las personas que mantienen determinadas máquinas.

Los fabricantes de algunos de los más complejos equipos, dan cursos de mantenimiento y puede seleccionar al personal adecuado para que asista a dichos cursos de capacitación. Aunque también es factible organizar cursos de adiestramiento internos, en los cuales los operadores pueden adquirir conocimientos necesarios para su mejor desempeño dentro de la planta. La capacitación técnica del personal de mantenimiento en el área administrativa no debe hacerse de forma aislada y siempre procurar hacerlo simultáneamente junto con los otros departamentos, principalmente los referentes al área de producción debido a su estrecha relación.⁽⁷⁾

4.7 Recursos.

El departamento de mantenimiento se vale de varios recursos para realizar sus actividades, los cuales son administrados por la dirección del mantenimiento. Figura 4.2

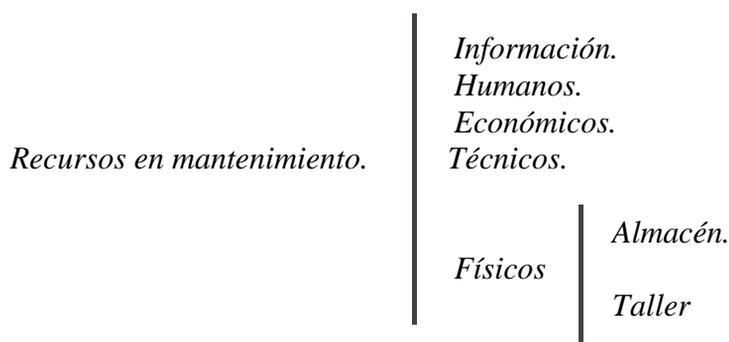


Figura 4.2 Principales recursos del mantenimiento.

Es necesario hacer una evaluación de los requerimientos y capacidad del departamento de mantenimiento de la empresa, de esta evaluación resultara:

Capacidad mayor a los requerimientos, deberá definirse una política de uso como:

- Venta de servicios.
- Diversificación del uso del equipo.
- Venta de equipo.

Capacidad menor a los requerimientos, basándose en los resultados de un análisis de costo – beneficio donde se determinara la eficiencia de:

- Adquisición de recursos deficientes.
- Contratar mantenimiento externo.
- Incrementar la capacidad del mantenimiento propio, a través de mayor cantidad y/o mayor capacitación.⁽⁵⁾

4.8 Programa de Reconstrucción.

En estos programas se plasman los trabajos que habrán de realizarse en los equipos o maquinaria, el personal encargado de realizarlo tiene que cerciorarse de que es un trabajo imperativamente necesario, debido a que no son labores de mantenimiento preventivo en las inspecciones, pruebas y rutinas, ya que van diezmando la calidad en el servicio del equipo, de cualquier forma en la realización de un programa se debe pensar en el mantenimiento más económico que garantice un buen servicio de la maquinaria.

Ya que este programa surge de los reportes de anomalías como resultado de las inspecciones, pruebas y rutinas, que llegan a la jefatura de mantenimiento, deben ser programados como trabajos de reconstrucción a fin de dejar en óptimas condiciones de servicio el equipo. Si estas labores son menores y además se cuenta con el material necesario, se realizarán lo más pronto posible, ya que se debe tener estructurado el personal de tal forma que una parte efectúe estos trabajos y la otra las labores del mantenimiento correctivo o urgencias; Por último el personal de mantenimiento preventivo estará en las inspecciones, pruebas y rutinas. Estas condiciones disminuirán los paros de emergencia, si se deja de lado el programa de inspecciones, pruebas, rutinas y reconstrucción, no se generan trabajos de mantenimiento preventivo, por lo tanto sólo se atenderán trabajos emergentes, ésta situación causará un caos y anarquía en las labores, así se permanecerá en un círculo vicioso en el cual será bastante difícil planear y organizar el mantenimiento en general, no se podrá tener un mantenimiento eficazmente administrado.⁽¹⁴⁾

Ciclo de recuperación de refacciones.

En aquellas industrias en que existan gran cantidad de máquinas, se tiene el problema que estas se van haciendo obsoletas conforme pasa el tiempo, lo que complica cada vez más conseguir refacciones o materiales para su reparación, aún en las propias fabricas que hicieron estas máquinas, lo que obligara a que las empresas tengan que hacer cambios en su planta productora. Para minimizar este problema, se torna indispensable implantar un ciclo de recuperación de refacciones y cuya idea básica se muestra en figura 4.3. El jefe de mantenimiento es el único que puede dictaminar la baja o rehabilitación del equipo, debiendo existir un departamento que apoye con asesoría, para la toma de esta decisión si así se requiere.

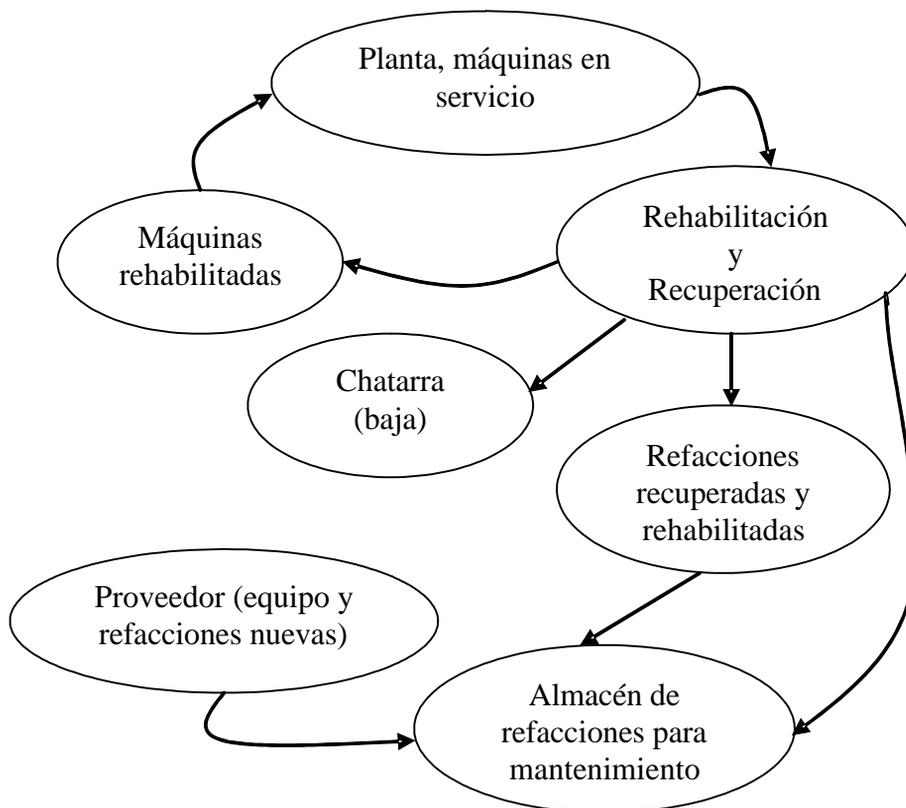


Figura 4.3 Ciclo de recuperación de refacciones

Cuando se da de baja algún bien o equipo por inutilidad, un área o unidad administrativa deberá encargarse de la concentración y licitación. Se trata de mostrar que toda aquella máquina en la que se diagnostique hacerle trabajos a fondo y además empiece a llegar a ser obsoleta, debe mandarse al taller de rehabilitación, a cargo de un contratista o incluso la misma fábrica que produjo la maquinaria sobre todo si está se encuentra en la cercanía de la empresa en cuestión. El taller de rehabilitación tendrá el listado de refacciones existentes en su bodega; antes de

el equipo, distribuyendo las refacciones en las bodegas; con esto la compañía tendrá la posibilidad de reemplazar refacciones en máquinas antiguas que aún están trabajando, substituyendo a la maquinaria dada de baja. ⁽⁵⁾

4.9 Control.

El control determinará la programación de las tareas de mantenimiento por realizar y los recursos necesarios entre personal y materiales para conservar en buenas condiciones los equipos. Los procedimientos de monitoreo y seguimiento de las tareas de mantenimiento, su evaluación y generación de reportes se hará a partir de lo resultados obtenidos. En caso de actualizar un programa de computo, es muy importante remarcar que los resultados obtenidos se generan en función de los datos suministrados por el personal de mantenimiento, por lo cual, si la calidad de esos datos es deficiente los resultados por consecuencia serán de baja calidad. La actividad del personal de supervisión de mantenimiento de la empresa en cuanto a la administración del mantenimiento será la carga de datos, tareas efectuadas, costos y rendimientos reales obtenidos para conservar y mejorar el control del mantenimiento.

El control del mantenimiento se fundamenta en el control de:

- Bienes físicos.
- Tareas.
- Trabajador.
- Mano de obra.
- Materiales.
- Costos. ⁽⁵⁾

4.9.1 Control de bienes físicos.

Es fundamental iniciar el control de mantenimiento con el conocimiento de los bienes físicos de la empresa, para lo cual se requiere:

- Inventario.
- Levantamiento de los equipos.
- Diagnostico de los equipos.

De esta forma se actualiza el estado de los equipos y su capacidad potencial real de operación.

Análisis del trabajo.

- Detección de la falla.
 - Inspección.
 - Estadística.
 - Monitoreo.
 - Operación.

Experiencia.

➤ Planeación.

Identificar actividades.

Ordenar actividades.

Herramientas.

Equipo.

Partes y materiales.

➤ Estimación de mano de obra.

Especialidad (numero de obreros)

Tiempo:

○ Análisis de ingeniería (estimación).

○ Experiencia.

○ Estándar.

○ Medición directa.

○ Análisis de tiempos y movimientos.

➤ Estimación de materiales.

Inventarios.

Compras.

➤ Sistema de control. El sistema de control se implementa de la siguiente forma:

Manual. Mediante tarjetas.

Computarizado. Se recomienda contar con un respaldo del sistema manual.

➤ Fichas de control. Las fichas de control tanto técnica como comercial se generan para cada uno de los equipos existentes, para aquellos bienes que por su importancia justifican un control más estrecho, se deben preparar adicionalmente fichas de control por trabajo de mantenimiento a ejecutar.

➤ Reporte de operaciones. El control de los equipos se logra mediante su reporte de operaciones, el cual se encarga de elaborarlo el operador del equipo, en el cual deben de reportarse su estado día con día y por turno.

Si adicionalmente al simple reporte del estado del equipo, el operador efectúa tareas de mantenimiento, estará aplicando el sistema de mantenimiento total.⁽⁵⁾

4.9.2 Control de Trabajo.

Para la ejecución de un trabajo, o alguna tarea, es necesario realizar el análisis descrito anteriormente, para poder obtener la información necesaria para poder llevarlo a cabo.

Existen trabajos comunes o simplemente tareas similares a diferentes equipos, que deben de documentarse independientemente y cuando sean de alta frecuencia y/o importancia deberán analizarse con mayor detenimiento. El control como actividad importante, capta mediante la orden de trabajo ejecutada, el valor real de las tareas realizadas, asentando los tiempos y rendimientos empleados, así como las observaciones que afectaron su realización. Para efectos de información base, debe asentarse en paralelo el valor de costo, tiempo y rendimiento factibles, ajustando los valores reales obtenidos con los posibles y eliminando los factores de retraso por errores o condiciones anormales. ⁽¹⁾

4.10 Ordenes de Trabajo.

Son documentos que genera el personal de producción y mantenimiento cuando se requiere desarrollar un trabajo. Constituyen un elemento fundamental para el control del mantenimiento.

No se puede pensar que exista administración cuando ni siquiera se lleva el control más elemental pero al mismo tiempo básico e imprescindible como lo es el control de un sistema de ordenes de trabajo de mantenimiento, mediante el cual es posible conocer la historia del equipo, partes débiles del diseño en el equipo, frecuencia de falla, costo de mantenimiento de la máquina, refacciones que demanda cada equipo y con que frecuencia. Las ordenes de trabajo (OT) son la base para la planeación de próximos mantenimientos tanto correctivos, preventivos y predictivos. ^(5,13)

4.10.1 Objetivos

➤ Ordenar por medio de este formato los trabajos que se requieren realizar.

➤ Tener un record base para evaluar el desempeño.

➤ Tener un record para evaluar al departamento de mantenimiento.

➤ Formar un historial de los equipos el cual ayuda planear y poder realizar el mantenimiento.

➤ Registrar las acciones tomadas para eliminación.

➤ Concentrar en este documento la información mantenimiento.

➤ Llevar un control de herramientas, refacciones y materiales usados.

La orden de trabajo es elaborada con tres fines primordiales.

- 1) Servir de aviso para un mantenimiento.
- 2) Autorización de los gastos que esté genere.
- 3) Retroalimentación para la planeación de futuros trabajos.

Sobre la base del estudio de las ordenes de trabajo se podrán ir haciendo modificaciones al sistema de mantenimiento. Puesto que toda la información que contiene la orden de trabajo deberá de ser útil. La información contenida en dicha orden de trabajo, variara de una empresa a otra, pero en general deberá contener. Tabla 4.2⁽⁵⁾

<i>Emisión</i>	<i>Al entregar</i>
1. Fecha de lanzamiento de esta.	2. Fecha y hora de inicio.
2. Departamento que la genera.	3. Tiempo de ejecución
3. Especialidad a que va dirigida.	4. Causa de la falla.
4. Hora de lanzamiento.	5. Acciones tomadas.
5. Descripción	6. Refacciones utilizadas.
6. Nombre de quien solicita.	7. Conformidad con el trabajo realizado
7. Nombre de quien recibe.	
8. Hora de quien recibe.	
9. Prioridad.	
10. Turno.	

Tabla 4.2 Contenido de ordenes de trabajo

Existen ordenes de trabajo que a su vez funcionan como solicitud de trabajo. Para lo cual es recomendable se tenga una separación de éstas para un mejor control y planeación del mantenimiento. Se deben tener preparadas ordenes de trabajo por hacer en los diez o quince días siguientes, con sus correspondientes materiales preparados o pedidos y con las herramientas necesarias, con esto no habrá excusa de no tener trabajo, ya que en mantenimiento siempre hay algo que hacer. Las ordenes de trabajo se clasifican de manera general en internas y externas. Las primeras son aquellas que se generan para el desarrollo de trabajos internos en la empresa con sus propios recursos. Las segundas se expiden para la realización de mantenimientos externos de los equipos que así lo requieran. Es importante limitar las ordenes de trabajo, puesto que se corre el riesgo de que el personal de mantenimiento llegue a subutilizar su capacidad y tiempo, lo cual incrementa los gastos, o bien proporciona errores tales como la doble asignación de funciones entre contratistas y el propio personal de la empresa, situación que puede ocasionar conflictos laborales.⁽⁵⁾

4.10.2 Orden de Trabajo Externo.

La orden de trabajo externa (OTE), que incluso puede tener carácter de contrato, procede cuando:

➤ *No se tiene la suficiente fuerza de trabajo.*

➤ *Se trata de trabajos cuyas especialidades no las cubre el personal propio.*

➤ *No se puede distraer al personal para realizar los trabajos.*

Es importante limitar las (OTE), pues se tiene el riesgo de amañar al personal de mantenimiento llegando a su subutilización en capacidad y tiempo. Se requiere hacer una evaluación del contratista para garantizar el buen término del trabajo. Realice una inspección a instalaciones del contratista que pretenden vender sus servicios, califique: capacidad, procesos, precisión y personal con que cuenta así como observar los trabajos que actualmente desempeñan. ⁽⁵⁾

➤ *Disponibilidad y cumplimiento.*

➤ *Capacidad (producción)*

➤ *Experiencia.*

➤ *Organización*

➤ *Situación*

➤ *Consideraciones administrativas (formas de pago, crédito y garantía)*

➤ *Proceso y control.*

Demasiados trabajos de contratistas externos, desperdician técnicas y destrezas valiosas del mantenimiento interno, hace imposible desarrollar la experiencia necesaria del personal interno. El mantenimiento confiado a subcontratistas deberá gradualmente ser realizado por personal interno, de forma que al final la mayoría de los trabajos puedan realizarse internamente (a excepción de los que requieren herramienta costosa y especializada). Pero se debe recordar que debe existir un balance, pues no todo el mantenimiento se realizará por personal interno ya que esto saldría muy costoso, se debe de evaluar cuantas horas de mantenimiento a la semana mínimo necesitan, con esto se puede fijar el personal interno mínimo que se requiere y el excedente será cubierto por contratistas, éste es el caso de algunas empresas las cuales cuentan con los contratistas de inmediato dentro de la empresa, pero para otras empresas esto no puede ser factible, ya que la respuesta del contratista es por lo regular bastante tardía. Del historial creado por las ordenes de trabajo se pueden obtener el número de horas de trabajo, el cual día con día a través de todo el año varía, se debe contar con el personal interno suficiente para cubrir la media de todos los trabajos. ⁽⁷⁾

4.11 Planeación.

La planeación es el proceso de decidir con anticipación lo que se ha de hacer así como los medios para lograrlo. Lo que implica definir y seleccionar: objetivos, políticas, programas y procedimientos para el desarrollo del trabajo en un tiempo determinado.

Esta herramienta administrativa nos permite dirigir los esfuerzos de las diferentes áreas de la empresa hacia los objetivos de ésta. Determinando los recursos requeridos para el mantenimiento.

Primero deben definirse los objetivos, además se debe incluir el propósito, misión, metas y alcances del mantenimiento. Misión es la razón de ser como organización, es el porqué y para qué existe. Es una meta general de una organización que justifica la existencia de una organización. Estrategia: es un conjunto de planes y acciones a desarrollar para lograr los objetivos planeados, lo que implica definir rutinas, procedimientos. Es el patrón de respuesta de la organización.

Misión: ¿Por qué y para que estamos aquí?

Mantener a la planta trabajando al menor costo.

Metas: ¿Hacia donde vamos o queremos llegar?

Cero fallas al menor costo.

Estrategia: conjunto de planes y acciones.

Diferentes tipos de mantenimiento, rutinas y procedimientos.

Retroalimentación: ¿Cómo lo estoy haciendo?; ¿cómo lo mejoro?. Inspección.

La definición de los objetivos es un proceso de desarrollo personal y empresarial. Sin objetivos y sin saber como alcanzarlos, el departamento de mantenimiento no puede funcionar eficientemente. En general el principal objetivo de toda empresa, es aumentar el rendimiento de su inversión, para el logro de esto, se requiere de objetivos secundarios, así cada departamento debe encaminar sus objetivos al objetivo principal de la empresa.

Los objetivos deben ser definidos de tal forma que puedan ser medidos bajo parámetros de tiempo, dinero, porcentajes, etc. Podemos tener objetivos de corto, mediano y largo plazo o por jerarquías, pero todos los objetivos deben estar dirigidos hacia los objetivos de la empresa. Éstos deben ser realistas, simples, alcanzables y que estén dentro de los recursos planeados; los cuales podrían ir modificándose con el paso del tiempo conforme se vayan cumpliendo. ⁽⁵⁾

4.11.1 Planeación del Mantenimiento.

La planeación del mantenimiento debe ser consecuencia de la planeación general de la empresa. En dicha planeación de en una empresa se deben contemplar los mantenimientos preventivo, predictivo y correctivo, deben incluirse planes de contingencia. Una vez determinadas las tareas y actividades a desarrollar, se determina la secuencia general para su realización conforme a la planeación de la producción. Designando personal para cada una de las tareas así como anticipar los materiales a utilizar en cada trabajo, todo esto tomando en cuenta tiempos, costos y ponderando sus prioridades

Se deben crear planes de mantenimiento que garanticen la confiabilidad para toda la vida útil pronosticada del equipo, desde la instalación hasta darse de baja. Su preparación requiere la coordinación de los planes de producción, subcontratos y aprovisionamientos de piezas de repuesto. Se requiere planear los recursos como son: materiales, refacciones, mano de obra, equipo, herramientas, apoyos externos e internos, así como el tiempo probable para cada trabajo que se pretenda desarrollar. Es imposible hacer una planeación efectiva del mantenimiento sin conocer a fondo las condiciones del equipo.

La inspección diaria de rutina como la inspección periódica contribuirán a este esfuerzo, son los trabajadores de mantenimiento quienes normalmente realizan la inspección periódica mientras el equipo esta parado. Utilizan sus cinco sentidos y diferentes instrumentos de medición para cuantificar el deterioro del equipo además de mantenerlo en preciso funcionamiento. Estas revisiones generales nos ayudan a determinar la frecuencia y puntos de inspección de los mantenimientos. La planeación del personal debe incluir el ausentismo, vacaciones y cambio de rol.⁽¹⁾

Recoja datos de uno o dos años anteriores, estime la producción y planes de equipo futuro; se trazan planes de mantenimiento comenzando por los equipos que intervendrán mayormente en la producción; enfóquese en los elementos que puedan causar paro o disminución en la calidad de la producción.

Planear implica.

- Identificar los trabajos que deben ejecutarse, esto una base periódica y establecer un plan para cada trabajo, incluir inspecciones eléctricas, mecánicas y de lubricación use información del fabricante, experiencia del operador y del mantenimiento además de estudiar el historial para cada equipo.
- Preparación anticipada de ordenes de trabajo.
- Definir el apoyo requerido para el desarrollo de las tareas de los diferentes tipos de mantenimiento.
- Identificar las tareas que puedan ser realizadas internamente, por el personal y equipo de la propia empresa y las que no, contratando a otra(s) empresa(s) para la ejecución de las tareas. La falta de planificación origina la improvisación, descontrol y una alta ineficiencia, los trabajos no se cumplen en los tiempos establecidos, aumentando los costos. El equipo de mantenimiento debe tener alta capacidad de improvisación pero esto no implica que se deba sin planeación.⁽¹⁾

4.12 Programación.

La programación es la calendarización de las actividades del mantenimiento que se han planeado.

Ciertas técnicas son necesarias para la programación básica general del mantenimiento y para la formulación de itinerarios de los trabajos de mayor importancia, una de estas es el diagrama de Gantt, la cual fue ideada por Henry L. Gantt durante la primera guerra mundial, está es utilizada en la planeación del mantenimiento.

Las tareas se anotarán en la columna izquierda de la gráfica, los tiempos proyectados o programados se trazan sobre una escala calendarizada horizontal que se encuentra en la parte superior de la gráfica, en el cuerpo de la gráfica se anotan los periodos o tiempos que se tomará cada actividad en forma de columnas o barras sombreadas.

En esta forma podrá observarse en cualquier momento que trabajos van al corriente y cuales retrasados o adelantados, su empleo es muy apropiado para la programación del mantenimiento industrial. Figura 4.4

Actividades	Fechas programadas (día)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tarea 1	P																						
	R																						
Tarea 2	P																						
	R																						
*																							
Tarea n	P																						
	R																						

P = Programados, R = Real

Figura 4.4 Programación de actividades

En ocasiones en lugar de usar dos renglones (P = programado y R = real), se usa un mismo renglón, en este caso se pueden usar un paréntesis para el programado y un rectángulo para el real (?). Los proyectos principales de mantenimiento son trabajos de gran envergadura, tales como mantenimientos mayores o trabajos de revisión total, que requieren que el equipo esté parado durante un largo periodo. ⁽⁵⁾

Reducir la duración de éste lo máximo posible es una prioridad en la administración del mantenimiento. Es necesario elaborar planes para materiales, movilización de personal y subcontrataciones. Diseñar programas detallados por etapas, utilizando la red PERT y representarlo posteriormente en un diagrama de barras. PERT (Técnica de Evaluación y Revisión

de Programas). Es una técnica de análisis de red que emplea estimaciones de tiempo requerido para realizar actividades, se divide a un proyecto en distintas actividades determinando cuales deben realizarse en secuencia, y cuales pueden realizarse de modo independiente, nos sirve para calendarizar y controlar proyectos. Esta parte debe ser evaluadas por expertos así como los costos en que se incurrirán.

Ruta critica: Es la ruta más larga dentro de una red de PERT por medio de la cual, se identifica el mayor tiempo requerido para realizar un conjunto de actividades. ⁽⁵⁾

A continuación se define los pasos para determinar la ruta crítica:

1. *Determinación*
2. *Codifique cada tarea por medio de letras.*
3. *Determinar para cada tarea.*
 - *Tiempo probable.*
 - *Costo.*
 - *Recursos por aplicar.*
4. *Determinar bien las actividades con su respectiva actividad previa.*
5. *Llevar a cabo todo lo anterior en una tabla.*
6. *Construcción*
7. *Determinación*
8. *Calendarización*
9. *Representación*

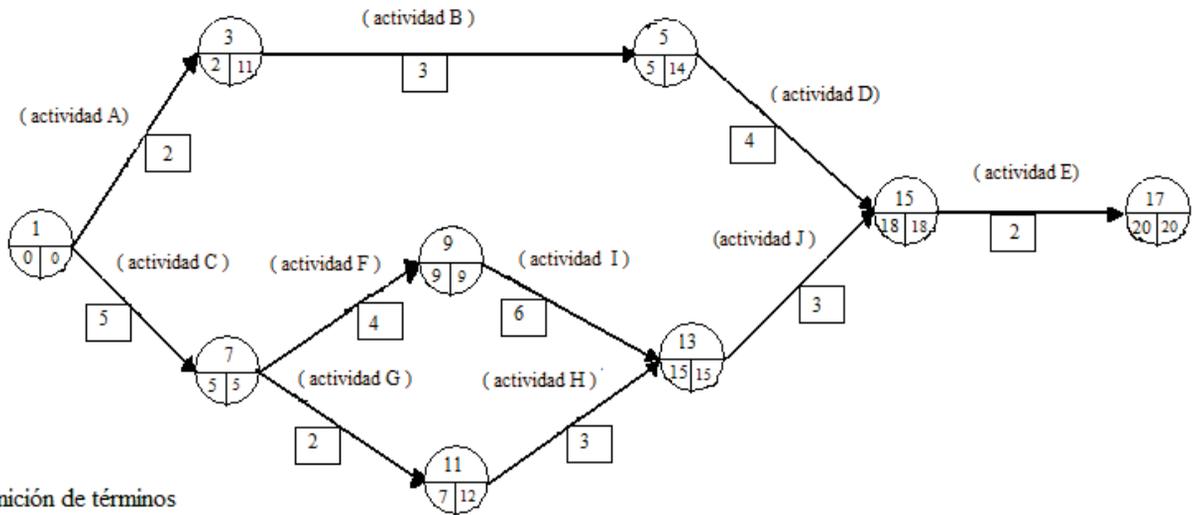
Se recomienda llenar la siguiente tabla. Tabla 4.3

Letra	Actividades	Predecesores inmediatos	Estimación tiempo optimista	Estimación tiempo pesimista	Estimación tiempo probable	Tiempo esperado $T = (O + 4m + P)/6$
A						
B						
C						
D						
E						

Tabla 4.3 Actividades a programar

Después de llenar esta tabla se procede a dibujar la red anotando entre nodo y nodo el tiempo requerido por tarea, a continuación se muestra una red supuesta en donde el tiempo esta en días.

En la siguiente red, la ruta crítica es la formada por los puntos CFIJE con 20 días. Figura 4.5. Ruta subcrítica son las rutas distintas a la crítica en la que existen tiempos muertos y es aquí donde podemos mover un poco. La programación del mantenimiento preventivo se calendariza anualmente por medio de una variante de la gráfica de Gantt en la parte izquierda se indica el equipo a aplicársele el mantenimiento así como su frecuencia según la planeación y en la parte superior se indican las fechas para estos. ⁽⁵⁾



Definición de términos

() nombre de la actividad

□ duración de la actividad en días

→ dirección y sentido de las actividades

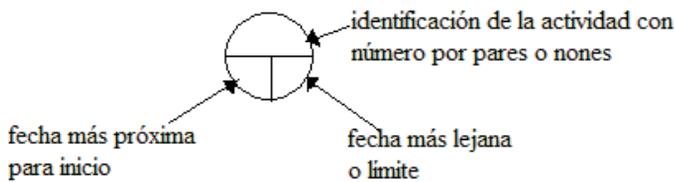


Figura 4.5. Ruta Crítica

Diagrama de Gantt en base al ejemplo anterior. Figura 4.6

DIAGRAMA DE GANTT				
SEMANAS				
ACTIVIDAD	1	2	3	4
A	■			
B		■		
C	■			
D		■		
E				■
F		■		
G		■		
H		■		
I			■	
J				■

Figura 4.6 Diagrama de Gantt

A través del desarrollo de los programas de mantenimiento es factible estimar costos, tiempos, recursos y personal adecuado, obtener oportunamente las refacciones, así como evaluar el desarrollo de las actividades de mantenimiento programado. Figura 4.6

La programación puede elaborarse, mediante los sistemas manual ó automático, ésta debe ser lo suficientemente flexible para poder cubrir las eventualidades que se presenten.

Holguras

Es el tiempo libre en la red, es decir, la cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin afectar la fecha de terminación del proyecto total.

El tiempo de holgura para eventos es la diferencia entre el tiempo más lejano y el tiempo más próximo

$$He_i = K_i - T_i$$

Donde:

K_i = Tiempo más lejano para el evento i

T_i = Tiempo más próximo para el evento i

He_i = Tiempo de holgura para el evento i

Por ejemplo, tiempos de holgura para eventos

Actividad	Fecha más temprana		Fecha más tarde	Holgura
1	0	-	0	0
3	2	-	2	0
5	5	-	5	0
7	5	-	5	0
9	9	-	9	0
11	7	-	7	0
13	15	-	15	0
15	18	-	18	0
17	20	-	20	0

El tiempo de holgura para actividades se define de la siguiente manera:

$$K_i = T_i - V_i$$

T_i = Tiempo más próximo para el evento i .

V_i = Tiempo de la actividad ij .

K_i = Tiempo más lejano para la actividad j .

Por ejemplo, holguras entre actividades

Actividad	Fecha de terminación		fecha de inicio	Holgura
1	0	-	0	0
3	11	-	2	9
5	14	-	5	9
7	5	-	5	0
9	9	-	9	0
11	12	-	7	5
13	15	-	15	0
15	18	-	18	0
17	20	-	20	0

Las ventajas que se tienen con el manejo de holguras es la posibilidad de anexar actividades ficticias que no se tenían programadas en el inicio del proyecto, sin que éstas afecten la duración del tiempo mínimo estimado inicialmente. Además poder manejar holguras, brinda la posibilidad de trabajar sin presión en actividades que no son críticas con respecto al tiempo.

4.13 Organización.

La organización es el proceso de disponer, fijar autoridad, destinar el trabajo y recursos, entre los miembros de la organización de tal forma que se logren los objetivos. Conforme a la organización del personal de operación se define, de acuerdo con la empresa, el organigrama de mantenimiento. Como punto de partida se estima el personal requerido para el mantenimiento de los principales equipos, conforme a sus características, así como la asignación a servicios externos del mantenimiento de algunos equipos, como pueden ser vehículos y equipos con motores de combustión interna.

Es importante considerar la definición del presupuesto para las diferentes categorías del personal de mantenimiento. Las características que debe tener el personal de mantenimiento que integra la plantilla de mantenimiento, conforme al organigrama, determinan su perfil conforme a los lineamientos de la empresa, su tabulador, horarios y tareas a efectuar.

A la organización se ve como un grupo de personas que trabajan conjuntamente para lograr algunos objetivos. La organización se puede dividir en dos: en su estructura y funciones de la misma, se puede considerar estructura al patrón de relaciones que se establecen entre los componentes o partes de una organización y a la manera en que están divididas las tareas de ésta. La estructura organizacional es la manera en que las actividades de una organización se dividen, organizan y coordinan.⁽¹⁾

Los organigramas son modelos muy simplificados de la organización en la que se muestra la estructura, posición y funciones dentro de la organización. Es frecuente que los conflictos sean causados por la ausencia de un manual de funciones o por definición imprecisa de las mismas; un trabajador que desconoce sus funciones puede negarse a hacer algunos trabajos, si considera que estos no están de acuerdo a las funciones que le competen.

Se requiere de un organigrama con responsabilidades, donde se establezca por escrito las funciones de cada punto del organigrama, recordar que, a mayor responsabilidad mayor autoridad.

Cada empresa establece su organización particular, dependiendo de las características propias.

El mantenimiento conviene organizarlo por especialidades. Tabla 4.4

<i>Civil</i>	<i>Servicios</i>	<i>Eléctric</i>	<i>Mecánica</i>	<i>Administración</i>
* <i>Arquitectura</i>	* <i>Vapor.</i>	* <i>Electricidad</i>	* <i>Hidráulica</i>	* <i>Planeación</i>
* <i>Albanilería</i>	* <i>Aire.</i>	* <i>Eléctric</i>	* <i>Mecánica</i>	* <i>Control.</i>
* <i>Pintura.</i>	* <i>Agua.</i>	* <i>Neumática</i>	* <i>Lubricación</i>	* <i>Organización</i>
* <i>Plomería</i>	* <i>Vacío</i>			* <i>Capacitación</i>
* <i>Carpintería</i>	* <i>Gas.</i>			* <i>Almacén</i>
	* <i>Limpieza</i>			

Tabla 4.4 División del mantenimiento por especialidad.

La tendencia actual es la combinación de funciones, la cual cuenta con un grupo mínimo de especialistas para ciertas áreas y dejando el resto del personal en un agrupamiento central, además se trabajara en equipo con los jefes de área.

4.14 Dirección.

La dirección es una parte de la administración que coordina las actividades de mantenimiento. Guía los esfuerzos hacia los objetivos de la organización, se encarga de la implantación, desarrollo y control de la administración dentro de la organización. La dirección del mantenimiento puede estar a cargo de un ingeniero mecánico, eléctrico, electromecánico, químico o industrial, ya que este debe conjuntar las técnicas tanto administrativas como tecnológicas.

La dirección no solo consiste en coordinar al departamento además debe atender a la unidad fundamental de la organización, que es cada una de las personas que la integran por eso es muy importante conocer la conducta de cada uno, para poder motivarlos, ya que una persona motivada produce mucho más, por eso no se puede dejar este aspecto de lado. Desafortunadamente la motivación no es un concepto simple, el cual incluye las necesidades, deseos, tensiones, incomodidades, etc. El gerente de mantenimiento además de aplicar la Administración del mantenimiento debe:

- Seleccionar y adiestrar a buenos colaboradores para poder fortalecer la organización.
- Dar oportunidad al personal de mostrar lo pueden hacer.
- Preguntar al personal como puede y si quiere contribuir, así como sus metas.
- Ajustar las metas de los trabajadores y/o ayudarlos a clarificarlas para que estas se incrementen.
- Colaborar con la gente sin hacerle el trabajo.
- Tomar en cuenta sus opiniones, ideas y/o sugerencias.
- Establecer buena comunicación con el personal, pero respetuosamente.
- Delegar responsabilidades, para no perder tiempo en tareas sistemáticas.

- Resolver las dudas de los trabajadores tanto técnicas como administrativas.
- Tener la capacidad de tolerar y entender las reacciones emocionales no expresadas de las personas para obtener su cooperación.
- Propiciar y motivar el desarrollo y superación constante de los empleados.
- Crear un ambiente de trabajo agradable, de confianza y de colaboración.
- Involucrar al personal en el logro de los objetivos del departamento.

El liderazgo implica influir, dirigir y motivar a los empleados, requiere de trabajar con la gente, establecer una atmósfera adecuada, lo cual contribuye a que los empleados den lo mejor de sí. ⁽⁵⁾

4.15 Concordancia con Normas Mexicanas e Internacionales.

Unos datos sin un estándar con el que se puedan comparar, pierden gran parte de su valor porque no indica si la cifra es alta, baja o correcta. Para que todos puedan comparar sus resultados, es necesario que se ajusten en igualdad de condiciones a los patrones de referencia de las organizaciones de USA, Europa, comúnmente utilizadas en México, nuestros códigos toman como referencia a los de dichas regiones comerciales, para después solo ajustarlos a las circunstancias que se viven en el país. Tabla 4.5

1.15.1 Índice RIME.

El índice RIME es un método que nos permite determinar el equipo más importante en un proceso. Maquina critica en mantenimiento: Es la máquina o equipo critico que al fallar, para toda la producción y ocasiona el mayor costo. Cálculo de la maquina critica: Para poder observar cual es el equipo critico o maquina critica, es necesario comenzar por observar los siguientes puntos.

- 1) Es la maquina de producción.
- 2) Si falla para toda la producción.
- 3) Si para, origina el mayor costo.
- 4) Es la más rentable.
- 5) Es la que trabaja 3 turnos.

Podríamos tomar como referencia el índice RIME por sus siglas en ingles (Ranking Index for Maintenance Expenditure), este método proporciona razones lógicas para el sistema de asignación de prioridad en las ordenes de trabajo de mantenimiento tomando en cuenta lo siguiente.

1. Código de la maquina haciendo 10 grupos principales, clasificando con 10 al grupo más importante y con 1 al menos importante.
2. Código para la clase de trabajos haciendo 10 grupos de los principales, calificando de la misma manera que el punto anterior.
3. Multiplicar por dos (multiplicar el código de la maquina por el de clase de trabajo), y el que nos dé el índice más alto ese será el equipo critico. ⁽⁵⁾

Los códigos mas utilizados.

AGA	American Gas Association	Crea normas y reglamentos para el manejo de gases, y combustibles.
AGMA	American Gear Manufactures Association	Crea co aplicaci o
ANSI	American National Estandars Intitute	Crea normas estandarizadas para el control de fluidos.
ARI	Air Conditioning And Refrigeration Enginners	Establece normas de productos y su aplicaci o
ASHRAE	American Society Of Heating And Refrigerating	Crea normas de equipos para la industria.
ASME	American Society Of Mechanical Enginners	Establece co seguridad de los recipientes a presi o
ASRE	American Society Of Refrigeration Enginners	En conjunto con ASHRAE crea normas para la aplicaci o acondicionado, adem is
ASTM	American Siciety Testings Of Materials	Crea normas, reglamentos que se basa en los requisitos de aplicaciones industriales, en la constru ci
ICC	Intersate Comerce Comission	Dependencia gubernamental en estados unidos que controla el dise ño recipientes a presi o
NEC	National Electric Code	Reglamento el é requisitos de los aseguradores contra incendio para instalaciones el é deben cumplir con las reglas de la NEC.
NEMA	National Electric Manufacturers Association	Fija normas a las que se deben de apegar los fabricantes de equipo el é
OSHA	Occupational Safety And Health Administration	Desarrolla co

Tabla 4.5 Códigos utilizados como apoyo en la realización del mantenimiento

4.16 Industrias de la Nueva Generación.



Figura 4.7 Planta Catalítica II de la refinería “Miguel Hidalgo”

Los agresivos ataques de corrosión en los sistemas de proceso han enfrentado a los investigadores con el reto de mantener la eficiencia, mientras se protege la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente. Al respecto, los inhibidores de corrosión dan una serie de respuestas pro ambientales. Le ofrecen métodos de tratamiento más amigables con el medio ambiente por su baja toxicidad y bajo efecto contaminante. Una empresa de la industria química de alta tecnología, Figura 4.7, se debe concentrar en diseñar productos y procesos productivos comprometidos con la preservación ambiental. Este compromiso se debe reflejar en el esfuerzo por lograr la certificación ambiental ISO14001.

Para finalizar cabe mencionar que la mayoría de la industria situada en nuestro país se ha comenzado a ocupar de esta problemática para así poder minimizar sus costos de operación situación que es la más importante para ellos y en segundo término aunque creemos más importante que el primero es el de cuidar al medio ambiente, mediante la utilización de inhibidores que son menos agresivos con la naturaleza, menos tóxicos, y afortunadamente menos costosos.

CAPITULO 5

EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

Asegurar el bienestar de los equipos dentro de una planta de proceso es el objetivo principal del departamento de mantenimiento, tarea sólo superada por la obligación de la empresa para crear un ambiente de trabajo que garantice la seguridad de todos sus empleados. Para poder crear esta atmósfera de bienestar para los empleados es necesario valerse de equipos de protección personal. Estos son adecuados para proteger al trabajador, dichos artefactos son apropiados para proteger cualquier porción del cuerpo, son fáciles de adquirir en casi cualquier comercio y a un precio razonable. En cierto sentido son perjudiciales a la causa de la seguridad, debido a que los trabajadores no tienen un sólido criterio de lo que es en realidad la seguridad, es por ello que se ven tentados a depender totalmente de dicho equipo en lugar de atacar el problema de raíz para poder eliminarlo.

Por desgracia lo anterior resulta cierto principalmente para el caso de las mascarillas, puesto que resulta muy sencillo y relativamente barato el poder proporcionarlas a los trabajadores expuestos a polvos, emanaciones de algún equipo, y muchos otros contaminantes atmosféricos, que a menudo no se les presta la debida atención. Atacar el problema de fondo a la postre resultaría más barato y razonable, puesto que se buscaría eliminar totalmente la sustancia contaminante, en lugar de estar invirtiendo recursos en soluciones a medias.⁽¹⁵⁾

Es conveniente no olvidar que los dispositivos protectores individuales constituyen una débil y última defensa. Tanto empleadores como empleados deben darse cuenta de que cualquier falla en dichos artefactos, o usarlos de forma inadecuada, significa quedar expuestos de inmediato al riesgo. Algo en lo que sé a insistido cuando se habla de seguridad, es que el primer paso de la prevención de daños debe ser la eliminación del riesgo hasta donde esto sea posible.

Es por eso que el personal debe estar capacitado en el manejo de los distintos equipos de protección personal que se deben utilizar de acuerdo a su categoría. Algunos puntos importantes para la elección adecuada de los equipos de protección personal (equipos utilizados por los departamentos de mantenimiento y construcción):

- 1) Los dispositivos de protección no ofrecen protección ilimitada.
- 2) Las caretas sólo deben utilizarse encima de la protección primaria para los ojos (lentes de seguridad).

- 1) Las personas cuya visión requiera de uso de lentes deben usar dispositivos de protección diseñadas para colocarse encima de los lentes.
- 2) Los usuarios de lentes de contacto también deben usar dispositivos de protección adecuada para ojos y cara.
- 3) Debe tenerse cuidado con el uso de equipos de protección con armazón metálica en las áreas de riesgo eléctrico.
- 4) Las condiciones ambientales y la ventilación restringida del protector pueden empañar los lentes. ⁽¹⁵⁾

5.1 Clasificación del Equipo de Seguridad Personal.

<i>Equipos de seguridad personal.</i>	
Ver tabla 5.1	
Protección	➤ Cascos de seguridad.
Protección	➤ Taponos desechables. ➤ Protectores de ojos ➤ Orejeras o conchas.
Protección	➤ Lentes de seguridad. ➤ Protección
Protección	➤ Respirador contra polvos tóxicos neblinas. ➤ Respirador de cartuchos intercambiables. ➤ Equipo de respiración
Protectores de manos, pies y espalda.	➤ Guantes. ➤ Zapatos de seguridad. ➤ Cinturón
Ropa protectora.	➤ Camisa (100% algodón) ➤ Pantalón

Tabla 5.1 Equipo de Seguridad Personal.

5.2 Protección para la Cabeza.

5.2.1 Cascos de seguridad.



Figura 5.1

Los cascos de seguridad son definidos por la ANSI Z89.1 – 1986 (American National Standards Institute), como dispositivos rígidos que se utilizan para proteger la cabeza o parte de ella, contra el impacto, las partículas volátiles, los choques eléctricos o cualquier combinación de éstos y está sujeto por una suspensión aprobada. Figura 5.1

El riesgo más obvio para el cual es requerido dicho artículo, es para las caídas de objetos, aunque también puede ser requerido para protegerse del calor, salpicaduras de sustancias químicas, y para evitar que el cabello del usuario este en contacto directo con las máquinas.

Se deben utilizar siempre que el trabajador se encuentre en el área de trabajo o cuando los señalamientos de seguridad así lo indiquen. Los colores de los cascos son para distinguir al usuario:

- Beige: Personal ejecutivo.
- Azul marino: trabajador en general.
- Rojo: Personal nuevo o multiaccidentado.
- Blanco: Visitas.

Estructura de los cascos.

Los cascos constan de varias partes:

- Barboquejo: Es la parte que se ajusta a la barbilla para asegurar el casco.
- Concha: Es la pieza que cubre el cráneo.
- Ala: Se encuentra alrededor de la concha.
- Visera: Es una especie de ala que se encuentra sólo en la parte de enfrente del casco.

Suspensión: Son las piezas que sirven para sostener la concha en la cabeza del usuario y reducen el efecto de los impactos. ⁽¹⁵⁾

5.2.2 Clasificación de Cascos.

Como ya se mencionó, los cascos protegerán la cabeza bajo diversas condiciones, por lo que es necesario contar con diferentes materiales de construcción y diferentes formas. En base al uso que se le dará, se tienen:

Clase G: Para uso general, protege de tensión eléctrica hasta 2200 V y contra impactos.

Clase E: Para uso eléctrico, protege de tensiones eléctricas hasta de 20000 V y contra impactos.

Clase C: Para conductor, solo protege contra impactos.

En base a su forma pueden ser:

- Cascos con ala completa.
- Sin ala y con visera.
- De otras formas específicas.⁽¹⁵⁾

5.2.3 Recomendaciones.

El casco se debe ajustar, por medio de la suspensión, de tal manera que no se mueva de su lugar cuando el usuario se incline, pero no tan apretado que deje marcas en la frente. Debe inspeccionarse constantemente con el fin de identificar piezas dañadas en la concha y la suspensión. Cuando el casco ha recibido un golpe severo, debe destruirse ya que este tipo de eventos disminuye considerablemente la protección que pueda proporcionar.

Los cascos de clase E deben ser revisados con sumo cuidado antes de usarse, ya que cualquier rajadura o golpe le resta poder de protección. Este tipo de cascos debe someterse periódicamente a una prueba de tensión eléctrica.

Los cascos no deben ser pintados pues la pintura puede afectar las propiedades de los materiales de construcción y disminuir su poder de protección.

El casco debe lavarse después de ser usado, se recomienda usar agua a no más de 60 °C y un jabón suave o algún limpiador recomendado por el fabricante.

Los cascos deben guardarse en sitios alejados de la luz directa del sol.

No deben agregarse aditamentos al casco pues afecta el grado de protección original.⁽¹⁵⁾

5.3 Protección Auditiva.

Un trabajador en un ambiente ruidoso, no deberá sobrepasar su exposición a 90 decibeles. En una jornada de trabajo de 8 horas, y a medida que se incrementan los niveles de ruido deberá reducirse el tiempo de exposición al ruido sin utilizar la debida protección auditiva. Tabla 5.2

De lo anterior se deben de realizar monitoreos de ruido para identificar las áreas donde existen altos niveles de ruido a los que los trabajadores se ven expuestos; se debe de evaluar periódicamente con un sonómetro o decibelímetro. Cuando sea posible, el ruido deberá ser reducido o eliminado, modificando maquinaria existente y colocando especificaciones de límite de ruido en nuevos equipos.⁽¹⁵⁾

Cuando no sea posible eliminar ni modificar la maquinaria, deberá utilizarse equipo de protección auditiva que mantenga al trabajador dentro de los niveles que no causen daño al oído. Al utilizar el equipo de protección auditiva, ya sean los tapones o conchas auditivas se reducen a los niveles de recepción de ruido, por lo que se protege al oído de los daños que pudiese sufrir.

Las diferentes marcas de equipo de protección auditiva ofrecen opciones con varios rasgos de atenuación, cada una de ellas llevan impreso el NRR , por ejemplo: si el nivel de atenuación de ruido es igual a 29dB . Un trabajador expuesto a niveles de 105dB., podrá trabajar totalmente protegido durante 8 horas que es el tiempo que dura su jornada laboral. Los patrones deberán asegurarse de que los protectores para los oídos sean utilizados por cualquier empleado cuya exposición exceda la tabla 5.2: ⁽¹⁵⁾

<i>Tiempo de exposición (Horas)</i>	<i>Nivel Sonoro (dBA Prom., Ponderado)</i>
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
0.5	110
0.25 o menos	115

Tabla 5.2 Nivel de ruido aceptable por trabajador de acuerdo al tiempo de exposición.

Los dispositivos de protección mas usados en el departamento de mantenimiento y construcción para los oídos son los siguientes.

5.3.1 Tapones Desechables.

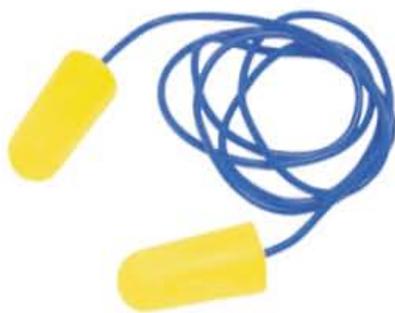


Figura 5.2

Son fabricados con material de espuma de poliuretano auto expandible, ajustable a cualquier tamaño del canal auditivo, logrando un sello perfecto que bloquea las ondas sonoras. El acabado liso evita la irritación de los usuarios. Tiene una atenuación de 29dB. Figura 5.2⁽¹⁵⁾

Consejos para la conservación del oído.

- Procure que los tapones estén libres de arrugas al arrollarlos antes de usarlos.
- Para mejor ajuste, pase la mano sobre la cabeza para jalar la parte superior de la oreja con la mano contraria. Jálelo hacia arriba y afuera al introducir el tapón.
- Si se introduce incorrectamente un tapón de espuma, no intente ajustarlo, sacarlo para después volverlo a introducir.
- Verificar con rapidez que ajuste correctamente, ahuecando la mano sobre el oído, si esta correctamente ajustado al tapón, la reducción del ruido debe ser aproximadamente igual con o sin la mano sobre el oído.
- Al momento de ya no ser requeridos, quitarlos lentamente.

5.3.2 Protectores de Oído Tipo Diadema.



Figura 5.3

Están fabricados con un material suave, su diadema es totalmente ajustable, tiene un diseño cónico que facilita su colocación dentro del canal auditivo. Tiene una atenuación de 29dB. Figura 5.3⁽¹⁵⁾

5.3.3 Recomendaciones.

Como el resto del equipo de protección, debe tenerse especial atención en la limpieza la cual debe realizarse, después de cada vez que se use y cada vez que sea necesaria.

Debe revisarse antes de su uso para asegurarse que la protección sea óptima. La presencia de cualquier deterioro indicará que es tiempo de reemplazar el equipo.

No deben usarse trozos de algodón para proteger los oídos. Al no ser diseñados para tal efecto, la protección que proporcionan no es adecuada. Además, el algodón deja residuos dentro del oído que a la larga, pueden causar problemas serios.

Los protectores auditivos deben tener una etiqueta que contenga la clase o subclase a la que pertenecen, la protección que ofrece en base a los valores de atenuación mínima en el umbral en función de la frecuencia, así como las instrucciones necesarias para su uso correcto.⁽¹⁵⁾

5.4 Protección Ocular.

5.4.1 Lentes de Seguridad.



Figura 5.4

Casi todos los productos industriales representan riesgos para los ojos, de una u otra clase. Además los riesgos obvios, hay muchos que no son aparentes y, como en cualquier forma para la prevención de accidentes, es importante desarrollar la habilidad para prever el riesgo potencial.

Figura 5.4

Las lesiones de los ojos pueden clasificarse en general, como quemaduras y desgarres. Los desgarres pueden ser ocasionados por cualquier trocito afilado de un material, incluso por el borde de una hoja de papel. Según sea la causa, no siempre hay dolor en la lesión y hay muchos ejemplos registrados, en que por la alta velocidad y agudeza, los objetos proyectados han entrado con tanta profundidad, que el lesionado ignora por completo el daño que dicha partícula ha causado. Cuando dichas partículas están constituidas de cobre ó hierro, existe la posibilidad de que el daño sea permanente, debido al efecto tóxico que tienen éstos metales en el cuerpo. Las quemaduras, tanto térmicas como físicas, pueden producir graves consecuencias, por ejemplo, los álcalis tienden a ablandar el tejido, y una vez iniciado el proceso ya no es posible detenerlo. En el caso de salpicaduras de algunos productos químicos, es vital que se actué de manera inmediata y se lave

con mucho agua limpia en gran cantidad. No hay nada igual al agua en abundancia, ya que si se usa muy poca puede ser la diferencia entre salvar o perder un ojo. ⁽¹⁵⁾

Las radiaciones pueden ser peligrosas en extremo, con resultados que van desde una sencilla irritación hasta la muerte según el tipo de radiación y exposición. Las fuentes más comunes de radiación en la industria son los lugares donde se está soldando; pero tal vez sean más comunes en los laboratorios y en las instalaciones.

Los ojos son la parte del cuerpo más delicada que puede estar constantemente expuesta a riesgos de trabajo, por ello todas las personas que laboren en áreas donde exista peligro deben usar algún tipo de equipo de protección personal, incluyendo, no sólo, al personal que labora en el área, sino también a las visitas.

Los ojos y la cara, en general pueden estar expuestos a riesgos como partículas que salgan despedidas, metal fundido, bioaerosoles, luz radiante potencialmente peligrosa, material radiactivo, material criogénico, equipo de vidrio bajo presiones superiores o inferiores a la ambiental, líquidos cáusticos o ácidos y gases, vapores, líquidos o sólidos peligrosos desde un punto de vista químico. Todos ellos pueden generar una pérdida momentánea de la visión lo que puede provocar otros accidentes en las áreas de trabajo. ⁽¹⁵⁾

5.4.2 Recomendaciones.

Aunque cuentan con un recubrimiento antirrayadura, la misma dureza del policarbonato lo hace susceptible, se recomienda lavarlos con agua y jabón suave bajo chorro de agua tibia y secarlos con pañuelos desechables o un paño de tela limpio. Procurar nunca limpiarlos con el uniforme.

Figura 5.5



Figura 5.5

5.5 Protector para el Rostro.



Figura 5.6

Aunque varían por su diseño, su uso depende de los posibles riesgos. Con las caretas se pretende dar protección general desde la frente hasta el cuello, incluyendo todas las partes de la cara. Son utilizadas para trabajar en lugares donde hay partículas que salen disparadas, que podrían clavarse en la cara o causar una lesión en un ojo, por ejemplo, maquinado de metal, raspado y pulido, limado o esmerilado.⁽¹⁵⁾

El protector facial debe ser utilizado por todo el personal que este expuesto al impacto de partículas volátiles, salpicaduras de químicos o siempre que los señalamientos de seguridad así lo indiquen. Figura 5.6

Recomendaciones: Siempre que se utilicen protectores faciales se deben usar simultáneamente con lentes de seguridad como protección primaria de los ojos. Debe mantenerse siempre limpia, utilizar agua y jabón blando para su aseo, o si se prefiere puede ponerse al chorro de agua y secarlos con un pañuelo desechable o un paño de tela limpia. Procurar no utilizar el uniforme para limpiarlos.

Las caretas para soldador deben garantizar un cierto aislamiento térmico, no deben ser combustibles y no ser conductoras de la electricidad. Debe tener una estructura tal, que impida el paso de la radiación dentro de la careta a menos que sea a través del filtro.

5.6 Protección Respiratoria.

El reciente avance tecnológico de la industria actual ha incrementado mucho el peligro potencial de los polvos, emanaciones y gases. Esto, junto con la necesidad de promover los ambientes seguros y prácticos en el trabajo, ha motivado una revitalización de la industria en cuanto al equipo de protección. La protección respiratoria no debe ser substituida de los procedimientos de control de ingeniería para eliminar los riesgos, pero cuando la eliminación de éstos no sea factible deberá usarse la protección respiratoria. Figura 5.7. Cuando no resulta práctico modificar el ambiente para

que sea seguro, puede protegerse al trabajador individualmente de los contaminantes suspendidos en el aire. ⁽¹⁵⁾

Deben proveerse y usarse equipos de protección personal donde no sea posible encerrarse o aislar el procedimiento o el equipo; proveer ventilación o emplear otros medios de control, donde la exposición a concentraciones y contaminantes suspendidos en el aire sea intermitente y de corta duración y donde pueda haber derrames inevitables. Los dispositivos de protección personal tienen una gran desventaja, no hacen nada por reducir o eliminar los riesgos. Una falla en los mismos significa una exposición inmediata al riesgo; por eso, es muy peligroso que un dispositivo de protección individual falle sin que el trabajador sé de cuenta.

El aparato respiratorio es uno de los medios a través del cual los contaminantes entran al cuerpo, provocando daños directamente ahí, o entrando al torrente sanguíneo y ser transportados a otros órganos. De aquí la importancia de su protección.



Figura 5.7

El equipo de seguridad personal deberá ser usado en los lugares de trabajo en los que la atmósfera se encuentre contaminada. Estas atmósferas contaminadas pueden ser comunes en la industria, en donde la cantidad de trabajadores y/o la cantidad de contaminante, es grande y no se tiene manera de eliminarlo por medio de una ventilación adecuada. ⁽¹⁵⁾

5.6.1 Tamaño y Material del Equipo.

Las mascarillas que conforman este equipo, pueden cubrir diferentes partes de la cara:

- Cuarto de cara: cubre nariz y boca.
- Media cara: cubre la boca, nariz y mentón.
- Cara completa: cubre desde la frente hasta el mentón.
- Capuchas: que cubren la cabeza completamente y forman parte de trajes que cubren completamente el cuerpo.

Cada uno de ellos, además, tienen diferentes tallas: chica, mediana, grande y extragrande. Respecto a los materiales, los más empleados en este tipo de equipo de protección personal son: neopreno, silicón, hule y PVC (es más económico, pero pierden flexibilidad con el tiempo). Debe seleccionarse entre ellos el que mejor se adapte a las necesidades del usuario, especialmente porque los polímeros mencionados pueden crear o agudizar problemas de alergias en la piel. Las mascarillas de cara completa y capucha tienen una pieza ocular o ventana generalmente hecha de policarbonato o acrílico.⁽¹⁵⁾

5.7 Protectores de Manos, Pies y Espalda.

5.7.1 Guantes.

Estos son los artículos más utilizados del equipo de protección personal; esto no es sorprendente porque las lesiones en las manos forman una proporción muy alta de lesiones que se registran en el trabajo. La moda y apariencia son factores que desempeñan una parte muy importante en la aceptación por parte del usuario, como sucede en el caso de otros artículos del equipo de protección. Por tanto, se puede concentrar en otros aspectos mucho más importantes para elegir la producción más adecuada. Los factores que deben considerarse son:

1. Riesgos contra los que hay que protegerse (contacto con objetos filosos o sustancias abrasivas, corrosivas, calientes, irritantes, etc.).
2. Grado de resistencia a las sustancias con las que se está en contacto.
3. Sensibilidad requerida.
4. Área que debe protegerse (dedos, toda la mano, la muñeca, el brazo).

Antes de comprar o utilizar guantes, debemos de identificar los riesgos de trabajo, tales como.

- La abrasión.
- Las sustancias químicas.
- El frío.
- La electricidad.
- Las flamas.
- El calor.
- Los aceites.
- Los puntos de pellizco con rodillos o poleas.
- La radiación.
- Los impactos fuertes.
- Las astillas.

Después de haber identificado lo anterior, se dará cuenta de que existe una amplia selección de equipos de protección personal para las manos, y con ello una facilidad para seleccionar los guantes apropiados cuando un área de trabajo tenga una combinación de riesgos que hay que enfrentar.⁽¹⁵⁾

5.7.2 Ejemplos de Tipos de Guantes que se Utilizan en el Departamento de Mantenimiento y Construcción:

Guantes antiderrapantes.

Este tipo de guante es de hilo tejido, con puntos de PVC por ambos lados para ofrecer un buen agarre, con puños de calcetín resistente. Este estilo cómodo fácilmente sustituye a los guantes de lona con plásticos y los guantes impregnados con vinilo, teniendo lo anterior lo hace magnífico en toda clase de aplicaciones industriales.

Guantes para trabajos pesados

Estos guantes para trabajos pesados fabricados con forro interior de algodón con recubrimiento total de nitrilo extragrueso material que ofrece gran resistencia a cortes, rasguños, pinchazos, abrasión, grasas y aceites, además de características antiderrapantes. Su diseño anatómico incluye los dedos curvados preflexionados y el pulgar separado para permitir más facilidad en el trabajo.

Mientras que el material exterior de nitrilo ofrece protección el forro interior brinda comodidad al tacto, buena absorción del sudor, manteniendo al trabajador siempre cómodos. El puño de seguridad ofrece extra protección en caso de que el usuario requiera expulsar rápidamente el guante de sus manos.

5.7.3 Zapatos de Seguridad.

No hay duda de que, si fuera posible calcular con exactitud los costos ocasionados por este tipo de lesiones en todo el país, sería muy elevado. Ésta es la realidad que se aprecia en muchas empresas industriales y comerciales, así lo prueba el hecho de que muchas de éstas facilitan el que sus trabajadores obtengan calzado de seguridad (ya sea en forma gratuita o con facilidades de pago para el trabajador) por su conducto. En los últimos años se han logrado avances considerables en el diseño y la apariencia del calzado de seguridad, éstos abarcan desde los tipos que se conocen como “estilo ejecutivo” hasta la bota completa, botas de hule, y de tipo Wellington. Figura 5.8. Los materiales utilizados para la creación de este calzado varían mucho y se seleccionan con base en su durabilidad, resistencia al calor, a los ácidos y al aceite por ser antiderrapantes. Los diseños y tipos son tales, que prácticamente no existe ninguna situación que no sea adaptable a algún tipo de zapato. Los zapatos de seguridad están fabricados a mano con finas pieles seleccionadas, especialmente tratadas 100% repelente de agua y que facilita la transpiración del pie, su sistema de construcción Good Year Welt, ofrece una vida prolongada del calzado aún bajo condiciones extremas de trabajo. La variedad de suelas en diseño y materiales permite seleccionar el zapato

correcto para cada aplicación industrial. Todos los zapatos de seguridad cuentan con casquillos de acero. Aprobado por ANSI Z41-1/75 y C/75 .



Figura 5.8

El equipo de protección de los pies al que llamaremos calzado, está diseñado para usarse en áreas donde exista un riesgo grande de daño con productos químicos, objetos pesados que pueden caer, electricidad o para dar tracción en pisos mojados. Dentro de este tipo de equipo de protección personal los zapatos y botas son los más conocidos, sin embargo como se verá más adelante, existen algunas otras modalidades.

Calzado: Pueden tenerse de tres tipos: choclo, borceguí y bota. Este tipo de equipo cubrirá el pie y alguna parte de la pierna dependiendo de la altura y tiene como finalidad la de prevenir lesiones o reducir su severidad. Existen diferentes tipos de calzado con características específicas de protección para diferentes actividades.

Así tenemos:

- Calzado de protección para uso general, se utiliza en áreas donde el trabajador no está expuesto a riesgos mecánicos ni derrames de productos químicos. No es necesario que tengan puntera metálica, ni suela dieléctrica.
- Calzado de protección con puntera, se utiliza en áreas donde exista el riesgo de daño a los dedos por caída o rodamiento de objetos pesados y punzo cortantes. Tienen una protección metálica en la punta del calzado para proteger los dedos.
- Calzado de protección dieléctrico, para protección en áreas donde exista el riesgo de descargas eléctricas.
- Calzado de protección conductor de electricidad, sirve para descargar la energía estática del cuerpo que se genera por acciones del trabajo.

- Calzado de protección metatarsal, este tipo de calzado posee un componente integral que protege al empeine.
- Calzado resistente a la penetración de objetos punzo cortantes en la planta del pie. Para ello poseen recubiertas metálicas en la parte inferior del calzado.
- Calzado de protección impermeable, evita la filtración de líquidos o polvos finos al pie.

Algunos de ellos, están diseñados para proteger los pies, además, de temperaturas extremas y pueden estar equipadas con suelas de diferentes formas para evitar que derrapen bajo diferentes condiciones de trabajo.

En el caso de las botas, pueden existir también de diferentes materiales poliméricos en las diferentes modalidades. Puede haber de hule con punteras o refuerzo metálico en las suelas, otras con forro de materiales diversos.

5.7.4 Cinturón con soporte lumbar.

La espalda.

La función de la espalda es la de sostener a la parte superior del cuerpo, de proteger la médula espinal y de permitir flexibilidad. La mayoría del esfuerzo cuando se levanta algo o uno se agacha, es absorbido por la zona de la cintura. Para aliviar la presión sobre la espina dorsal, sus músculos abdominales y de la espalda se contraen para dar soporte adicional. Es un soporte ortopédico para la espalda, ayuda enormemente a recordarle que no debe inclinarse hacia delante al levantar objetos. Está fabricado en elástico con cierres en material velero, cuenta con doble ajuste lateral y tirantes ajustables.

Recomendaciones: Ajuste su faja comandante siempre que se realizan actividades normales, en caso de cargar objetos pesados ajuste firmemente su faja con la doble acción, cuando finalice su actividad de carga ajústela a una posición cómoda nuevamente . Esta faja únicamente ayuda a realizar más cómodamente sus refuerzos, previene lesiones menores, si cuenta con molestias en espalda consulte a su médico.

5.7.5 Ropa protectora .

Camisa 100% algodón.

Fabricada en material INDURA 6 oz., que brinda además de protección extra comodidad para los climas cálidos, su diseño es de manga larga para fines de protección en caso de algún descuido como la salpicadura de un químico ó algún flama, incluye dos bolsas tipo parche al frente con cubierta tipo solapa, la bolsa izquierda cuenta con abertura para un bolígrafo. Figura 5.9



Figura 5.9

Pantalón de trabajo 100% algodón.

Se fabrica también de material INDURA 9 oz. Para máxima comodidad, protección y durabilidad. Su confección consta de cuatro bolsas, dos al frente y dos en la parte posterior del mismo. Todos los puntos críticos sometidos a trabajos duros son reforzados con costuras ribeteadas. El zipper es de bronce para evitar aberturas accidentales. Figura 5.10⁽¹⁵⁾



Figura 5.10

5.8 Equipos Auxiliares.

Los equipos auxiliares, son todo equipo que protegen a las personas al estar realizando su labor. En algunas ocasiones el lugar de trabajo se ve afectado por diversas razones, pero la causa más importante de estos cambios es el clima, puesto que gracias al clima pueden variar un gran número de situaciones, las cuales obligan al trabajador a adaptarse para poder realizar de buena manera su trabajo. Existiendo condiciones como la lluvia, lodo, gases, ruido, trabajos en las alturas, etc. Es por eso que los equipos auxiliares cobran importancia.⁽¹⁵⁾

- Equipo auxiliar.
- Impermeables.
- Bota de hule para trabajos generales.
- Arnés.
- Monitor de gases múltiples.
- Sonómetro o decibelímetro.

5.8.1 Impermeables.

Los impermeables son fabricados en material de PVC, con refuerzo interior de nylon ofrece muy buena resistencia para trabajos pesados, además de gran comodidad por la flexibilidad del material, el cual le permite al trabajador moverse libremente sin interferir en lo absoluto con su trabajo. Sus costuras son selladas herméticamente por sistemas de ultrasonido, sus broches plásticos eliminan el riesgo de oxidación, brindando características dialécticas, cubiertos con una doble solapa para impedir la penetración del agua. Algunas recomendaciones para el uso correcto del impermeable y así poder prolongar su vida útil son los siguientes. Es de uso exclusivamente personal, por lo general sólo es utilizado en condiciones de lluvia, no debe utilizarse como traje antiácido por ningún motivo.⁽¹⁵⁾

5.8.2 Bota de Hule para Trabajos Personales.

Por lo general este tipo de botas se utiliza para evitar el contacto con ciertos líquidos y así poder realizar bien su labor. Este tipo de calzado por lo regular es fabricado con material de nitrilo, que ofrece una extraordinaria resistencia contra aceites, grasas, lodo, e incluso es capaz de resistir algunos solventes. Su horma es anatómica para un buen ajuste del usuario, cuenta con calcetín de algodón interior de punto cerrado, el cual evita el contacto directo del pie con el hule, para también disminuir la transpiración. Es vulcanizada en una sola pieza, evita el problema de separación de la

suela y su talón esta reforzado. Diseño de suela especial antiderrapante aprobada por ANZI Z41 – 1991.

Por último la diferencia que existe entre este tipo de botas y las de piel mencionadas con anterioridad, radica obviamente en sus respectivos materiales de construcción, pero las botas de casquillo están diseñadas para usos generales y las botas de hule son para trabajos en temporada de lluvia y para trabajos que implican contacto directo con la electricidad.

5.8.3 Arnés.

Por lo general el arnés en cinta es fabricado con cinta de nylon, es utilizado para subir o descender de estructuras con puntos poco accesibles sin este tipo de ayuda. Cuenta con ajuste tipo hebilla en la cintura y cintas de piel de soporte para las piernas. Figura 5.11

Sus dos anillo D de acero al frente sirven para colocar el cabo de ascenso o descenso manteniendo siempre al usuario en una postura bastante cómoda aprobada por la ANSI.

La línea de posicionamiento también es fabricada en nylon con una resistencia de 10000lbs equivalente a 4535.9Kg, es auto ajustable en el largo para el acomodo justo en el lugar que cada trabajador seleccione cuenta con seguros de doble acción en cada extremo para la colocación en el anillo D ubicado en el arnés para elevación y suspensión y otro en el punto de anclaje, aprobado por la ANSI.

Se debe evitar el contacto con productos químicos, inspeccionar periódicamente, al menor indicio de una fibra rota o áreas descoloridas se debe de cambiar por uno nuevo sin lugar a duda.⁽¹⁵⁾



Figura 5.11

CONCLUSIONES

Una disminución potencial de los costos se ha visto limitada en virtud del menosprecio con que se ha visto la función del mantenimiento. Existen posibilidades reales de reducir costos en muchas de las áreas de las cuales está constituida una empresa, la convicción de reducir los costos es proporcional al esfuerzo realizado por mejorar los procedimientos de mantenimiento, controles de costos y la capacidad general de la administración del mantenimiento.

El efecto de la corrosión como tema principal de mantenimiento, es el reducir en lo posible la destrucción total o parcial de los componentes, que en la mayoría de los casos, representan un peligro para la seguridad de las personas. Por citar algunos ejemplos se podría hablar de los daños que causa la corrosión cuando observamos fracturas en líneas de tuberías, fugas en tanques o recipientes, contaminación debida a las sustancias que se producen por ensuciamiento en torres de enfriamiento, sin dejar de lado el perjuicio estético que esto provoca en las industrias.

Cabe señalar que el objetivo principal de la ciencia de la corrosión es la prevención de la misma, pues a veces los daños causados por este tipo de problemas pueden ser muy amplios, hay que tener en cuenta el daño causado al medio ambiente, por ejemplo, derrames en terrenos o mares; Los daños en la industria causados por paros de producción no programados, contaminación de productos, daños en las estructuras, etc., así como grandes pérdidas económicas.

La importancia de los estudios de la corrosión es muy grande, ya que en ello figura el aspecto económico que comprende entre otros aspectos las pérdidas de material que se producen por el desgaste progresivo o ruptura repentina de tuberías, recipientes, componentes metálicos de máquinas, estructuras marinas, o inclusive, el daño causado por bacterias en torres de enfriamiento y otros equipos.

La corrosión causa grandes pérdidas económicas, ya que cuesta demasiado dinero cambiar, modificar, reemplazar y dar mantenimiento en general a plantas químicas alrededor de todo el mundo. El estudio de la corrosión y de los métodos para su prevención requiere de esfuerzos multidisciplinarios. El "factor corrosión" es fundamental en el proceso de selección de materiales y diseño de las estructuras. Son múltiples los sistemas de protección existentes y la experiencia ha demostrado que muchas veces la solución óptima se alcanza integrando varios de ellos.

Es fundamental determinar las necesidades de capacitación gerencial, administrativa, y técnica, para poder llevar a cabo el mantenimiento sin contratiempos. Se han descrito distintos enfoques para la evolución de la administración y así lograr mayor eficacia en el mantenimiento. Los tiempos muertos y las bajas de producción se reducirán con la aplicación de la ingeniería de métodos ya que se contará con un programa de mantenimiento que estará fundamentado en los registros históricos y bitácoras que mostrarán la condición de cada equipo.

Se han creado una infinidad de términos alrededor del mantenimiento, esto surge a raíz de las necesidades propias de cada una de las empresas, estos se aplicarán y adecuarán a la empresa según las necesidades y políticas de la misma, pero hablando rigurosamente, sólo existen dos tipos de mantenimiento como tales, el mantenimiento de tipo correctivo, y el mantenimiento de tipo preventivo, porque el mantenimiento predictivo se puede interpretar como acciones para la rápida detección de un problema y evitar de esta manera que dicho equipo se convierta en uno más de los equipos que necesiten algún tipo de mantenimiento. Se deberá establecer para cada empresa un lenguaje que todos sean capaces de dominar, para evitar incongruencias en el sistema.

Cabe mencionar que un sistema de mantenimiento bien diseñado, rendirá grandes beneficios excediendo incluso a los de su propio costo. Para implementar el sistema de mantenimiento se deberá contar con personal que además de capacitado este totalmente concentrado en el mantenimiento. Cuando se inicia un programa de mantenimiento el costo total de mantenimiento aumentará por un periodo de tiempo siguiente a su implantación, antes de que el mantenimiento comience a rendir frutos, tales como una importante disminución de fallas y paros de emergencias. Se requiere de un año a partir de su implementación para comenzar a ver este tipo de resultados, además de que nunca se termina de implantar el sistema, ya que siempre se le hacen mejoras al sistema para continuar afianzándolo con el paso del tiempo.

Lo importante del mantenimiento no consiste en tener el mejor de todos los sistemas, sino en aplicar correctamente el sistema de mantenimiento del cual se dispone dentro de la empresa. Se deben establecer con claridad los objetivos y funciones del mantenimiento, siendo el objetivo principal del equipo es producir a un menor costo y con una mayor calidad, y donde la función es mantener a los equipos bien para brindar mayor confianza al realizar la operación.

Un aspecto que no se puede dejar de lado es el de la seguridad industrial, ya que una gran cantidad de accidentes ocurren durante la realización del mantenimiento, para lo cual es recomendable tener un programa bien estructurado para la capacitación en seguridad del personal que labora dentro de la empresa, al cual puedan asistir los trabajadores cada cierto periodo de tiempo. Este tipo de programas está encaminado hacia el mejoramiento global y no sólo del departamento de mantenimiento.

El objetivo principal de esta tesis es despertar el interés por una conciencia en la prevención de la corrosión en base a un buen procedimiento de mantenimiento, dando algunos ejemplos de cómo aplicar los diferentes métodos o técnicas de protección.

No podemos hablar de el mejor método de protección contra la corrosión, ya que el uso de las diferentes técnicas de aplicación dependerá de cada equipo o componente, de su fácil aplicación o del costo que esto implique, además de que se puede usar uno o más métodos de protección para el mejoramiento de equipo o aumentar su vida útil, puesto que éste es el punto crítico, donde hoy en día se sustentan las economías actuales.

Nuestra intención es convocar a los estudiantes de la carrera de ingeniería química o carreras afines a resaltar la importancia del mantenimiento, ya que éste no puede ser tomado a la ligera puesto que en un mundo de libre mercado como lo es el nuestro, la empresa que logra ofrecer un producto de calidad a un menor costo, mediante la constante optimización de su proceso, es la que se mantiene a flote, las empresas o instituciones que ignoren estos conceptos y no estén dispuestos a cambiar e invertir en un buen plan de mantenimiento o en la preparación de estudiantes para estudiar éste fenómeno, no tienen más futuro que la ruina

A través de la realización de éste trabajo exhortamos a las instituciones educativas a incluir en sus programas de estudio el tema de la prevención contra la corrosión, ya que los ahora estudiantes nos enfrentaremos en un futuro próximo como profesionistas, a éste tipo de problemas que se dan muy comúnmente en las industrias.

BIBLIOGRAFIA

1. Acle Tomasini, Alfredo. "Riesgos y Retos de la Calidad Total". Grijalbo, D.F., 1994
2. Albavera Hernández Juan Carlos. "Elaboración de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo para bombas centrífugas". Trabajo de Tesis. Ingeniería Mecánico Eléctrico. FES Cuautitlán. UNAM. México. 2006
3. Ávila Javier, Genescá Joan. "Más Allá de la Herrumbre" TCE – SEP – CONACYT, D.F., 1ra Edición, 1986.
4. Ávila Zamudio Juan Carlos. "Mantenimiento del equipo de operaciones unitarias en el laboratorio de Ingeniería Química". Trabajo de Tesis. Ingeniero Químico. Facultad de Química, UNAM, México. 2001.
5. Castro Pérez Oscar, "Gestión del mantenimiento industrial". Trabajo de Tesis. Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería. UNAM, México. 1998.
6. E. Otero Huerta. "Corrosión y degradación de materiales". Editorial Síntesis. Madrid, 1997.
7. Evans R. James, Linsay William. "Administración de la Calidad". International Tomson Editores, D.F., 2000.
8. García Mejía Laura, Marco Antonio Rojo Garcia, "Protección Catódica Contra la Corrosión Tanques y Recipientes en una Planta Química", Tesis Profesional. Ingeniería Química. FES Cuautitlán, UNAM. México. 1996.
9. H. H. Uhlig. "Uhlig's Corrosion Handbook", 2da Edición.. R. W. Revie John Wiley and Sons, Londres, 2000.
10. Hanbook of Cathodic Corrosion Protection, Third Edition, Gulf Publishing Company, Houston, 1997.
11. Islas Sánchez Ricardo. "Sistemas modernos del mantenimiento Industrial y su aplicación". Trabajo de Tesis. Ingeniero Mecánico Eléctrico. FES Aragón, UNAM, México. 2000.
12. Jones, Denny A. "Principles and prevention of corrosion". 2nd ed. Pearson Education, 1996.
13. Klenz Trevor, "¿Qué falló? ... Desastres en Plantas con Procesos Químicos ¿Cómo Evitarlos?". Mc Graw Hill, Traducido de la 4ta Edición en Ingles, Madrid. 2002."

Melchor Blanco, Lilia del Carmen "Calidad en las organizaciones (Empresas e instituciones de producción y de servicio). Implantación de un sistema de calidad en una

1. empresa prestadora de servicios de mantenimiento de equipos".Trabajo de Seminario. Ingeniería Química. FES Cuautitlán, UNAM, México. 2002.
2. Ruiz Sánchez Manuel. "Fundamentos de Seguridad para el personal que labora en el departamento de mantenimiento y construcción". Trabajo de Tesis. Ingeniero Mecánico Eléctrico. FES Cuautitlán, UNAM, México. 2006.
3. V. S. Sastri, "Corrosion inhibitors principles and applications" Ed. John Wiley & Sons, 2001.
4. Herbert H. Uhlig. "Corrosión y control de la corrosión". URMO, S.A. DE Ediciones, Bilbao, 1979.
5. Jonh M. West. "Corrosión y oxidación" Editorial Limusa. D.F. 1986
6. Pérez Saavedra José de Jesús. "Estudio de la corrosión por métodos electroquímicos de acero estructural 1010 causada por una mezcla de microorganismos anaerobios".Trabajo de Tesis. Maestría en Ciencias. FES Cuautitlán, UNAM, México. 1998.
7. Hernández Maya Roberto Carlos. "Evaluación de dos prototipos de inhibidores de corrosión biodegradables y no tóxicos en torres de enfriamiento". Trabajo de Tesis. Ingeniero Químico Metalúrgico. Facultad de Química, UNAM, México. 2005
8. A. Jones Denny. "Principles and Preventión of Corrosion" Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996.

Otras Referencias.

1. http://www.grupohoba.com/cristal/prob_sol.htm
2. <http://www.distribuidorapintuco.com/docs/corrosion.doc>
3. <http://www.cidetec.es/media/archivos/Corrosion7Junio2005.pdf>
4. <http://www.cidetec.es/media/archivos/Corrosion13Noviembre2006.pdf>
5. <http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>
6. <http://www.cimcool.ca/html/spanish/documents/SeleccioneunInhibidordeCorrosion.pdf>
7. <http://www.grupocobos.com.mx/cortec/inhibidoresc.htm>
8. http://www.fulp.ulpgc.es/articulos/vectorplus25_2.pdf?PHPSESSID=86d55372b69c5760d5e3e9ffd9190d75
9. http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/09/htm/sec_9.html
10. <http://www.monografias.com/trabajos15/biocorrosion/biocorrosion.shtml>